

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของขบวนการผลิตและการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง

EFFECT OF PROCESSING METHODS AND STORAGE ON THE
QUALITY OF SOYMILK



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

รายงานผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549

11969544
b.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย : ผลของขบวนการผลิตและการเก็บรักษาต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

EFFECT OF PROCESSING METHODS AND STORAGE ON THE QUALITY OF SOYMILK

ชื่อผู้วิจัย : นาง บุพร พิษกมฺพร

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย : โครงการพัฒนาระบบการผลิตและกระจายสินค้าเกษตรปลอดภัยสู่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2549

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย : 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2548 ถึง กันยายน 2549

หน่วยงานที่สังกัด : โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของวิธีการเตรียมต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง 3 วิธี คือ การศึกษาสถานะในการแช่ถั่วเหลือง อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้ป่นถั่วเหลือง และศึกษาอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้า โดยได้ศึกษาสถานะในการแช่ถั่วเหลือง 2 สถานะคือ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า ค่าพีเอชของนํ้านมถั่วเหลืองมีค่าเป็นกลาง เมื่อแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะได้นํ้านมที่มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความหนืดสูงกว่าการแช่ถั่วเหลืองที่ 80 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะค่าความสว่างมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้นํ้านมถั่วเหลืองที่ได้จากการแช่ที่ 80 องศาเซลเซียส มีสีคล้ำกว่า เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ พบว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การศึกษาอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้ป่นถั่วเหลือง ทำที่ 2 สถานะคือ น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความหนืด และค่าสีเหลืองของนํ้านมถั่วเหลืองจากการต้ป่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสสูงกว่าการต้ป่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พีเอชของนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้ทั้งสองอุณหภูมิ มีค่าเป็นกลาง เมื่อต้ป่นด้วยน้ำร้อนค่าความสว่างและค่าสีแดงของนํ้านมถั่วเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ พบว่าผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีและกลิ่นของนํ้านมถั่วเหลืองทั้งสองตัวอย่างได้

การศึกษาอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้า 3 อัตราส่วนคือ 1:6 1:8 และ 1:10 โดยนํ้าหนัก พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความหนืด ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของนํ้านมถั่วเหลืองมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของนํ้าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าพีเอชของนํ้านมถั่วเหลืองทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าเป็นกลาง ที่อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ 1:8 นํ้านมถั่วเหลืองมีค่าความหนืดเท่ากับ 3.30 เซ็นติพอยต์ (cp) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 4.8 บริกซ์ (°Brix) เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้คะแนน (7 point hedonic scale) พบว่าผู้ชิมสามารถแยกความแตกต่างด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของนํ้านมถั่วเหลืองทั้ง 3 ตัวอย่างได้ อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ 1:10 มีคะแนนค่าสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมน้อยกว่าที่อัตราส่วนอื่น และพบว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างนํ้านมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 1:8 มากที่สุด

ผลการศึกษาสารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แชนแทนกัม และกัวกัม ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับคือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยนํ้าหนัก) และให้ความร้อนที่ 3 อุณหภูมิ คือ 75 90 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและความเข้มข้นของกัวกัมและแชนแทนกัมเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันการใช้แชนแทนกัมค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองสูงกว่าการใช้กัวกัม นํ้านมถั่วเหลืองที่มีความหนืดเริ่มต้น 3.71 เซนติพอยส์ จะเพิ่มเป็น 23.84 และ 12.77 เซนติพอยส์ เมื่อใช้แชนแทนกัมและกัวกัมตามลำดับที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม นํ้านมถั่วเหลืองที่เติมกัมทั้งสองชนิด เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วันมีค่าความหนืดลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ว่าจะใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 75 90 หรือ 120 องศาเซลเซียส

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแชนแทนกัมต่อกัวกัมที่ 1:1 1:2 1:3 1:5 2:1 3:1 และ 5:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 2:1 และ 3:1 เนื่องจากให้ค่าความหนืดที่สูงที่สุด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน นํ้านมถั่วเหลืองไม่มีการแยกชั้น ความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมีความคงตัวและที่อัตราส่วนนี้ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารผสมไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเป็น 14.38 และ 13.79 เซนติพอยส์ ตามลำดับ โดยความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองยังคงมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน

เมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าเพิ่มขึ้นจาก 1:8 ไปเป็น 1:4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมสารผสมระหว่างแชนแทนกัมและกัวกัมที่อัตราส่วน 2:1 และ 3:1 ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทำให้ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 14.38 และ 13.79 ไปเป็น 15.11 และ 15.03 เซนติพอยส์ ตามลำดับ และความหนืดของนํ้านมมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน

EFFECT OF PROCESSING METHODS AND STORAGE ON THE QUALITY OF SOYMILK

Yuporn Puechkamut

ABSTRACT

In this study, effect of three preparation methods on soymilk quality were tested: soaking conditions, grinding temperatures and soybean: water ratios. Two soaking conditions of soybeans were evaluated: 5°C for 3 hours and 80°C for 30 min. The results showed that total soluble solid contents and viscosity were lower for soymilk prepared from soybean soaked in water at high temperature than those of low temperature. Under both conditions, pH of soymilk were neutral. The lightness value of the soymilk was decreased with referred to dark color when the soaking temperature was high. Sensory evaluation based on a paired preference test showed that the panelists significantly preferred soymilk soaking at 5°C than that of 80°C ($p \leq 0.05$). Water temperatures of grinding were studied at 30°C and 80°C. The result indicated that total soluble solid contents and viscosity of soymilk from water temperature of grinding at 80°C were higher than those of 30°C. From both grinding temperatures, pH of soymilks were neutral. Lightness value of the soymilk was lower at high grinding temperature because of Maillard reaction ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation based on a paired preference test showed the acceptance of both soymilk was not significant different.

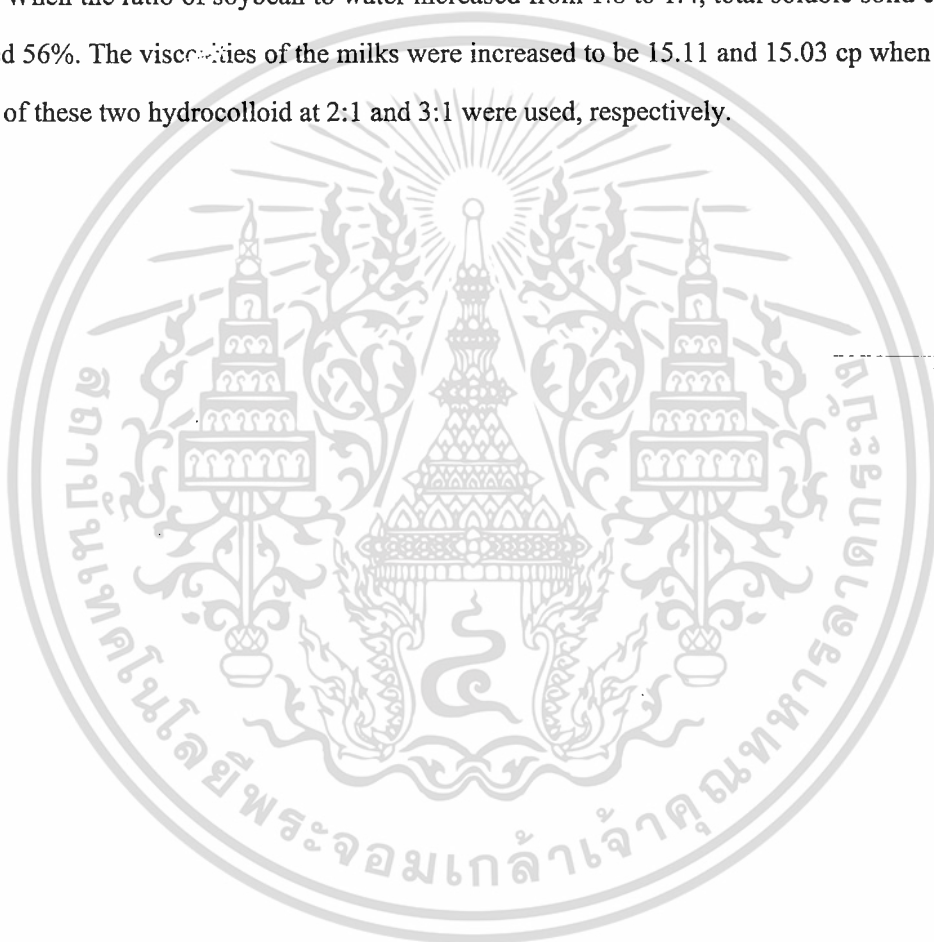
The soybean to water ratios were tested at ratios of 1:6, 1:8 and 1:10. The results indicated that total soluble solid contents, viscosity, lightness, and yellowness values of soymilk were lower with increasing in water ratio. Sensory evaluation based on a 7-point hedonic scale showed the panelists could distinguish differences in the soymilks. The milk made from soybean: water ratio, at 1:10 had lower sensory scores compared to other ratios. The ratio 1:8 was the most preferable for the panelists.

Moreover, the effect of two hydrocolloids on the quality of soymilk was determined in this study. Xanthan gum and guar gum at concentration of 0.1, 0.2 and 0.3% (w/w) were added to the milk prior to heating at 75, 90 and 120°C. The result showed that the soymilk viscosity was increased when heat temperature and gum concentration were increased. In the presence of xanthan gum, the viscosity of the milk was higher compared to those of guar gum. However, the viscosity of the milks from both gums were decreased after stored for 7 days. At any heating temperature (75, 90 and 120°C) the viscosities of the milks were rapidly decreased when both concentration of both gums were 0.2 and 0.3%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To improve the stability of soymilk viscosity, the mixture of xanthan gum and guar gum were added to the milk prior to heat at 90°C 2 min. The various ratio of xanthan gum and guar gum (1:1, 1:2, 1:3, 1:5, 2:1, 3:1 and 5:1) at the concentration of 0.1% (w/w) were used. The result found that the soymilk viscosities were highest when the ratio at 2:1 and 3:1 were used. The viscosities of the milk were stable when prolonged for 7 days. Moreover, when the 0.3% (w/w) of the mixture of these two hydrocolloid at 2:1 and 3:1 were added to the soymilk, the viscosities were 14.38 and 13.79 cp respectively. These soymilks were homogeneous and stable when keeping for 7 days.

When the ratio of soybean to water increased from 1:8 to 1:4, total soluble solid content were increased 56%. The viscosities of the milks were increased to be 15.11 and 15.03 cp when 0.3% of the mixture of these two hydrocolloid at 2:1 and 3:1 were used, respectively.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 นํ้านมถั่วเหลือง	3
2.2 ประเภทของนํ้านมถั่วเหลือง	4
2.3 กระบวนการผลิตนํ้านมถั่วเหลือง	5
2.3.1 การใช้นํ้าสกัด	5
2.3.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกับนํ้า	5
2.4 ขั้นตอนการผลิตนํ้านมถั่วเหลืองโดยวิธีการใช้นํ้าสกัด	6
2.4.1 การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก	6
2.4.2 การแช่ถั่วเหลือง	6
2.4.3 การตีปั่นถั่วเหลือง	7
2.4.4 การกรองเอากากออก	8
2.4.5 การให้ความร้อน	8
2.4.6 การปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติ	10
2.4.7 การเสริมคุณค่าทางโภชนาการ	10
2.5 คุณสมบัติของนํ้านมถั่วเหลือง	12
2.6 สารให้ความข้นหนืด	13
2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์	14
2.7.1 สตาร์ช	15
2.7.2 เซลลูโลสและอนุพันธ์	16
2.7.3 กัม	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	22
3.1 วัสดุคืบ	22
3.1.1 ถั่วเหลือง	22
3.1.2 สารเคมี	22
3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง	22
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง	22
3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำนมถั่วเหลือง	23
3.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส	23
3.6 สถานที่ดำเนินการทดลอง	23
3.7 วิธีการดำเนินงาน	24
3.7.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง	24
3.7.2 การศึกษาผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	24
3.7.2.1 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	25
3.7.2.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง	25
3.7.2.3 ตรวจวัดสี	25
3.7.2.4 วิเคราะห์ค่าความหนืด	25
3.7.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	25
3.7.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำนมถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	26
3.7.4 ศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	26
3.7.5 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของน้ำนมถั่วเหลือง	26
3.7.6 ศึกษาผลของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวยัมต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง	27
3.7.7 ศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 ผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	29
4.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	30
4.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำในการตีปั่นถ้วยเหลืองต่อคุณภาพของนํ้านมถ้วยเหลือง	31
4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของนํ้านมถ้วยเหลือง	31
4.2.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	32
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของนํ้านมถ้วยเหลือง	33
4.3 ผลของอัตราส่วนถ้วยเหลืองต่อนํ้าต่อคุณภาพของนํ้านมถ้วยเหลือง	34
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของนํ้านมถ้วยเหลือง	34
4.3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	35
4.4 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนํ้านมถ้วยเหลือง	35
4.4.1 ผลของสารกาวกัมต่อค่าสีของนํ้านมถ้วยเหลือง	36
4.4.2 ผลของสารกาวกัมต่อค่าความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลือง	37
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลืองที่เติมกาวกัม	38
4.4.4 ผลของสารแซนแทนกัมต่อค่าสีของนํ้านมถ้วยเหลือง	41
4.4.5 ผลของสารแซนแทนกัมต่อค่าความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลือง	42
4.4.6 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลืองที่เติมแซนแทนกัม	43
4.5 ผลของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกาวกัมต่อค่าความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลือง	46
4.5.1 ผลของความคงตัวของความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกาวกัมที่ระดับต่างๆ	46
4.5.2 ผลของความเข้มข้นของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกาวกัมที่มีต่อค่าความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลือง	48
4.6 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความหนืดของนํ้านมถ้วยเหลืองที่เติมแซนแทนกัมผสมกาวกัม	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวและน้ำนมแม่ 100 กรัม	3
2.2 แสดงปริมาณองค์ประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองชนิดต่างๆ	5
2.3 ชนิดและปริมาณวิตามินและเกลือแร่ที่ใช้เสริมคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมถั่วเหลือง	10
2.4 แสดงระดับแอกติวิตีตีส์ัมพัทธ์ของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสในพืชชนิดต่างๆ	11
2.5 แสดงค่าความหนืดสูงสุดของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง	14
4.1 ผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	29
4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อทำการแช่ที่สภาวะต่างๆ	30
4.3 ผลของอุณหภูมิของน้ำในการตีปั่นถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	31
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อทำการตีปั่นที่สภาวะต่างๆ	32
4.5 ผลของสภาวะการตีปั่นและการฆ่าเชื้อต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	33
4.6 ผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง	34
4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ระดับต่างๆ	35
4.8 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองโดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	36
4.9 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณกัวกัมต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง	37
4.10 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณแซนแทนกัมต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง	42
4.11 ผลของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่อัตราส่วนต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์	47
4.12 ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ระดับต่างๆ	48
4.13 ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:4 เมื่อเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส	15
2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพคติน	15
2.3 แสดงโครงสร้างของเซลลูโลส	16
2.4 แสดงโครงสร้างของกาวกัม	17
2.5 แสดงโครงสร้างของโลคอสปีนกัม	18
2.6 แสดงโครงสร้างของคาราจีแนนชนิดต่างๆ	19
2.7 แสดงโครงสร้างของอัลจินต	20
2.8 แสดงโครงสร้างของแซนแทนกัม	21
3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง	24
3.2 ขั้นตอนการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำนมถั่วเหลือง	27
4.1 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณกาวกัมต่อค่าความสว่างของน้ำนมถั่วเหลือง	37
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกาวกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C 15 วินาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	38
4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกาวกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C 2 นาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	39
4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกาวกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C 30 วินาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	39
4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกาวกัมเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	40
4.6 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณแซนแทนกัมต่อค่าความสว่างของน้ำนมถั่วเหลือง	41
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75°C 15 วินาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	43
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C 2 นาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	44
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C 30 วินาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนแทนกัมเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	45
4.11 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์	48



บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งที่ให้สารอาหาร ประกอบด้วย โปรตีน 35-40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18-20 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ มีวิตามินโดยเฉพาะวิตามินบีสูง ไม่มีโคเลสเตอรอล มีกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง กรดไขมันอิ่มตัวต่ำ กรดไขมันจำเป็นสูง คือกรดลิโนเลอิก 53 เปอร์เซ็นต์ (เพลินใจ ดังคณะกุล, 2546) ถั่วเหลืองจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ มากมาย เช่น นำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว และแปรรูปถั่วเหลือง เป็นต้น มีงานวิจัยมากมายที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคถั่วเหลืองกับการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค สารไอโซฟลาโวน (isoflavone) ที่มีในถั่วเหลืองช่วยป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจและโรคกระดูกพรุน ในปัจจุบันคนไทยที่ใส่ใจในสุขภาพ จึงบริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองมากขึ้น โดยเฉพาะนํ้านมถั่วเหลือง เนื่องจากสามารถบริโภคได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม ไม่มีน้ำตาลแลคโตสและโคเลสเตอรอล มีราคาถูกเมื่อเทียบกับนมวัว (ศัลยรักษ์ ทองสุก, 2542) นอกจากนี้ยังพบว่า หากบริโภคนํ้านมถั่วเหลือง 600 มิลลิลิตรต่อวัน จะได้ไอโซฟลาโวน 60-80 มิลลิกรัม การผลิตนํ้านมถั่วเหลืองสามารถทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมผลิตกันมากคือ วิธีการสกัดด้วยนํ้า (water extract process) โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ การแช่ถั่วเหลือง การบดถั่วเหลือง การกรองเอากากออก การให้ความร้อน การปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ ส่งผลถึงคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง โดยเกี่ยวข้องกับ การกำจัดกลิ่นถั่ว การยับยั้งสารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการ การปรับปรุงผลผลิต และการปรับปรุงความเสถียรของสารคอลลอยด์ (Iwuoha and Umunnakwe, 1996) สำหรับในประเทศไทย การผลิตนํ้านมถั่วเหลืองส่วนใหญ่อยู่ในรูปอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งวิธีการผลิตของแต่ละร้านจะทำให้คุณภาพของนํ้านมถั่วเหลืองแตกต่างกันไป ทุกขั้นตอนในกระบวนการผลิตนั้นส่งผลถึงคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของวิธีการผลิตที่แตกต่างกันอย่างมีระบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาผลของวิธีการเตรียมต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลืองทั้งทางด้านเคมีและกายภาพของนํ้านมถั่วเหลือง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิตนํ้านมถั่วเหลืองให้มีคุณภาพมากขึ้น และยังได้ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อคุณลักษณะของนํ้านมถั่วเหลือง เพื่อพัฒนาให้นํ้านมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบการเตรียมนํ้านมถั่วเหลืองด้วยวิธีต่างๆ เพื่อหาวิธีที่จะให้นํ้านมถั่ว

เหลืองมีคุณภาพดี ตลอดจนสะดวกในการเตรียม และศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าความเอกสาร์เนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่อุณหภูมิและความเข้มข้นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของนมที่ได้
2. เพื่อศึกษาผลของสารให้ความข้นหนืดที่มีต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง
3. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตด้วยวิธีการต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 นํ้านมถั่วเหลือง

นํ้านมถั่วเหลืองตามมาตรฐานอุตสาหกรรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จาก ถั่วเหลืองที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า (*Glycine max Merr.*) หรือแป้งถั่วเหลืองด้วยนํ้า แล้วนำมาผ่าน กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533) ลักษณะ และองค์ประกอบของนํ้านมถั่วเหลืองคล้ายนํ้านมวัวและนํ้านมแม่ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของนํ้านมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับนํ้านมวัวและนํ้านมแม่ 100 กรัม

องค์ประกอบ	นํ้านมถั่วเหลือง	นํ้านมวัว	นํ้านมแม่
แคลอรี	44	59	62
นํ้า (กรัม)	90.8	88.6	88.2
โปรตีน	3.6	2.9	1.4
ไขมัน	2.0	3.3	3.1
คาร์โบไฮเดรต	2.9	4.5	7.1
เกลือ	0.5	0.7	0.2
แร่ธาตุ (มิลลิกรัม)			
แคลเซียม	15	100	35
ฟอสฟอรัส	49	90	25
โซเดียม	2	36	15
เหล็ก	1.2	0.1	0.2
วิตามิน (มิลลิกรัม)			
วิตามินบี1	0.03	0.04	0.02
วิตามินบี2	0.02	0.15	0.03
ไนอะซิน	0.50	0.20	0.20
กรดไขมันอิ่มตัว(%)	40-48	60-70	55.3
กรดไขมันไม่อิ่มตัว(%)	52-60	30-40	44.7
โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	0	9.24-9.9	9.3-18.6

ที่มา: ดัดแปลงจาก Liu (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและราคาถูก เป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ได้จากการสกัดถั่วเหลืองด้วยน้ำ โดยการทำให้ถั่วเหลืองพองตัวแล้วทำการบด กรอง และให้ความร้อน (Tang *et al.*, 1997)

2.2 ประเภทของน้ำมันถั่วเหลือง

2.2.1 น้ำมันถั่วเหลืองที่มีการผลิตออกวางจำหน่ายแบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่ (ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย, 2533)

2.2.1.1 น้ำมันถั่วเหลืองไม่ปรุงรส น้ำมันถั่วเหลืองประเภทนี้ จะประกอบด้วยถั่วเหลืองและน้ำเท่านั้น มีปริมาณโปรตีน 4 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนการผลิตจะต้องใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองและน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 5

2.2.1.2 น้ำมันถั่วเหลืองประเภทเครื่องดื่ม ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลืองที่มีการปรุงรสโดยเติมน้ำตาล น้ำมันพืช กลิ่น และปรุงแต่งกลิ่น เช่น กลิ่นกาแฟ น้ำผลไม้ หรือน้ำผักอื่นๆ เป็นต้น จะมีปริมาณโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 20

2.2.1.3 น้ำมันถั่วเหลืองคล้ายนมโค คือ น้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมสารที่ให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำมันพืช กลิ่น และกลิ่นนมหรือวนิลา เพื่อให้มีรสชาติคล้ายคลึงกับนมโค มีปริมาณโปรตีน 2.5-3.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 7

2.2.1.4 น้ำมันถั่วเหลืองเปรี้ยว จะคล้ายคลึงกับนมเปรี้ยวที่ทำจากนมโค โดยมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดการหมักเป็นกรดแลคติก

2.2.1.5 น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับทารก คือ น้ำมันถั่วเหลืองที่มีการเติมวิตามิน และหรือเกลือแร่บางชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวิตามินบี12 และแคลเซียม เพื่อให้มีคุณค่าทางอาหารตามความต้องการของทารก

2.2.1.6 น้ำมันถั่วเหลืองผสม คือ น้ำมันถั่วเหลืองที่ผสมกับนมชนิดอื่นๆ ซึ่งได้จากสัตว์หรือจากพืช

2.2.2 น้ำมันถั่วเหลืองแบ่งตามลักษณะของกรรมวิธีการฆ่าเชื้อมี 2 ประเภท ได้แก่ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533)

2.2.2.1 น้ำมันถั่วเหลืองสเตอริไลส์ คือ น้ำมันถั่วเหลืองที่นำมาบรรจุในภาชนะปิดสนิทแล้วผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสม

2.2.2.2 น้ำมันถั่วเหลืองยูเอชที คือ น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วบรรจุในภาชนะปิดสนิทในสภาวะปราศจากเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 นำนมถั่วเหลืองแบ่งตามองค์ประกอบแบ่งเป็น 3 ชนิด (ตารางที่ 2.2) ได้แก่

2.2.3.1 นำนมถั่วเหลืองชนิดเข้มข้น (rich)

2.2.3.2 นำนมถั่วเหลืองชนิดคล้ายนมโค (dairylike)

2.2.3.3 นำนมถั่วเหลืองที่ผลิตในทางการค้า (economy)

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณองค์ประกอบของนํานมถั่วเหลืองชนิดต่างๆ

Soy milk	Water : Beans ratio	Cups/Kg beans	Solids (%)	Protein (%)	Fat (%)
Rich	5:1- 6:1	5-19	10-11.5	4.5-5.2	2.8-3.2
Dairylike	8:1- 8.5:1	28-31	7.4-8	3.3-3.6	2.1-2.3
Economy	10:1	37-40	2.7-3.3	2.7-3.3	1.2-1.6

ที่มา: คัดแปลงจาก Liu (1997)

2.3 กรรมวิธีการผลิตนํานมถั่วเหลือง

กรรมวิธีการผลิตนํานมถั่วเหลืองอาจแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ (พิชัย-สราญรมย์, 2528)

2.3.1 การใช้น้ำสกัด (Water extract process)

ทำโดยการนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำให้นิ่ม จากนั้นนำไปบดกับน้ำในสัดส่วนที่ต้องการ และกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกไป นํานํานมถั่วเหลืองที่ได้ไปต้มเพื่อทำลายและยับยั้งปฏิกิริยาทางเคมีและเชื้อจุลินทรีย์ ทำการเติมแต่งกลิ่นและรสชาติให้เป็นที่ยอมรับ

2.3.2 การทำนํานมถั่วเหลืองจากโปรตีนสกัด (Soy Protein Isolate)

การทำนํานมถั่วเหลืองวิธีนี้เป็นวิธีการทำนํานมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูง ซึ่งทำโดยการนำโปรตีนถั่วเหลืองสกัด มาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส กวนจนละลายหมด จากนั้นเติมสารปรุงแต่ง และผสมให้เข้ากัน โดยให้ความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พร้อมการกวนที่สม่ำเสมอ นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้เย็นลงทันที

2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองโดยวิธีการใช้น้ำสกัด

โดยทั่วไปนั้นขั้นตอนการทำน้ำมันถั่วเหลืองด้วยวิธีการใช้น้ำสกัดไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมี หรือคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันถั่วเหลืองจึงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ (Lim *et al.*, 1990; Oguntunde and Akintoye, 1991; Kwok *et al.*, 1993; Mullin *et al.*, 2001) โดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.4.1 การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองนั้นอาจใช้เมล็ดถั่วเหลืองทั้งเปลือกหรือเมล็ดถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกแล้วก็ได้ ซึ่งการเอาเปลือกถั่วเหลืองออกจะต้องทำการแช่น้ำ โดยนำถั่วเหลืองไปต้มผ่าซีกแล้วแยกเอาเปลือกออก การเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองจากถั่วที่เอาเปลือกออกจะใช้เวลาในการแช่ที่สั้นได้น้ำมันที่มีสีขาวน่ายรับประทาน มีกลิ่นถั่วน้อย นอกจากนี้การเอาเปลือกออกยังเป็นการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ถั่วเป็นถั่วเหลืองทั้งเปลือกจะใช้เวลาแช่นาน อาจทำให้น้ำมันถั่วเหลืองที่ได้ตกตะกอนจับตัวเป็นก้อน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นระหว่างการงอก (กุลวดี ครอบพาณิชย์และคณะ, 2532)

Deshpande และคณะ (1982) ได้ทำการศึกษาผลของเปลือกถั่วต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่ว พบว่าการเอาเปลือกออกทำให้แป้งถั่วมีความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันดีขึ้น และทำให้ความสามารถในการเกิดฟองสูงกว่าการไม่เอาเปลือกออก แต่จะมีความเสถียรน้อยกว่า

2.4.2 การแช่ถั่วเหลือง

ในการแช่ถั่วเหลืองอุณหภูมิของน้ำในการแช่ถั่วจะส่งผลถึงอัตราการดูดซึมน้ำของถั่วเหลือง การใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำของถั่วเหลืองสูงขึ้น (Hsu *et al.*, 1983) ถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถดูดซึมน้ำได้เท่ากับถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่ 30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ในเวลา 6-8 ชั่วโมง

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป (2540) ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่ถั่วเหลือง โดยอุณหภูมิในการแช่ถั่วมี 3 ระดับ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วเพิ่มขึ้น 2 เท่าของน้ำหนักถั่วเริ่มต้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 นาที ถั่วแช่ถั่วต่อไปจะทำให้ถั่วมีลักษณะนิ่ม ยุ่ย และผิวของเมล็ดถั่วที่แช่น้ำที่ยาวนาน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง และถั่วแช่ถั่วมากกว่า 24 ชั่วโมง พบว่ามีกลิ่นหมักของแอลกอฮอล์เกิดขึ้น และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ถั่วอืดตัวเมื่อระยะเวลาการแช่ผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมินี้สามารถแช่ถั่วได้มากกว่า 24 ชั่วโมงโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ถั่วเหลืองแต่ละชนิดอาจมีความสามารถในการดูดซึมน้ำแตกต่างกันขึ้นกับ พันธุ์ ความชื้นของเมล็ด อายุการเก็บ เป็นต้น การแช่ถั่วเหลืองอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ เมื่อถั่วเหลืองดูดซึมน้ำ จะทำให้ถั่วเหลืองมีเปลือกนิ่ม มีการห่อหุ้มเมล็ดอย่างหลวมๆ ทำให้ลอกเปลือกไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหุ้มมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ง่าย แต่อาจเกิดการสูญเสียของแข็งที่ละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อเวลาแช่ถั่วเหลืองนานขึ้น (มันทนา ร่วมรักษ์ และคณะ, 2529) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pan และ Tanaratanaavee (2003) ที่ได้ศึกษา ถึงการสูญเสียปริมาณของแข็งของถั่วเหลืองที่ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 10 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า การแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง จะเกิดการสูญเสียปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำถึง 2 เท่า ซึ่งส่วนประกอบหลักที่สูญเสีย ได้แก่ น้ำตาลราฟิโนส (rafinose) และน้ำตาลสตาคิโอส (stachyose) โดยเกิดจากการแพร่ หรือจากการย่อยด้วยเอนไซม์ภายใน ถั่วเหลือง นอกจากนั้นยังลดปริมาณของสารยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมสารอาหาร เช่น แทนนิน (tannin) และทริปซินอินฮิบิเตอร์ (trypsin inhibitor) ได้ (Barampama and Simard, 1994)

การแช่ถั่วเหลืองนอกจากมีผลต่อการสูญเสียปริมาณของแข็ง ยังมีผลต่อลักษณะทางด้าน เนื้อสัมผัสของถั่วเหลืองด้วย โดย Silva และคณะ (1981) ได้ทำการเปรียบเทียบแรงที่ใช้ทำให้ถั่ว เหลืองแตก (rupture force) ระหว่างถั่วที่ไม่แช่น้ำกับถั่วที่แช่น้ำ พบว่าถั่วเหลืองที่ไม่แช่น้ำจะต้องใช้ แรงในการทำให้ถั่วแตกมากกว่าถึง 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Deshpande (2001) ที่ศึกษา ความแข็ง (hardness) ของถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 15 ถึง 300 นาที พบว่าค่าความแข็งของถั่วเหลืองมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งการแช่ ถั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งของถั่วเหลืองน้อยที่สุด เมื่อถั่วเหลืองแช่น้ำ จะเกิด การดูดน้ำเข้าสู่เนื้อถั่ว ทำให้มีปริมาณความชื้นมากขึ้นจาก 12 เป็น 154 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นข้อดีใน การบดเพื่อลดขนาด โดยจะทำได้ง่ายขึ้น (Pan and Tanaratanaavee, 2003) การแช่ถั่วเหลืองทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี ทั้งค่าความสว่าง (lightness) ค่าสีแดง (redness) และค่าสีเหลือง (yellowness) ซึ่ง Bayram และคณะ (2004a) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี เมื่อแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่มีผลต่อค่าสี โดย ค่าความสว่างจะลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ค่าสีแดงมีค่าลดลงแต่ ค่าสีเหลืองจะมีค่าเพิ่มขึ้น

2.4.3 การตีป่นถั่วเหลือง

การตีป่นถั่วเหลือง น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำร้อนหรือน้ำเย็นก็ได้ ถ้าใช้น้ำร้อนในการตีป่น น้านม ถั่วเหลืองที่ได้จะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่าน้านมที่ได้จากการตีป่นด้วยน้ำเย็น และยังช่วยลดกลิ่นถั่ว ได้มากกว่า เพราะความร้อนสามารถทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น (กุลวดี ตรองพาณิชย์และคณะ, 2532) ซึ่งกลิ่นของน้านมถั่วเหลืองเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้น้านมถั่วเหลือง ไม่เป็นที่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (lipoxygenase) กับ ไขมันในถั่วเหลือง เมื่อทำการตีป่นเนื้อเยื่อของถั่วเหลืองจะถูกทำลายเอนไซม์ และไขมันตั้งต้นจะเป็นอิสระ เมื่อมีน้ำร่วมด้วย จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วขึ้น (Nelson

and Steinb, 1976) การใช้น้ำอุณหภูมิสูงในการตีป่น สามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส ที่ทำให้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้คนอื่นใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ถือว่าผิดกฎหมาย

เกิดกลิ่นฉุนได้เพราะความร้อนของน้ำจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อถั่วและยับยั้งเอนไซม์ จึงช่วยลดการเกิดกลิ่นฉุนได้ อุณหภูมิในการยับยั้งเอนไซม์ไม่ควรต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wilkens และคณะ (1967) ที่ศึกษาการตีป่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 60 ถึง 100 องศาเซลเซียส พบว่าการตีป่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ลดการเกิดกลิ่นฉุนได้ หากทำการตีป่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอต่อการลดกลิ่นฉุน แต่ต้องมีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงไปด้วย นอกจากนั้นยังสามารถทำลายทริพซินอินฮิบิเตอร์ในถั่วเหลืองได้ (Nelson and Steinb, 1976)

Mizutani และ Hashimoto (2004) ทำการศึกษาอุณหภูมิในการตีป่นถั่วเหลืองต่อปริมาณไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) พบว่า การตีป่นถั่วเหลืองที่อุณหภูมิห้องจะมีปริมาณของไฮโดรเปอร์ออกไซด์มากที่สุด โดยมีปริมาณมากกว่าการตีป่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสถึง 2 เท่า ไฮโดรเปอร์ออกไซด์เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรเปอร์ออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวที่เร่งด้วยเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส ซึ่งไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะไม่เสถียร โดยจะสลายตัวเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นเช่น เฮกซานัล (hexanal) การใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูง สามารถลดปริมาณของเฮกซานัลที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น เนื่องจากเกิดการระเหยไประหว่างการตีป่น หรืออาจรวมตัวกับโปรตีนที่เกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ

2.4.4 การกรองเอากากออก

การกรองเป็นการแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกจากส่วนที่ละลายน้ำ วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การกรองด้วยผ้าขาวบาง ซึ่งอาจทำการกรองก่อนหรือหลังการต้มก็ได้ขึ้นกับความนิยม คนญี่ปุ่นส่วนใหญ่นิยมต้มถั่วเหลืองและบดก่อนที่จะนำไปกรอง การต้มเป็นการลดความหนืดของถั่วเหลืองให้น้อยลง ทำให้กรองง่าย พร้อมทั้งมีโปรตีนและของแข็งอื่นๆ ละลายออกมาอีกด้วย แต่อาจมีผลต่อการละลายของโปรตีน เพราะน้ำทำให้โปรตีนแยกตัวกันในขณะให้ความร้อน วิธีของจีนจะทำการกรองก่อนให้ความร้อน ซึ่งหากที่ผ่านการกรองแล้วยังมีโปรตีนบางส่วนเหลืออยู่ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณผลผลิต จึงควรนำกากมาล้างด้วยน้ำร้อนอีกอย่างน้อย 1 ครั้ง จะช่วยให้โปรตีนละลายออกมามากขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตได้ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำที่ใช้รวมกันต้องไม่มากกว่าปริมาณที่ต้องการ (ปริยาพร เขียวจำ, 2544)

2.4.5 การให้ความร้อน

การให้ความร้อนมีจุดประสงค์หลายอย่างคือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ เพิ่มอายุการเก็บรักษา ทำลายสารบางชนิดที่มีอยู่ในถั่วเหลือง ซึ่งเป็นตัวการทำให้ร่างกายใช้สารอาหารได้น้อยลง เช่น ทริพซินอินฮิบิเตอร์ (trypsin inhibitor) แทนนิน (tannin) และไฟติกแอซิด (phytic acid) เป็นต้น เพลินใจ ดังคณะกุล (2545) พบว่าหากให้ความร้อนกับน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือดที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ความร้อนจะทำลายทริพซินอินฮิบิเตอร์ และยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซิจี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนต ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นคาวในน้ำมันถั่วเหลือง แต่ถ้ามีการให้ความร้อนมากเกินไป อาจมีผลเสียต่อคุณค่าทางโภชนาการได้ เช่น กรดอะมิโนซิสทีน (cystine) และเมไทโอนีน (methionine) จะถูกทำลาย 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อต้มให้เดือดนาน 30 นาที นอกจากนี้ Kwok และคณะ (1993) ได้ศึกษาการยับยั้งทริพซินอินฮิบิเตอร์ในน้ำมันถั่วเหลืองที่พีเอช 2.0 6.5 และ 7.5 โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิระดับยูเอชที คือ 121 132 134 และ 154 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 93 121 และ 132 องศาเซลเซียส แอคติวิตีของทริพซินอินฮิบิเตอร์ถูกทำลายที่พีเอชสูงมากกว่าที่พีเอชต่ำ แต่ผลของค่าพีเอชจะน้อยลงเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 143 และ 154 องศาเซลเซียส แสดงว่าพีเอชมีผลต่ออัตราการทำลายทริพซินอินฮิบิเตอร์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำมากกว่าที่อุณหภูมิสูง การให้ความร้อนในระดับยูเอชทียังมีผลต่อการทำลายสารอาหารบางอย่าง เช่น กรดอะมิโนและวิตามิน เป็นต้น

การให้ความร้อนทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติให้ย่อยง่ายขึ้น และยังมีผลต่อความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง Liu และคณะ (2004) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง เมื่อทำการให้ความร้อนแบบขั้นตอนเดียว คือ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และแบบ 2 ขั้นตอน คือ ให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส 5 นาที หลังจากนั้นให้ความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส อีก 5 นาที พบว่าการให้ความร้อนแบบ 2 ขั้นตอน ทำให้ความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลา เพราะเมื่อเปรียบเทียบการให้ความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส 5 และ 10 นาที ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจากวิธีการและอุณหภูมิในการให้ความร้อน โดยความร้อนจะทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ หน่วยย่อยของโปรตีนจะคลายตัว ทำให้ส่วนที่ไม่ชอบน้ำสัมผัสกับน้ำ และเกิดการรวมตัวกันใหม่ ซึ่งทำให้มีโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ความหนืดมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ความร้อนทำให้คุณลักษณะด้านสีมีการเปลี่ยนแปลง Kwok และคณะ (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี คือค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของน้ำมันถั่วเหลือง ที่ให้ความร้อนอุณหภูมิ 80 ถึง 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 ถึง 180 นาที พบว่าค่าความสว่าง (lightness) จะมีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง (redness) และค่าสีเหลือง (yellowness) มีค่ามากขึ้น

การให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองโดยทั่วไปอยู่ในระดับพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้หลายอุณหภูมิ คือ 65 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที หรือ 90 องศาเซลเซียส 2 วินาที (สุรีย์ นานาสสมบัติ, 2539) แต่อุณหภูมิที่นิยมใช้คือ 90 องศาเซลเซียส 2 นาที สันนิษฐานว่าเป็นอุณหภูมิที่ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีกลิ่นที่ดี เพราะการทำลายเอนไซม์ไลพอกซิจีเนสต้องให้ความร้อนไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส (Wilkens *et al.*, 1967) เมื่อบรรจุในภาชนะปิดสนิท และเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 การปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติ

การปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติของน้ำมันถั่วเหลือง เพื่อให้มีการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยปรับปรุงกลิ่นและรสชาติให้ดีขึ้น โดยทั่วไปการปรับปรุงรสชาติมักเป็นการเติมน้ำตาลประมาณ 5-12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้อาจมีการเติมผงเพื่อให้กลิ่นที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ 5-15 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งอาจเติมสารให้กลิ่นและองค์ประกอบอื่นๆ นมถั่วเหลืองที่ผ่านการเติมแต่งอาจยังไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ต้องโฮโมจีไนซ์เพื่อให้เกิดลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะด้านไขมันที่เติมลงไปจะถูกทำให้เป็นเม็ดเล็กๆกระจายสม่ำเสมอ น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์จะมีความหนืด (viscosity) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีรสชาติสม่ำเสมอ

2.4.7 การเสริมคุณค่าทางโภชนาการ

น้ำมันถั่วเหลืองอาจมีการเสริมคุณค่าทางโภชนาการอีก โดยเฉพาะถ้าต้องการให้ทารกหรือผู้สูงอายุดื่ม ส่วนมากนิยมเติมวิตามิน เกลือแร่ และกรดอะมิโนต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.3 หรืออาจเติมงาตัว ในช่วงการแต่งกลิ่น ก็เป็นการช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการอีกทางหนึ่งด้วย เพราะในงามีแคลเซียมสูง

ตารางที่ 2.3 ชนิดและปริมาณวิตามินและเกลือแร่ที่ใช้เสริมคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันถั่วเหลือง

สารอาหาร	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำมันถั่วเหลือง 100 กรัม
วิตามินเอ	880 I.U.
วิตามินบี1	0.26 I.U.
วิตามินบี2	0.31 I.U.
วิตามินบี6	0.26 I.U.
วิตามินบี12	1.50 ไมโครกรัม
วิตามินดี	176 I.U.
วิตามินอี	10 I.U.

ที่มา : คัดแปลงจากไพโรจน์ วิริยะจารี (2535)

น้ำมันถั่วเหลืองมักมีกลิ่นถั่ว (beany flavor) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ซึ่งมีอยู่ในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังพบในพืชอื่นๆ เช่น ข้าวสาลี และพืชตระกูลถั่วพันธุ์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงระดับแอกติวิตี้สัมพัทธ์ของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสในพืชชนิดต่างๆ

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

ที่มา: คัดแปลงจาก Obaidy and Siddhiqui (1981)

เอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) เป็นต้น โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีออกซิเจนและน้ำ ทำให้เกิดสารประกอบพวกลไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน และแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดกลิ่นถั่วขึ้นในผลิตภัณฑ์ สารชนิดสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นคือ เฮกซานัล (hexanal) Mizutani และ Hashimoto (2004) พบว่าการตีปั่นถั่วเหลืองที่อุณหภูมิห้องจะมีปริมาณของไฮโดรเปอร์ออกไซด์มากที่สุด โดยมีปริมาณมากกว่าการตีปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสถึง 2 เท่า การใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูง สามารถลดปริมาณของเฮกซานัลที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น เนื่องจากเกิดการระเหยไประหว่างการตีปั่น หรืออาจรวมตัวกับ โปรตีนที่เกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ Wilkens และคณะ (1967) พบว่าการบดถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ เพราะเอนไซม์ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน (Savage *et al.*, 1995)

การใช้ความร้อนอาจทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ และเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ดังนั้น Nelson และ Steinb (1976) จึงใช้วิธีแช่และลวกถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 0.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นปรับพีเอชให้เป็นกลางจะได้น้ำมันถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่น โซเดียมไบคาร์บอเนตจะลดแอกติวิตี้ของเอนไซม์เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพีเอช ทำให้กลิ่นของน้ำมันถั่วเหลืองดีขึ้น (Cheryan *et al.*, 1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Puechkamut (2004) ศึกษาผลของเกลือที่ใช้ในการลดกลิ่นด้วยการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.25 ถึง 0.75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในการบด สามารถลดแอมโมเนียของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส แต่การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตทำให้โปรตีนไม่สามารถเกิดการฟอร์มเจลเมื่อใช้สารตกตะกอนในปริมาณต่ำ

การลดลงของฟิเซสามารถลดแอมโมเนียของเอนไซม์ได้เช่นกัน ลินจง สุขล้าภู (2538) พบว่าการหมักโดยใช้เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) สามารถช่วยลดกลิ่นถั่วในน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อผลิตเป็นโยเกิร์ตได้

Seyderhelm และคณะ (1996) ศึกษาการใช้ความดันในการยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส พบว่าเมื่อความดันมากขึ้นทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งมากขึ้น และถ้าใช้ร่วมกับความร้อนจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการใช้ความดันร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤต (supercritical carbon dioxide) สามารถลดแอมโมเนียของเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น (Tedjo *et al.*, 2000)

2.5 คุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง

การเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน ทั้งทางด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ส่งผลถึงคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง Min และคณะ (2005a) พบว่าพันธุ์ถั่วเหลืองและสถานที่ปลูกที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณโปรตีนของถั่วเหลือง และปริมาณโปรตีนในน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งปริมาณโปรตีนในถั่วเหลืองสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับผลผลิต ปริมาณโปรตีน และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมันถั่วเหลือง (น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, 2540; Lim *et al.*, 1990; Mullin *et al.*, 2001; Poysa and Woodrow, 2002) นอกจากนั้นยังพบว่าพันธุ์ถั่วและสถานที่ปลูกที่ต่างกัน มีผลต่อปริมาณสารประกอบที่ระเหยได้ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของโปรตีนในน้ำมันถั่วเหลือง โปรตีนในน้ำมันถั่วเหลืองที่สูงขึ้นทำให้สารประกอบที่ระเหยได้ในน้ำมันถั่วเหลืองมากขึ้น (Min *et al.*, 2005b)

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป และยุพร พิชฌมูท (2544) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) และปริมาณโปรตีนของน้ำมันถั่วเหลือง ที่เตรียมจากถั่วเหลืองที่ทำการแช่ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการแช่ถั่วที่ต่างกัน ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณโปรตีนของน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกัน โดยการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือที่ 25 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับปริมาณโปรตีนในน้ำมันถั่วเหลือง การใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองสูงในการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองนั้น จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าแตกต่างกัน ถ้าอัตราส่วนของน้ำมันมากขึ้นจาก 1 ต่อ 6 เป็น 1 ต่อ 10 พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีค่าลดลง

(Kwok *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2004) นอกจากนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าพีเอชของน้ำนมถั่วเหลือง Iwuoha และ Umunnakwe (1997) พบว่า การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองที่ต่างกัน 4 วิธี คือ ถั่วเหลืองที่ผ่านการลวกและไม่ลวก แล้วบดเปียก ถั่วที่ทำการคั่วแล้วบดแห้งให้มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 500 ไมโครเมตร น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ไม่มีความแตกต่างของค่าพีเอช โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.60 ถึง 6.62 นอกจากนั้นยังพบว่า การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองหลายๆพันธุ์ก็ไม่มี ความแตกต่างของค่าพีเอช โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.45 ถึง 6.66 (Lim *et al.*, 1990; Shen *et al.*, 1999; Mullin *et al.*, 2001; Poysa *et al.*, 2002) แต่ถั่วแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการบด จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีค่าพีเอชสูงขึ้น (ปรียาพร เขียวจำ, 2544)

น้ำนมถั่วเหลืองที่มาเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน พบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อมากขึ้น จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีสีคล้ำ ค่าความสว่างลดลง เนื่องจากปฏิกิริยามลลาร์ด แต่ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองจะมีค่าเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสีนอกจากเกิดจากความร้อนยังอาจเกิดจากปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง (Kwok *et al.*, 1999) ความร้อนนอกจากจะมีผลต่อค่าสียังมีผลต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง Liu และคณะ (2004) พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 5 นาที หลังจากนั้นให้ความร้อนเป็น 95 องศาเซลเซียส อีก 5 นาที ซึ่งเป็นการให้ความร้อนแบบ 2 ขั้นตอน ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นถึง 150 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการฆ่าเชื้อแบบขั้นตอนเดียว คือ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที

ความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณโปรตีน โดยพบว่าถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมด หรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หรือปริมาณ โปรตีนสูงขึ้นจะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีความหนืดมากขึ้น (Nelson and Steinb, 1976; Rao and Choudhry, 1976; Wani and Saini, 1990; Wani *et al.*, 1990; Ogetunde and Akintoye, 1991; Iwuoha and Umunnakwe, 1997; Borse *et al.*, 2002) การเพิ่มขึ้นของความหนืดเกิดจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ ปริมาณของอนุภาคที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถเกิดพันธะได้มากขึ้น (นิธิยา รัตนานนท์, 2545) หรือเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้หน่วยย่อยของโปรตีนคลายตัว แล้วเกิดการรวมตัวกันใหม่ ซึ่งมีโครงสร้างใหญ่ขึ้น จึงทำให้ความหนืดสูงขึ้น (Liu *et al.*, 2004) ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งทั้งหมด หรือของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดกับความหนืดเป็นแบบเอกโปเนนเชียล (exponential) (Ogetunde and Akintoye, 1991; Zuritz *et al.*, 2005)

2.6 สารให้ความข้นหนืด (Thickening agent)

คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโพลีแซ็กคาไรด์สามารถทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดความข้นหนืด เนื่องจากเมื่อได้รับความร้อนโครงสร้างของโพลีแซ็กคาไรด์สามารถเกิดการพองตัวและยอมให้โมเลกุลของน้ำหรือของเหลวแทรกผ่านเข้าไปในโครงสร้าง โดยบางส่วนของโครงสร้างสามารถรวมไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกับน้ำหรือส่วนที่เป็นของเหลว (liquid phase) ทำให้ของผสมมีความข้นหนืดมากขึ้น สารให้ความข้นหนืดส่วนใหญ่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ คือ สารประกอบประเภทโพลีแซ็กคาไรด์กัม (polysaccharide gums) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง อาจประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด หรืออาจประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์หลายชนิดก็ได้ (นิธิยา รัตนานนท์, 2545)

สารละลายไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายได้แก่ (Marcotte *et al.*, 2001)

- ธรรมชาติของโพลีแซ็กคาไรด์
- อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย
- ความเข้มข้นของสารละลาย

ความหนืดสูงสุดของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน ค่าความหนืดของสารละลายแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความหนืดสูงสุดของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ไฮโดรคอลลอยด์	ความหนืด (เซนติพอยต์)
กัมทราคาแคนต์	3400
โกลโคสปีนกัม	3200
กัวกัม	3200
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	1300
เมทิลเซลลูโลส	1100

ที่มา : คัดแปลงจากนิธิยา รัตนานนท์ (2545)

2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์

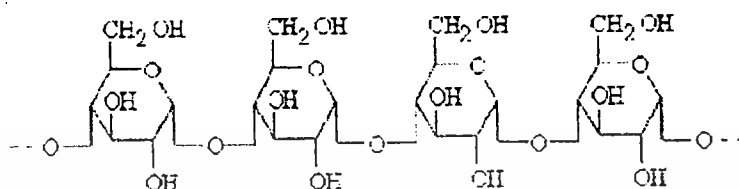
สารไฮโดรคอลลอยด์ที่สำคัญนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มได้แก่

2.7.1 สตาร์ช (starch)

เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่สะสมในพืชอยู่ในส่วนของเมล็ด หัว ราก และในลำต้น คุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะปรากฏจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพืช สตาร์ชเป็นโฮโมโพลิเมอร์ของกลูโคสอยู่ในรูปของ แอลฟา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (alpha-D-glucopyranoside) ประกอบด้วยโพลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) มีโครงสร้างเป็นสายตรง (straight chain) ดังแสดงในภาพที่

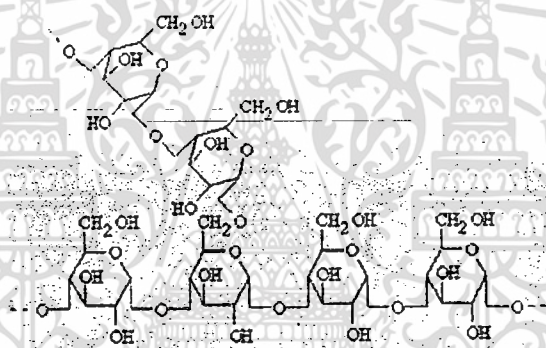
2.1 และอะไมโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นกิ่งสาขา (branch chain) ดังแสดงในภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2.2 โดยพันธะไกลโคซิดิกของอะไมโลสจะเป็นแบบแอลฟา-1,4 ในขณะที่พันธะไกลโคซิดิกของอะไมโลเพกตินจะมีทั้งแบบแอลฟา-1,4 ในช่วงที่เป็นสายตรงและแอลฟา-1,6 ในช่วงที่เป็นกิ่งหรือสาขา



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา: วุฒิชัย นาครักษา (2536)



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพกติน

ที่มา: วุฒิชัย นาครักษา (2536)

คุณสมบัติเด่นของเม็ดสตาร์ชในน้ำระหว่างการให้ความร้อน เริ่มจากเม็ดสตาร์ชจะค่อยๆ ดูดซับน้ำได้มากขึ้นและพองตัว (swelling) ของผลมาจากนั้นจะเริ่มใส มีความหนืด เมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่งซึ่งเม็ดสตาร์ชมีการพองตัวเต็มที่ มีความหนืดสูงสุดเรียกว่า การเกิดเจลลิตไนส์ (gelatinization) สตาร์ชจากมันฝรั่งสามารถเกิดเจลลิตไนส์ ได้ที่อุณหภูมิ 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส แป้งข้าวโพดเกิดเจลลิตไนส์ ได้ที่อุณหภูมิ 75 ถึง 80 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่า สตาร์ชจากพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการเกิดเจลลิตไนส์ได้แตกต่างกัน ฉะนั้น การนำสตาร์ชมาใช้ในอาหารเป็นสารทำให้เกิดความข้นหนืดจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆ เช่น ชนิดของสตาร์ช คุณลักษณะในการเกิดเจลลิตไนส์ เป็นต้น (วุฒิชัย นาครักษา, 2536) สตาร์ชนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สตาร์ชมันสำปะหลัง เพราะไม่มีกลิ่น ทนได้ในสภาวะที่รุนแรงและมีความคงตัวในการเก็บ การใส่สตาร์ชในผลิตภัณฑ์ สตรอเบอรี่-กล้วยหอม สมูทตี้ (strawberry-banana smoothie) จะเพิ่มความเนียนให้เนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัส และเมื่อนำไปแช่เย็น สตาร์ชสามารถป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ได้ (Maiolino, 2004)

2.7.2 เซลลูโลสและอนุพันธ์

เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ที่เป็นกลูโคส 10 หน่วยขึ้นไปเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบเบต้า 1,4 ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งเซลลูโลสเป็นโครงสร้างของพืชโดยเฉพาะผนังเซลล์พืช ต้นไม้โดยทั่วไปจะประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณ 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเซลลูโลส
ที่มา: Nussinovitch (1997)

นอกจากนี้อนุพันธ์ของเซลลูโลสในรูปของอีเทอร์และเอสเทอร์บางอนุพันธ์สามารถใช้เป็นสารเจือปนในอาหารได้ ที่สำคัญเช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose, CMC) สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ เช่น น้ำแอปเปิ้ล ซึ่งช่วยให้คอลลอยด์ในน้ำแอปเปิ้ลมีความคงตัว แม้ใช้ในปริมาณน้อย คอลลอยด์ในน้ำผลไม้ไม่มีผลมาจากประจุบวกของโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ที่ล้อมรอบด้วยประจุลบของเพคติน การสลายของเพคติน ทำให้เกิดการกระจายของประจุ ซึ่งจะรวมตัวกันและตกตะกอน การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งมีประจุลบ จะช่วยให้คอลลอยด์คงตัว (Genovese and Lozano, 2001)

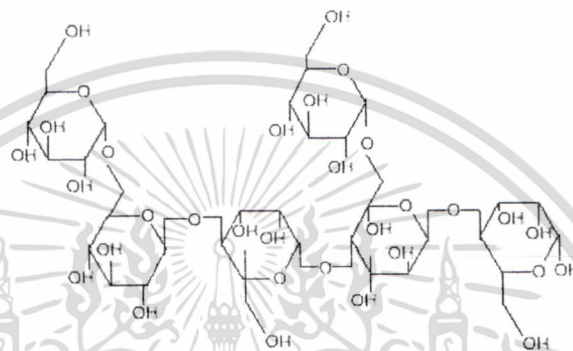
Poonam และคณะ (2004) พบว่าการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในน้ำผลไม้ เมื่อเติมปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น และยังช่วยในการกระจายตัวของคอลลอยด์

2.7.3 กัม

เป็นเฮเทอร์โพลิแซ็กคาไรด์ที่ใช้ในอาหารได้ชนิดหนึ่ง สามารถละลายน้ำได้ เป็นโพลิเมอร์ของแมนโนสและกาแลกโตส เมื่อละลายน้ำจะทำให้เกิดเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น สามารถเกาะเกี่ยวกับน้ำได้ดี ใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickening agent) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.1 กวักัม (guar gum)

เป็นกัมธรรมชาติที่ได้จากต้นกวัก ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่ว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyamopsis tetragonolobus* โครงสร้างของกวักัมเป็นโพลีเมอร์กาแลคโตสแมนแนน (galactomannan) ที่มีส่วนโครงสร้างหลักเป็นโพลีเมอร์สายตรงของแมนโนส (D-mannopyranose) มีส่วนที่เป็นกิ่งคือ กาแลคโตส ทุกๆ 2 หน่วยของแมนโนสจะมีกิ่งของกาแลคโตสแยกออกมาเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของกวักัม

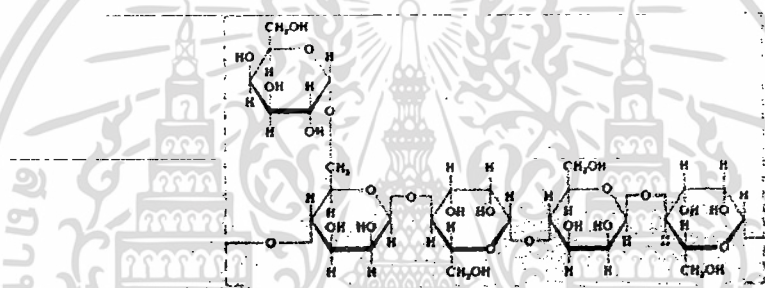
ที่มา: Nussinovitch (1997)

กวักัมสามารถดูตัวอย่างรวดเร็วและให้ค่าความหนืดสูง Casas และคณะ (2000a) ได้ทำการศึกษาความหนืดของสารละลายกวักัมที่ความเข้มข้นและที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าความหนืดของสารละลายจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลายของกวักัมเพิ่มขึ้น ขนาดอนุภาคของกวักัมมีผลต่อความคงตัวของกวักัมเมื่อทำการให้ความร้อน โดย Kroger และคณะ (2000) ศึกษาความคงตัวของกวักัมที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดยทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 82 89 93 111 และ 119 องศาเซลเซียส พบว่าถ้าขนาดอนุภาคของกวักัมใหญ่ขึ้น จะเพิ่มความคงตัวของกวักัม แต่ถ้าให้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ พบว่ากวักัมจะไม่คงตัว ทำให้ความหนืดมีค่าลดลง คุณสมบัติอย่างหนึ่งของกวักัม คือสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างได้ Wang และคณะ (2000) พบว่า ค่าพีเอชต่ำที่สุดที่กวักัมสามารถคงตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ ที่พีเอช 2 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส คือที่พีเอช 3 และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คือ ที่พีเอช 3.5 จึงได้มีการนำกวักัมมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรด เช่นนมเปรี้ยว Koksoy และ Kilic (2004) ศึกษาถึงความหนืดและความสามารถในการคงตัวของชีร์ม โดยการเติมไฮเมทรอกซิลเพกติน 0.25 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กวักัมและ โลคอสปีนัมที่ 0.1 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และเจลาตินที่ 0.25 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในนมเปรี้ยว (ayran) พบว่ากวักัมให้ค่าความหนืดมากที่สุดและยังป้องกันการแยกตัวของชีร์ม ได้แต่ ไม่เป็นที่ยอมรับด้านรสชาติ ส่วน ไฮเมทรอกซิลและเจลาติน ไม่ป้องกันไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกตัวของซีรัมและไม่ใช่ที่ยอมรับด้านประสาทสัมผัส ในขณะที่โลคอสบินกัมที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันการแยกชั้นของซีรัม เพิ่มความหนืดของนมเปรี้ยวโดยที่ไม่ส่งผลต่อรสชาติและกลิ่น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับด้านประสาทสัมผัสมากขึ้นการปรับปรุงด้านความหนืด ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม การเติมกัวกัมในน้ำผลไม้ เมื่อเติมปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น และยังช่วยในการกระจายของคอลลอยด์ (Poonam *et al.*, 2004)

2.7.3.2 โลคอสบินกัม (locoust bean gum)

เป็นกัมธรรมชาติที่ได้จากน้ำยางของต้นไม้ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Acacia senegal* เป็นโพลีเมอร์ของกาแลกโตแมนแนน เช่นเดียวกับกัวกัม แต่มีความแตกต่างกันที่โครงสร้างตรงกิ่งของกาแลกโตส โดยจะพบทุกๆ 4-5 หน่วยของโครงสร้างหลักที่เป็นสายตรงของแมนโนส ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของโลคอสบินกัม

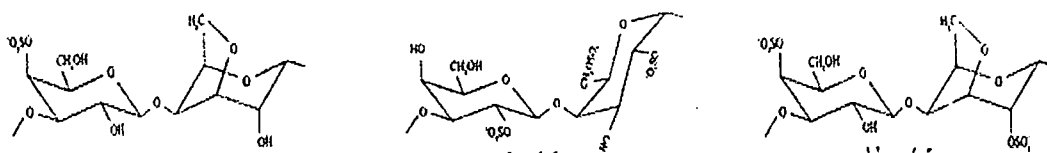
ที่มา: Nussinovitch (1997)

โลคอสบินกัมละลายได้ในน้ำเย็น การละลายจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มความร้อน มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของสารละลาย ใช้มากในอุตสาหกรรมนม เช่นนมเปรี้ยว เพราะจะช่วยเพิ่มความหนืดและป้องกันการแยกชั้นของซีรัม (Koksoy and Kilic, 2004) และประสิทธิภาพการป้องกันการแยกชั้น และความหนืดจะเพิ่มขึ้น หากใช้ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น เช่น แชนแทนกัม Dancan และคณะ (1997) ศึกษาการร่วมกันของโลคอสบินกัมและแชนแทนกัมต่อการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส พบว่าการร่วมกันของกัมทั้ง 2 ชนิด ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น หรือเติมในผลิตภัณฑ์ซอส ซึ่งโลคอสบินกัมจะเพิ่มเนื้อสัมผัสและความหนืด และสามารถลดการซินเนอริซิส (syneresis) ได้ (Mandala *et al.*, 2004)

2.7.3.3 คาราจีแนน

เป็นกัมธรรมชาติที่ได้จากสาหร่ายสีแดงที่มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า ไอร์ชมอส (irish moss) ซึ่งมีอยู่หลายสายพันธุ์ที่สำคัญคือ *Gigartina mamillata*, *Chondrus crispus* และ *Gigartina stellata* คาราจีแนนแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แคปปา ไอโอตา และแลมบ์ดา-คาราจีแนน โครงสร้างทั้ง 3 ชนิดแสดงดังภาพที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของคาราจีแนนชนิดต่างๆ แคปปา(ซ้าย) แลมบ์ดา(กลาง) และไอโอตา (ขวา)

ที่มา: Nussinovitch (1997)

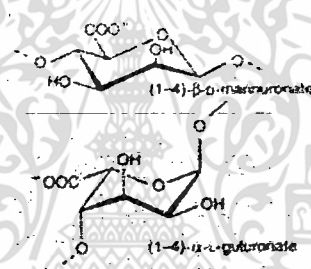
ชนิดของคาราจีแนนที่มีความสำคัญได้แก่ แคปปา-คาราจีแนน (kappa-carrageenan) และ แลมบ์ดา-คาราจีแนน (lambda-carrageenan) โดยแคปปา-คาราจีแนนจะเป็นตัวทำให้เกิดวุ้น สามารถแยกคาราจีแนนทั้ง 2 ชนิดได้โดยการตกตะกอนด้วยเกลือของโพแทสเซียม แคปปาจะตกตะกอนลงมา ในขณะที่แลมบ์ดา-คาราจีแนนจะละลายในน้ำ โครงสร้างของคาราจีแนนเป็นโพลิเมอร์ของกาแลกโตสสายตรงที่เชื่อมด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (β -1,4 glycosidic bond) และมีหมู่ซัลเฟต (SO_3^-) เกาะติดในโครงสร้าง แต่แคปปา-คาราจีแนนจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และที่ตำแหน่งที่ 6 เกิดเป็นแอนไฮโดรกาแลคโทส (3,6-anhydro-D-galactopyranose) ในโพลิเมอร์ คาราจีแนนละลายในน้ำได้ดี ถ้าละลายในน้ำร้อนจำเป็นต้องอยู่ในรูปของเกลือโพแทสเซียม ที่ละลายได้ในน้ำเย็นอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม โดยส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมนม เพราะสามารถฟอร์มโครงสร้างกับโปรตีน โดยการจับกันระหว่างประจุลบของหมู่ฟอสเฟตอิสระของคาราจีแนนกับประจุบวกของเคซีน (Karimetal, 1999)

สันติ ทิพยงค์ (2535) ศึกษาความคงตัวของนํ้านมถั่วเหลืองยูเอชทีรสช็อกโกแลต และนํ้านมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม โดยเติมคาราจีแนน 3 ชนิด คือ แคปปา ไอโอตา และแลมบ์ดา-คาราจีแนน พบว่า การเติมแคปปา-คาราจีแนน ทำให้นํ้านมถั่วเหลืองรสช็อกโกแลตจับตัวเป็นก้อน ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน การเติมไอโอตา-คาราจีแนน ทำให้นํ้านมถั่วเหลืองรวมเป็นเนื้อเดียวกันดี แต่ถ้าเติมมากกว่า 300 ppm จะทำให้เกิดเจลที่แข็งตัวมาก ส่วนการเติมแลมบ์ดา-คาราจีแนน ต้องใช้ปริมาณสูงมากถึงทำให้อนุภาคของโกโก้แขวนลอยอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการเติมคาราจีแนนมากกว่า 1 ชนิด มีแนวโน้มให้ผลที่ดีกว่า คือ ไอโอตาและแลมบ์ดา-คาราจีแนน แต่ความเข้มข้นทั้งหมดของคาราจีแนนต้องไม่เกิน 300 ppm นอกจากนั้นคาราจีแนนสามารถนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับความหนืดและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยว ที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ โซเดียมอัลจิเนตและแคปปา-คาราจีแนน พบว่าการเติมคาราจีแนนให้ค่าความหนืดมากกว่า และที่ค่าความหนืดเดียวกันการเติมคาราจีแนนให้กลิ่นที่ดีกว่า (Yanes et al., 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.4 อัลจิเนต

เป็นกัมธรรมชาติที่ได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล เช่น *Macrocystis pyrifera* และ *Laminaria digitata* เป็นต้น อัลจิเนตเป็นโพลิเมอร์ของกรดแมนนูโรนิก (β -D-mannuronic acid) และกรดกลูโรนิก (L-guluronic acid) เชื่อมกันด้วยพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (β -1,4 glycosidic bond) ดังแสดงในภาพที่ 2.7 อัลจิเนตที่สกัดได้จะมีสัดส่วนของกรดทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน โดยพบว่า มีโครงสร้างแบบที่เป็นโฮโมโพลิเมอร์และเฮเทอโรโพลิเมอร์ ลักษณะโครงสร้างเป็นแบบเกลียวเฮลิคซ์ (helix form) ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปของเกลือโซเดียม หรือเกลือโพแทสเซียม เพราะอัลจิเนตเป็นกัมที่เมื่อนำมาละลายน้ำ จะสามารถรวมตัวกับเกลือของโลหะได้ ละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเป็นกรดค่า ความเข้มข้นและขนาดโมเลกุล นิยมนำมาใช้กับเครื่องต้ม ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น (วุฒิชัย นาครักษา, 2536)



ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของอัลจิเนต

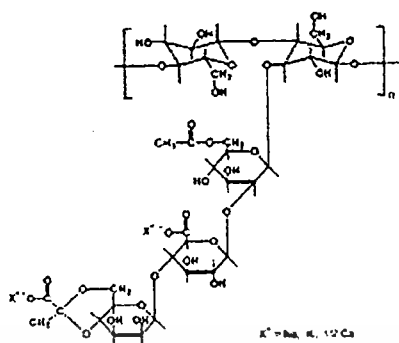
ที่มา: Nussinovitch (1997)

Yanes และคณะ (2004) ศึกษาความหนืดของอัลจิเนตในนมเปรี้ยว พบว่าอัลจิเนตสามารถเพิ่มความหนืดในนม เพราะเมื่ออัลจิเนตละลายในน้ำทำให้อนุภาคกระจายตัวในส่วนที่เป็นของเหลวทำให้มีความหนืดสูงขึ้น Genovese และ Lozano (2001) พบว่าการทำให้คอลลอยด์คงตัวในน้ำผลไม้ ทำได้โดยเติมอัลจิเนต ซึ่งคอลลอยด์เกิดจากประจุบวกของโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ที่ล้อมรอบด้วยประจุลบของเพคติน การสลายของเพคติน ทำให้เกิดการกระจายของประจุ ซึ่งจะรวมตัวกันและตกตะกอน การเติมอัลจิเนตซึ่งมีประจุลบ จะช่วยให้คอลลอยด์คงตัว (Genovese and Lozano, 2001)

2.7.3.5 แขนแทนกัม (xanthan gum)

เป็นกัมธรรมชาติที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์ *Xanthomonas campestris* โครงสร้างหลักของกัมชนิดนี้ ประกอบด้วยแมนโนส (mannose) กลูโคส (glucose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) อะซิเตท (acetate) และไพรูเวท (pyruvate) ในอัตราส่วน 2 : 2 : 1 : 0.2 : 0.07 ดังแสดงในภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา: Nussinovitch (1997)

แซนแทนกัมสามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น โครงสร้างทางเคมีของแซนแทนกัมในสารละลาย จะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ขึ้นกับอุณหภูมิที่ทำการละลาย ถ้าละลายที่อุณหภูมิ 25 ถึง 40 องศาเซลเซียส จะมีโครงสร้างโมเลกุลแบบเป็นระเบียบ (ordered structure) สารละลายจะมีความหนืดน้อย ถ้าทำการละลายที่อุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส แซนแทนกัมเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบไม่เป็นระเบียบ (disordered structure) ซึ่งทำให้สารละลายแซนแทนกัมมีความหนืดสูง (Casas and Garcia-Ochoa, 1999) ความเข้มข้นของกัมที่ใช้ก็ส่งผลต่อค่าความหนืด Speers และ Tung (1986) ศึกษาความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ต่อพฤติกรรมการไหลของแซนแทนกัม พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม ความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Duncan และคณะ (1999) ที่ทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าถ้าเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม ทำให้เนื้อสัมผัสมีค่าสูงขึ้น และจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อผสมกับ โคลอสปีนกัม นอกจากนั้นองค์ประกอบของแซนแทนกัมก็มีผลต่อค่าความหนืด คือ ถ้าปริมาณของอะซิเตท และโพวเวทมากขึ้น จะทำให้สารละลายแซนแทนกัมมีความหนืดสูงขึ้น (Casas *et al.*, 2000b) แซนแทนกัมนิยมใช้เพื่อเพิ่มความหนืด และความคงตัวในผลิตภัณฑ์ Mandala และคณะ (2004) ศึกษาความคงตัวของซอส เมื่อทำการเติม แซนแทนกัมและโคลอสปีนกัม พบว่าเมื่อเปรียบเทียบสารทั้งสองตัว ซอสที่มีการเติมแซนแทนกัมจะมีความคงตัวมากกว่าการเติมโคลอสปีนกัม และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม ความคงตัวของซอสจะดีขึ้น

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ถั่วเหลือง

ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ โดยคัดเฉพาะเมล็ดสมบูรณ์

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Xanthan gum (food grade) SIGMA, USA

3.1.2.2 Guar gum (food grade) SIGMA, USA

3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

3.2.1 เครื่องบดถั่วเหลือง Soybean Grinder&Centrifuge, WASINO

3.2.2 เครื่องกรองน้ำนมถั่วเหลือง WASINO

3.2.3 เครื่องชั่งชนิดหยาบ Mettler. Toledo spider2

3.2.4 เทอร์โมมิเตอร์

3.2.5 กระบอกดวง

3.2.6 เครื่องแก้ว

3.2.7 อ่างน้ำร้อน (water bath)

3.2.8 นาฬิกาจับเวลา

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง

3.3.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง Mettler. Toledo MP220

3.3.2 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Digital Rheometer, Model DV-III

3.3.3 รีแฟรคโตมิเตอร์ ATAGO, N-1E

3.3.4 เครื่องวัดสี Minolta, CR300

3.3.5 เทอร์โมมิเตอร์

3.3.6 เครื่องแก้ว

3.3.7 กระบอกลูกกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลือง

3.4.1 Homogenizer	Ultra-Turrax, Janke&Kunkel, IKA Work
3.4.2 Homogenizer probe	S25N 10G IKA-Dispersing Tool
3.4.3 Mixer	Stirrer DLS
3.4.4 Viscometer	Brookfield Digital Rheometer, Model DV-III
3.4.5 ใบพัดแบบสี่เหลี่ยม	
3.4.6 เทอร์โมมิเตอร์	
3.4.7 เครื่องแก้ว	
3.4.8 ตู้เย็น	

3.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- 3.5.1 ถ้วยแก้ว
- 3.5.2 ถ้วยน้ำพลาสติก
- 3.5.3 ถาด

3.6 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.7 วิธีการดำเนินงาน

3.7.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

เตรียมน้ำนมถั่วเหลืองโดยวิธีที่ดัดแปลงจากปริญพร เขียวจำ (2544) ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยใช้เครื่องบดถั่วเหลืองและเครื่องกรองน้ำนมถั่วเหลืองยี่ห้อ WASINO (ภาคผนวก ข)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

3.7.2 ศึกษาผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว มาแช่น้ำโดยแบ่งสภาวะการแช่เป็น 2 สภาวะ คือ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และแช่น้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นดำเนินการตามวิธีในข้อ 3.7.1 นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ผลิตได้ มาทดสอบค่าต่างๆ ตามวิธีในข้อ 3.7.2.1 ถึง 3.7.2.5 เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.7.2.1 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Bayram และคณะ(2004) โดยนำตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ ผสมให้เข้ากัน นำมาวัดหาค่า refractive index โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ N-1E เทียบกับน้ำกลั่น

3.7.2.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ตามวิธีของ Iwuoha และUmunnakwe (1996) โดยเขย่าตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองให้เข้ากัน ทั้งให้เข้าสู่สมดุลจนมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยพีเอชมิเตอร์ดังภาพที่ก1 (ภาคผนวก ก)

3.7.2.3 ตรวจวัดสี

ตามวิธีของ Bayram และคณะ (2004) โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR300 ดังภาพที่ ก2 (ภาคผนวก ก) ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b)

3.7.2.4 วิเคราะห์ค่าความหนืด

ตามวิธีของ ปริยาพร เขียวจำ (2544) โดยวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DV-III ดังภาพที่ ก3 (ภาคผนวก ก) ซึ่งหัววัดที่ใช้คือหัววัดเบอร์ 18 ดังภาพที่ ก4 (ภาคผนวก ก)

3.7.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ทั้ง 2 สภาวะ มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ (paired preference test) คือผู้ชิมชอบตัวอย่างไหนมากกว่า โดยประเมินความชอบโดยรวม ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ แบบทดสอบที่ใช้แสดงดัง(ภาคผนวก ค) การเตรียมตัวอย่าง ทำโดยกำหนดรหัสแก่ตัวอย่างแบบสุ่ม เสิร์ฟตัวอย่างประมาณ 30 มิลลิลิตร ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 5 ถึง 10 องศาเซลเซียส ในภาชนะแก้วใส ทดสอบในช่วงเวลา 10.00 ถึง 12.00 และ 14.00 ถึง 16.00 น. ผู้ชิมที่ทำการทดสอบจะเลือกผู้ชิมที่คิมน้ำมันถั่วเหลืองโดยให้ผู้ชิมบ้วนปากด้วยน้ำระหว่างการชิมแต่ละตัวอย่าง

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการตีปั่นถั่วเหลืองต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

ทำการเตรียมนํ้านมถั่วเหลือง โดยแช่ถั่วเหลืองตามสภาวะที่เลือกจากการทดลองข้อ 3.7.2 ส่วนขั้นตอนการตีปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำ ทำการทดลองโดยแบ่งสภาวะของน้ำเป็น 2 สภาวะ คือตีปั่นด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) นาน 2 นาที และตีปั่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) นาน 2 นาที หลังจากนั้นดำเนินการตามวิธีในข้อ 3.7.1 นํ้านมถั่วเหลืองมาทดสอบตามวิธีการในข้อ 3.7.2.1 ถึง 3.7.2.5 เพื่อเลือกสภาวะที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7.4 ศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

ศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้า 3 ระดับ คือ 1:6 1:8 และ 1:10 นํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาทดสอบตามวิธีการในข้อ 3.7.2.1 ถึง 3.7.2.4 โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้วิธีการทดสอบแบบให้คะแนน (7-point hedonic scale) โดย 7 คือชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบผู้ชิมโดยประเมินผลในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทำการเตรียมตัวอย่างตามวิธีในข้อ 3.7.2.5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7.5 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนํ้านมถั่วเหลือง

หลังจากกรองนํ้านมถั่วเหลืองด้วยเครื่องกรองแล้ว นํ้านมถั่วเหลืองมาศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนํ้านมถั่วเหลืองดังภาพที่ 3.2 โดยศึกษาสารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ กวักัม (guar gum) และ แซนแทนกัม (xanthan gum) ที่ระดับความเข้มข้น 0 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) หลังจากนั้นทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องไฮโมจิไนเซอร์ ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที และนำไปให้ความร้อนที่ 3 สภาวะ คือ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที นํ้านมถั่วเหลืองมาทดสอบตามวิธีการในข้อ 3.7.2.3 และ 3.7.2.4 จากนั้นศึกษาความคงตัวของนํ้านมถั่วเหลือง โดยเก็บนํ้านมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส นำมาตรวจสอบค่าความหนืดและลักษณะปรากฏ ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่าง ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ผ่านการพิจารณาจากผู้เกี่ยวข้อง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ จัดถึงทดลองแบบ 4x3 แผลทอเรียล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในนํานมถั่วเหลือง

3.7.6 ศึกษาผลของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวกัมต่อค่าความหนืดของนํานมถั่วเหลือง

3.7.6.1 ศึกษาความคงตัวของความหนืดของนํานมถั่วเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ระดับต่างๆ

อัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ศึกษา คือ 1:1 1:2 1:3 1:5 2:1 3:1 และ 5:1 ที่ระดับความเข้มข้นของสารผสมที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เติมนลงในนํานมถั่วเหลืองดังภาพที่ 3.2 ก่อนนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นํานํานมถั่วเหลืองมาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบค่าความหนืดทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน เพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7.6.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่มีต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

นำน้ำมันถั่วเหลืองมาเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวกัม โดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม 2 อัตราส่วนจากการทดลองในข้อ 3.7.6.1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เติมนลงในน้ำมันถั่วเหลืองดังภาพที่ 3.2 ก่อนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นำน้ำมันถั่วเหลืองมาตรวจสอบค่าความหนืดทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.7.7 ศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

เตรียมน้ำมันถั่วเหลืองดังภาพที่ 3.1 โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:4 นำน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวกัม โดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม 2 อัตราส่วนจากการทดลองในข้อ 3.7.6.1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เติมนลงในน้ำมันถั่วเหลืองดังภาพที่ 3.2 ก่อนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นำน้ำมันถั่วเหลืองมาตรวจสอบค่าความหนืดทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน เปรียบเทียบผลที่ได้กับการทดลองในข้อ 3.7.6.2

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

4.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

การแช่ถั่วเหลืองเป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง โดยถั่วจะดูดซับน้ำทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่สกัดได้ในช่วงการตีปั่นเพิ่มขึ้น และมีผลต่อแรงที่ใช้ในการตีปั่น อุณหภูมิและเวลาในการแช่ถั่วเหลืองมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตได้ น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป และยุพร พิชกมูตร (2544) พบว่าการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (Wilkins *et al.*, 1967) ถั่วเหลืองจะเริ่มอืดตัวด้วยน้ำเมื่อเวลา 30 นาที ในขณะที่การแช่ถั่วที่ 5 องศาเซลเซียส ถั่วเหลืองจะอืดตัวที่ 3 ชั่วโมง และที่อุณหภูมินี้สามารถแช่ถั่วได้มากกว่า 24 ชั่วโมง โดยกลิ่นและลักษณะปรากฏของถั่วไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาถึงคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตได้เมื่อใช้สภาวะการแช่ถั่วเหลืองทั้ง 2 สภาวะ คือที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อพิจารณาถึงผลดี และผลเสียของการใช้อุณหภูมิสูง และต่ำในการแช่ถั่วเหลือง ผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของสภาวะในการแช่ถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

สภาวะในการแช่ถั่วเหลือง	พีเอช ^{NS}	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ^{(°Brix)^{NS}}	ความหนืด ^{(cp)^{NS}}	สี		
				L	a ^{NS}	b
5°C 3 ชั่วโมง	7.02±0.04	4.9±0.62	4.28±0.21	79.98±0.65 ^a	-3.71±0.62	3.24±0.06 ^a
80°C 30 นาที	6.98±0.07	4.7±0.52	4.17±0.21	72.78±0.52 ^b	-3.76±0.52	6.17±0.06 ^b

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดังแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าพีเอชของน้ำมันถั่วเหลืองทั้งสองสภาวะ มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเมื่อทำการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณมากกว่าการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญ ($p>0.05$) Bayram และคณะ (2004a) พบว่าการสูญเสียปริมาณของแข็งที่ละลายได้ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการแช่ ถ้าทำการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของแข็งมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pan และ Tangrataravalee (2003) พบว่าการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของแข็งมากที่สุด โดยมากกว่าถั่วเหลืองที่ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ถึง 2 เท่า โดยส่วนประกอบหลักที่สูญเสีย คือ น้ำตาลฟิโนส และน้ำตาลสาคีโอส การสูญเสียของของแข็งที่ละลายได้นั้น เนื่องจากเกิดการแพร่หรือจากการย่อยด้วยเอนไซม์ในถั่วเหลือง (Barampama and Simard, 1994) ในการทดลองนี้เป็นการผลิตนํ้านมถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่ม จึงใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าดำ คือ 1:8 ซึ่งเมื่อเทียบกับการเตรียมนํ้านมถั่วเหลืองเพื่อใช้ผลิตเต้าหู้ ที่ต้องใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าสูงถึง 1:4 หรือ 1:5 จึงอาจทำให้ผลของอุณหภูมิในการแช่ที่ 5 และ 80 องศาเซลเซียส ที่มีต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองที่ได้จากการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีความหนืดมากกว่านํ้านมถั่วเหลืองที่ทำการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนํ้านมถั่วเหลือง เมื่อพิจารณาค่าสีของนํ้านมถั่วเหลือง พบว่าค่าความสว่าง(L) จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ค่าสีเหลือง(b) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เมื่อแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การที่ค่าความสว่าง (L) ของนํ้านมถั่วเหลืองลดลงนั้น เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) โดยไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งความร้อนจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น หรืออาจเกิดการสูญเสียเม็ดสี (pigment) ระหว่างการแช่ถั่วเหลือง ทำให้นํ้านมถั่วเหลืองมีสีคล้ำ ส่วนค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากความร้อนทำลายโครงสร้างทางเคมีสายยาวของแคโรทีนอยด์ให้มีสายสั้นลง ซึ่งแคโรทีนอยด์สายสั้นนี้จะทำให้เกิดสีเหลืองสว่าง (Bayram *et al.*, 2004b)

4.1.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนํ้านมถั่วเหลืองเมื่อทำการแช่ที่สภาวะต่างๆ*

ตัวอย่าง	จำนวนผู้ชิมที่เลือก (คน)
แช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง	15 ^a
แช่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 30 นาที	5 ^b

*วิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ (paired preference test)

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแถวแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ แสดงผลในตารางที่ 4.2 พบว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างที่ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะว่าคุณภาพอย่างแรกที่ผู้ชิมใช้ในการตัดสินใจคือลักษณะปรากฏ (Bayram *et al.*, 2004a) ซึ่งน้ำนมถั่วเหลืองที่แช่ที่อุณหภูมิสูงมีสีคล้ำจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าถึงแม้การแช่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการแช่เพียง 30 นาที แต่ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองไม่ต่างจากการแช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการแช่ถึง 3 ชั่วโมง แต่การที่สีของน้ำนมถั่วเหลืองมีสีคล้ำ ทำให้ผู้ชิมยอมรับน้อยกว่า จึงเลือกสถานะการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง

การต้มน้ำถั่วเหลืองด้วยน้ำเป็นการสกัดของแข็งที่ละลายได้ออกมาจากถั่วเหลือง งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิสูงในระหว่างการต้มน้ำทำให้ปริมาณของแข็งที่สกัดได้ในระหว่างการต้มน้ำสูงขึ้น (กุลวดี ครอบพาณิชย์ และคณะ, 2532) อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิสูงในระหว่างการต้มน้ำ เป็นการทำให้ผู้ผลิตทำงานยุ่งยากกว่าการใช้ น้ำที่อุณหภูมิห้อง รวมทั้งพลังงานที่ใช้สิ้นเปลืองมากกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่ผลิตได้เมื่อทำการต้มน้ำด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เพื่อที่จะสรุปหาแนวทางที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตจริง ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่ผลิตได้เมื่อทำการต้มน้ำด้วยน้ำร้อน และที่น้ำอุณหภูมิห้อง แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิของน้ำในการต้มน้ำถั่วเหลืองต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง

สถานะในการต้มน้ำถั่วเหลือง	พีเอช ^{NS}	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	ความหนืด (cp) ^{NS}	สี		
				L	a	b ^{NS}
(°C)		(°Brix)				
30	7.00±0.00	5.0±0.26 ^a	3.83±0.29	79.91±0.38 ^a	-2.63±0.27 ^a	4.08±0.64
80	7.02±0.02	5.3±0.21 ^b	3.91±0.27	78.92±1.03 ^b	-2.92±0.10 ^b	4.20±0.77

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชของน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 2 สภาวะมีค่าอยู่ในช่วงพีเอชที่เป็นกลาง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าการตีปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนนั้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่าการตีปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ความร้อนทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของถั่วเหลืองอ่อน นุ่มลง และง่ายต่อการสกัด (Deshpande, 2001)

ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองจะมีความหนืดมากขึ้นเมื่อมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากขึ้น แต่ค่าความหนืดที่มากขึ้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสีของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ น้ำร้อนในการตีปั่นน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จะมีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความสว่างที่ลดลงเนื่องจากเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Bayram *et al.*, 2004b)

4.2.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อทำการตีปั่นที่สภาวะต่างๆ*

ตัวอย่าง	จำนวนผู้ชิมที่เลือก (คน) ^{NS}
ตีปั่นด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	8
ตีปั่นด้วยน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	12

*วิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ (paired preference test)

^{NS} แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Mizutani และ Hashimoto (2004) รายงานว่าการตีปั่นถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวด้วยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส โดยความร้อนทำให้เฮกซานัล (hexanal) ที่เกิดจากการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ระเหยไป โดยเฮกซานัลเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนในระหว่างการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง เมื่อนำน้ำมันถั่วเหลืองมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าผู้ชิมมีความชอบตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สาเหตุอาจเกิดจากลักษณะปรากฏของน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความใกล้เคียงกัน ถึงแม้เครื่องวัดสีจะวัดได้น้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จากการตีปั่นด้วยน้ำร้อนจะมีสีคล้ำกว่า ประกอบกับผู้ชิมคนไทยคุ้นเคยกับกลิ่นน้ำมันถั่วเหลือง จึงทำให้ผลของการชิมทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลือง

ความคงตัวของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง ทดสอบโดยนำน้ำมันถั่วเหลืองที่ตีปั่นด้วยน้ำสภาวะต่างๆ มาเก็บรักษาและตรวจสอบค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของสภาวะการตีปั่นและการฆ่าเชื้อต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

อุณหภูมิ ในการตีปั่น (°C)	สภาวะการฆ่า เชื้อ	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
		0	2	4	6
30	90°C 2 นาที	3.98±0.07 ^a	3.97±0.04 ^a	3.93±0.04 ^{ab}	3.90±0.03 ^b
80		3.98±0.05 ^a	3.94±0.03 ^a	3.88±0.04 ^b	3.88±0.03 ^b
30	120°C 30 วินาที	4.21±0.03 ^a	4.19±0.04 ^{ab}	4.17±0.02 ^{bc}	4.14±0.03 ^c
80		4.25±0.03 ^a	4.21±0.03 ^b	4.17±0.04 ^c	4.01±0.02 ^d

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองทุกตัวอย่าง มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เมื่อพิจารณาผลของสภาวะการตีปั่น พบว่าไม่ว่าสภาวะการฆ่าเชื้อที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที หรือที่สภาวะสเตอริไลส์ ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที การตีปั่นถั่วในน้ำเย็นที่ 30 องศาเซลเซียส หรือน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน คือค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

เมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสถึงผลของอุณหภูมิของน้ำในการตีปั่น และผลการวิเคราะห์ความคงตัวของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าถึงแม้จะใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) จะทำให้ปริมาณของแข็งที่สกัดได้สูงขึ้น แต่การที่ลักษณะปรากฏและค่าความหนืดไม่แตกต่างกัน ทำให้ผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่าง ยอมรับในน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 2 ตัวอย่างไม่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่ตีปั่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูง และอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มการลดลงในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้ผู้ผลิตสามารถทำงานได้ง่ายจึงเห็นสมควรเลือกใช้สภาวะการตีปั่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ในการศึกษาในหัวข้อต่อไป อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อผลิตเต้าหู้ อาจต้องศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต่อค่าความแข็งแรงของเจลก่อนการตัดสินใจ

4.3 ผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะเนื้อสัมผัสของนํ้านมถั่วเหลือง มีผู้ผลิตนํ้านมถั่วเหลืองหลายรายมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น แป้งชนิดต่างๆ เพื่อให้นํ้านมถั่วเหลืองข้นหนืดขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึกว่ามีความเข้มข้นสูง แต่ผู้บริโภคที่ฉลาดซื้อก็ยังต้องการบริโภคนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่มีต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง โดยศึกษาผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 3 ระดับ คือ 1:6 1:8 และ 1:10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของนํ้านมถั่วเหลืองแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง

อัตราส่วน ถั่วเหลือง:น้ำ	พีเอช ^{NS}	ของแข็งที่ ละลายได้ ทั้งหมด (°Brix)	ความหนืด (cp)	สี		
				L	a	b
1:6	7.00±0.02	5.5±0.05 ^a	3.72±0.13 ^a	77.70±0.17 ^a	-2.81±0.12 ^b	4.10±1.10 ^a
1:8	6.99±0.02	4.8±0.29 ^b	3.30±0.23 ^b	76.97±0.46 ^b	-2.90±0.03 ^a	3.43±0.21 ^b
1:10	7.02±0.02	4.1±0.63 ^c	2.84±0.56 ^c	75.19±0.42 ^c	-2.89±0.04 ^a	2.06±0.21 ^c

ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวดังแสดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำลดลงจาก 1:6 ไปเป็น 1:8 หรือ 1:10 จะทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความหนืด ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองของนํ้านมถั่วเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าถ้าอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำลดลงจาก 1:6 ไปเป็น 1:10 ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายในนํ้านมถั่วเหลืองลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนืด คือค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมีค่าลดลง รวมทั้งนํ้านมถั่วเหลืองดูใสขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของนํ้านมถั่วเหลือง เป็นการใช้เครื่องมือในการตรวจวัด (subjective measurement) ไม่สามารถบอกถึงการยอมรับของผู้บริโภคว่าชอบนํ้านมถั่วเหลืองที่มีความข้นอย่างไร การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะทำให้สามารถได้แนวทางในการนำไปใช้ต่อไป

4.3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ระดับต่างๆ*

อัตราส่วน ถั่วเหลือง:นํ้า	คะแนนเฉลี่ยความชอบ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1:6	5.8±1.1 ^a	5.2±1.2 ^a	4.1±1.5 ^{ab}	4.0±1.0 ^b	4.1±1.2 ^b
1:8	5.8±0.8 ^a	5.2±1.3 ^a	5.1±1.8 ^a	5.2±0.6 ^a	5.1±1.7 ^a
1:10	3.8±1.3 ^b	3.7±0.6 ^b	3.3±1.6 ^b	2.1±0.6 ^c	3.5±1.3 ^b

*วิธี 7 point hedonic scale หมายถึง ความชอบจากต่ำสุด (1) ถึงสูงสุด (7)

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าการที่อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าเปลี่ยนไป จาก 1:6 เป็น 1:8 หรือ 1:10 มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้ชิม พบว่าคะแนนความชอบของนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ 1:10 มีค่าน้อยกว่าอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะลักษณะด้านเนื้อสัมผัส จะเห็นว่ามีความอยู่ในช่วงไม่ชอบปานกลาง อาจเกิดจากนํ้านมมีลักษณะใสมากเกินไป ในขณะที่คะแนนความชอบของนํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าเท่ากับ 1:8 มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนอื่น โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ที่เป็นเช่นนี้ทำให้สรุปได้ว่า ที่อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าที่ 1:8 เป็นระดับที่ให้ลักษณะของนํ้านมถั่วเหลืองที่ผู้ชิมยอมรับมากกว่าที่อัตราส่วนอื่น อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ชัดเจนควรทำการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมแบบ consumer test โดยใช้ผู้ชิมจำนวนมากกว่านี้

4.4 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนํ้านมถั่วเหลือง

การศึกษาการเพิ่มความข้นหนืดให้กับนํ้านมถั่วเหลือง สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนํ้านมถั่วเหลือง เพื่อเป็นอาหารเพื่อสุขภาพในรูปแบบอื่น เช่น ใช้แทนกะทิ ใช้ผลิตนมถั่วเหลืองข้นหวาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มความความข้นหนืดของนํ้านมถั่วเหลือง โดยเพิ่มปริมาณอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้ามีข้อจำกัด นอกจากราคาสูง ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะสูญเสียมากขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อนํ้าสูงขึ้น (น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, 2540) ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงศึกษาการเพิ่มความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความข้นหนืดที่นิยมในเครื่องดื่ม คือ กวักัม แชนแทนกัม โลคอสปีนกัม คาราจีแนน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นํ้านมถั่วเหลืองที่เตรียมได้นำไปให้เเอกสารนี้เป็นการให้ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการวิจัยในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ตรวจสอบความหนืดทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน เพื่อเลือกสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการเพิ่มความข้นหนืดให้น้ำนมถั่วเหลือง ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

สารไฮโดรคอลลอยด์	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
ไม่เติมสาร	3.79±0.03	3.77±0.04	3.74±0.01	3.73±0.01
กัวกัม	4.69±0.03	4.31±0.02	4.26±0.02	4.18±0.03
แซนแทนกัม	9.10±0.02	8.39±0.04	8.24±0.02	8.09±0.02
โลคอสปีนกัม	5.68±0.02	5.61±0.02	-*	-*
คาราจีแนน	5.43±0.02	-*	-*	-*
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	5.87±0.02	-*	-*	-*

* เกิดการแยกชั้น

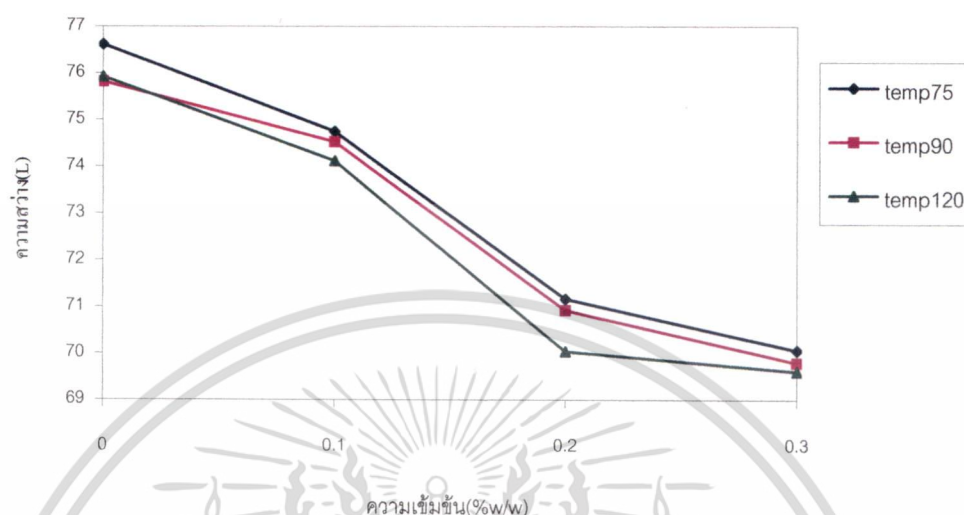
จากตารางที่ 4.8 พบว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการเพิ่มความข้นหนืดให้กับน้ำนมถั่วเหลือง คือกัวกัมและแซนแทนกัม เนื่องจากสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำนมถั่วเหลือง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน น้ำนมถั่วเหลืองไม่เกิดการแยกชั้น ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงศึกษาการเพิ่มความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ กัวกัมและแซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รวมทั้งศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต่อความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง โดยอุณหภูมิที่ใช้การศึกษา คือ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์และ สเตอริไลส์ของน้ำนมถั่วเหลือง

4.4.1 ผลของสารกัวกัมต่อค่าสีของน้ำนมถั่วเหลือง

ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณกัวกัมต่อค่าสีของน้ำนมถั่วเหลือง แสดงดังภาพที่ 4.1 จากการวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียล พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลร่วมกับปริมาณกัวกัมต่อค่าความสว่างของน้ำนมถั่วเหลือง โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ เช่น ที่ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที ทำให้ค่าความสว่างลดลง จะเห็นว่าสีของน้ำนมเข้มข้น ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Kwok *et al.*, 1999) นอกจากนี้ถ้าปริมาณของกัวกัมที่ใช้เพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.3เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ค่าความสว่างของน้ำมันถั่วเหลืองลดลง เป็นผลมาจากสีของถั่วกัมและลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองที่ดูขุ่นขึ้น ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป



หมายเหตุ temp75 คือให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที

temp90 คือให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 2 นาที

temp120 คือให้ความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที

ภาพที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณถั่วกัมต่อค่าความสว่างของน้ำมันถั่วเหลือง

4.4.2 ผลของสารถั่วกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณถั่วกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณถั่วกัมต่อค่าความหนืด (เซนติพอยส์) ของน้ำมันถั่วเหลือง

สภาวะการฆ่าเชื้อ	ระดับความเข้มข้น (%w/w)			
	0	0.1	0.2	0.3
75 องศาเซลเซียส 15 วินาที	3.71±0.16 ^{Aa}	4.58±0.32 ^{Ab}	7.46±0.41 ^{Ac}	10.75±0.40 ^{Ad}
90 องศาเซลเซียส 2 นาที	3.68±0.11 ^{Ba}	4.69±0.14 ^{Bb}	7.77±0.52 ^{Bc}	12.07±0.29 ^{Bd}
120 องศาเซลเซียส 30 วินาที	3.64±0.06 ^{Ca}	5.59±0.16 ^{Cb}	7.96±0.04 ^{Cc}	12.77±0.10 ^{Cd}

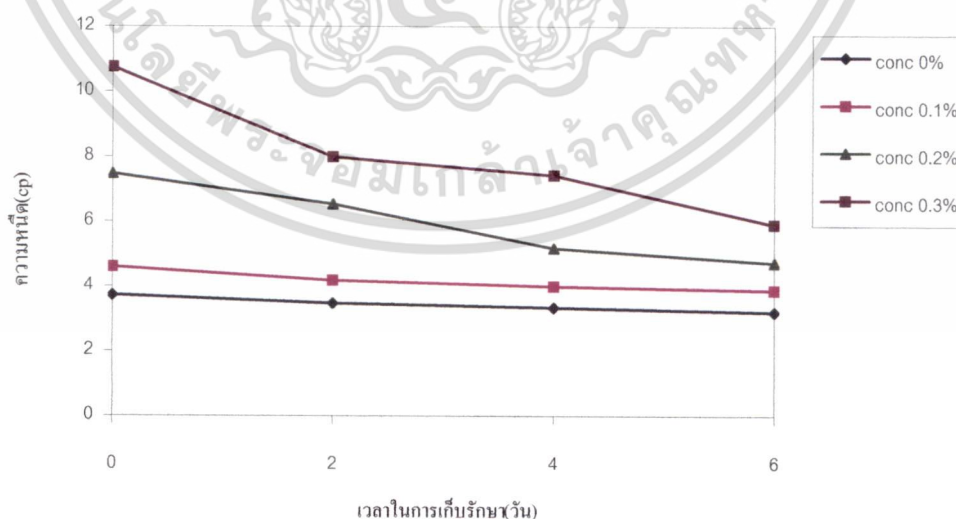
^{A-C} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-D} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จากการวิเคราะห์แบบแฟลททอเรียล พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลร่วมกับปริมาณกัวกัมต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง โดยเมื่อความเข้มข้นของกัวกัมเพิ่มจาก 0 ไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพิ่มจาก 75 ไปเป็น 120 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Casas และคณะ (2000a) ที่ศึกษาความหนืดของสารละลายกัวกัมที่ระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิต่างๆ พบว่าความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกัวกัมและอุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนความสามารถในการละลายขององค์ประกอบในกัวกัมเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการเกี่ยวพันกันมากขึ้น หรือความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียของน้ำรอบๆ โมเลกุล จึงเกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลมากขึ้น มีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อใช้กัวกัม 0.3 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที จะมีค่าสูงกว่าน้ำนมถั่วเหลืองควบคุมที่ไม่มีการเติมกัวกัมถึง 250 เปอร์เซ็นต์

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกัวกัม

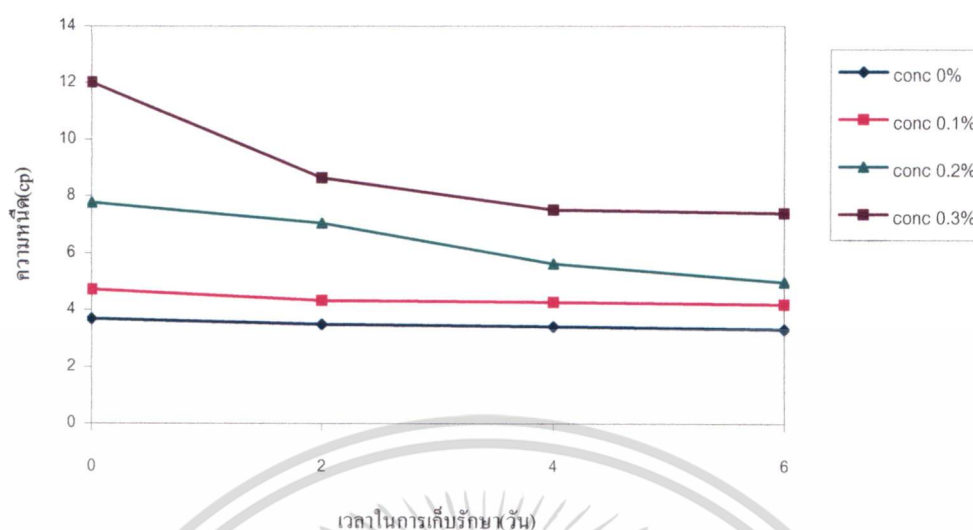
ความคงตัวของกัวกัมในการเป็นสารให้ความข้นหนืดในน้ำนมถั่วเหลือง ทดสอบโดยนำน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกัวกัมที่ระดับต่างๆ มาทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน และทำการตรวจสอบค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน (ตารางที่ 10 ภาคผนวก ง) ภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมกัวกัมและอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ตามลำดับ



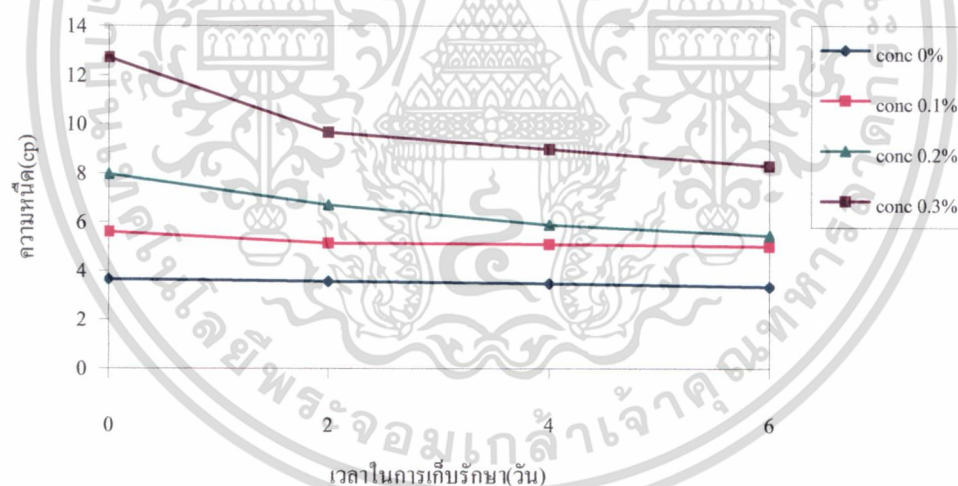
ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกัวกัมที่ระดับความเข้มข้น

ต่างๆและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกัวกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 2 นาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน.

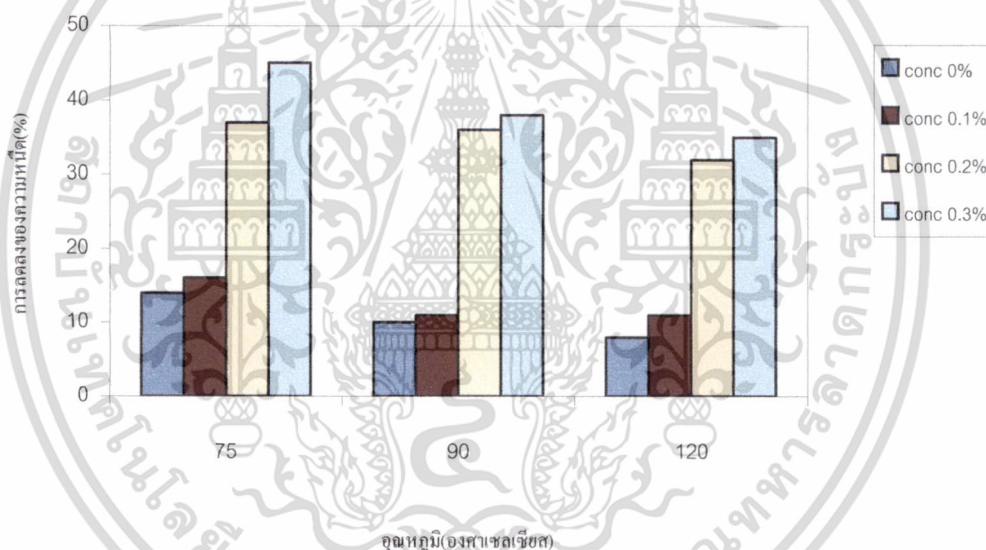


ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมกัวกัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน

จากภาพที่ 4.2 4.3 และ 4.4 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกัวกัมที่ใช้เพิ่มเป็น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะในช่วง 4 วันแรก ในขณะที่น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้กัวกัมความเข้มข้นต่ำเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นต่ำ ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเช่นเดียวกับน้ำมันถั่วเหลืองสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมกัวกัม การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของกัวกัม สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากการถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) เป็น โมโนเมอร์เมื่อให้ความร้อน (Koksoy and Kilic, 2004) หรือ ความร้อนทำให้การปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกาแลคโตแมนแนนกับกาแลคโตแมนแนนน้อยลง (Wang *et al.*, 2000) หรือ ขนาดอนุภาคของกัวกัมมีขนาดเล็กลงเมื่อได้รับความร้อน เกิดเป็นร่างแหที่ไม่แข็งแรง ทำให้ความคงตัวของความหนืดลดลง (Kroger *et al.*, 1993)

เมื่อพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิต่อค่าความคงตัวของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน โดยการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเทียบกับค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษากับอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมกัวกัมเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน

จากภาพที่ 4.5 การลดลงของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกัวกัมที่ใช้ ไม่ว่าอุณหภูมิที่ใช้น้ำเชื้อจะเป็น 75 90 หรือ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที 2 นาที และ 30 วินาที ตามลำดับ พบว่า ถ้าความเข้มข้นของกัวกัมสูงขึ้นเป็น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน จะลดลงมากกว่าเมื่อใช้กัวกัมที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ การที่ผลการทดลองของอุณหภูมิในช่วง 75 ถึง 120 องศาเซลเซียสให้ผลในทิศทางเดียวกัน สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากการไฮโดรไลซ์เป็น โมโนเมอร์ของกัวกัมเกิดขึ้นในอัตรา

เท่ากัน เป็นเอกสารที่ส่งไว้สำหรับให้โรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นว่าเว็บไซต์นี้มีการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ขนาดโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางเดียวกัน ดังนั้นในการใช้กั๊กัมเป็นสารให้ความชื้นในน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:8 จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณที่ใช้กับระยะเวลาในการเก็บ เนื่องจากกั๊กัมเมื่อได้รับความร้อน โพลีเมอร์บางส่วนถูกไฮโดรไลซ์ลดขนาดลง เมื่อทิ้งไว้ทำให้การปฏิสัมพันธ์ของกาแลกโตแมนแนนลดลง ความหนืดจึงลดลง (Wang *et al.*, 2000)

4.4.4 ผลของสารแทนกัมต่อค่าสีของน้ำมันถั่วเหลือง

ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณสารแทนกัมต่อค่าสีของน้ำมันถั่วเหลือง แสดงดังภาพที่ 4.6 เช่นเดียวกับผลของกั๊กัม (4.4.1) จากการวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียลพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลร่วมกับปริมาณสารแทนกัมต่อค่าความสว่างของน้ำมันถั่วเหลืองโดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ทำให้ค่าความสว่างลดลง สีน้ำมันเข้มขึ้น เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และถ้าปริมาณของสารแทนกัมเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความสว่างของน้ำมันถั่วเหลืองลดลง อธิบายได้เช่นเดียวกับกั๊กัม



หมายเหตุ temp75 คือให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที

temp90 คือให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 2 นาที

temp120 คือให้ความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที

ภาพที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณสารแทนกัมต่อค่าความสว่างของน้ำมันถั่วเหลือง

4.4.5 ผลของสารแทนแทนกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.10 ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณสารแทนแทนกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

สภาวะการฆ่าเชื้อ	ระดับความเข้มข้น (%w/w)			
	0	0.1	0.2	0.3
75 องศาเซลเซียส 15 วินาที	3.93±0.04 ^{Aa}	8.76±0.21 ^{Ab}	14.42±0.23 ^{Ac}	22.58±0.55 ^{Ad}
90 องศาเซลเซียส 2 นาที	4.03±0.11 ^{Ba}	9.10±0.17 ^{Bb}	15.60±0.21 ^{Bc}	24.88±0.45 ^{Bd}
120 องศาเซลเซียส 30 วินาที	3.74±0.06 ^{Ca}	9.27±0.16 ^{Cb}	17.30±0.20 ^{Cc}	23.84±0.58 ^{Cd}

^{A-C} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{a-d} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและปริมาณสารแทนแทนกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง แสดงในตารางที่ 4.10 จากการวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียล พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมีอิทธิพลร่วมกับปริมาณสารแทนแทนกัมต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง เช่นเดียวกับตัวกัม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารแทนแทนกัมเพิ่มจาก 0 ไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพิ่มจาก 75 ไปเป็น 120 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองสูงขึ้น โดยค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อใช้สารแทนแทนกัม 0.3 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที จะมีค่าสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองสูตรควบคุมที่ไม่เติมสารแทนแทนกัมถึง 500 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Speers และ Tung (1986) ที่ศึกษาผลของความเข้มข้นที่ 0.05 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ต่อพฤติกรรมการไหลของสารละลายสารแทนแทนกัม พบว่า ความหนืดของสารละลายสารแทนแทนกัมจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และยังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิในการละลายของสารแทนแทนกัม คือ การละลายสารแทนแทนกัมที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส จะให้ความหนืดที่น้อยเพราะสารแทนแทนกัมจะมีโครงสร้างแบบเป็นระเบียบ (ordered structure) แต่ถ้าละลายที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส สารแทนแทนกัมจะมีความหนืดมากขึ้นเพราะจะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นแบบไม่เป็นระเบียบ (disordered structure) (Casas and Garcia-Ochoa, 1999)

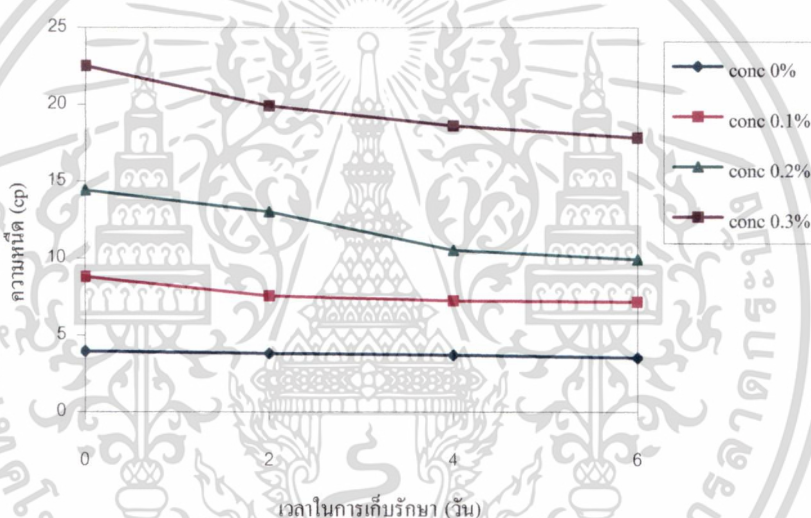
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารแทนแทนกัมและตัวกัม พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้สารแทนแทนกัมจะมีความหนืดสูงกว่า การที่เป็นเช่นนี้เพราะ โครงสร้างของสารแทนแทนกัมมีกรดไขมันสูง ทำให้โครงสร้างแข็งแรงเกิดการจัดเรียงตัวได้แน่นหนา (Nussionvitch, 1997) Mali และคณะ (2003) ได้ศึกษาผลของตัวกัมและสารแทนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

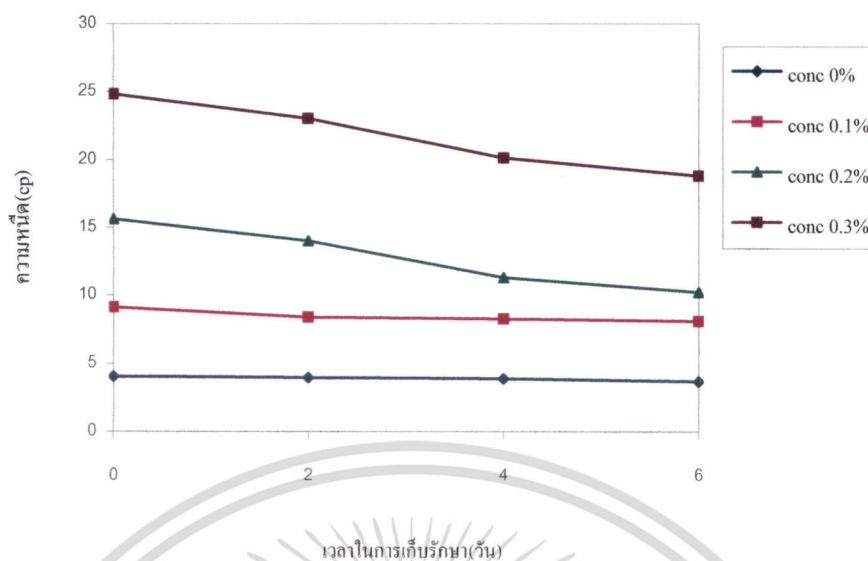
แป้งเปียกและทำการเก็บรักษาในตู้เย็น พบว่าการเติมแซนแทนกัมจะมีประสิทธิภาพเพิ่มความคงตัวของแป้งเปียกได้ดีกว่ากัวกัม

4.4.6 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัม

การทดสอบความคงตัวของแซนแทนกัมในการเป็นสารให้ความข้นหนืดในนํ้านมถั่วเหลือง ทำเช่นเดียวกับกัวกัม การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลือง จะตรวจสอบทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 7 วัน (ตารางที่ 11 ภาคผนวก ง) ภาพที่ 4.7 ภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองเมื่อเติมแซนแทนกัม และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที 90 องศาเซลเซียส 2 นาที และ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นต่างๆ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนแทนกัมที่ความเข้มข้นต่างๆให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 2 นาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน



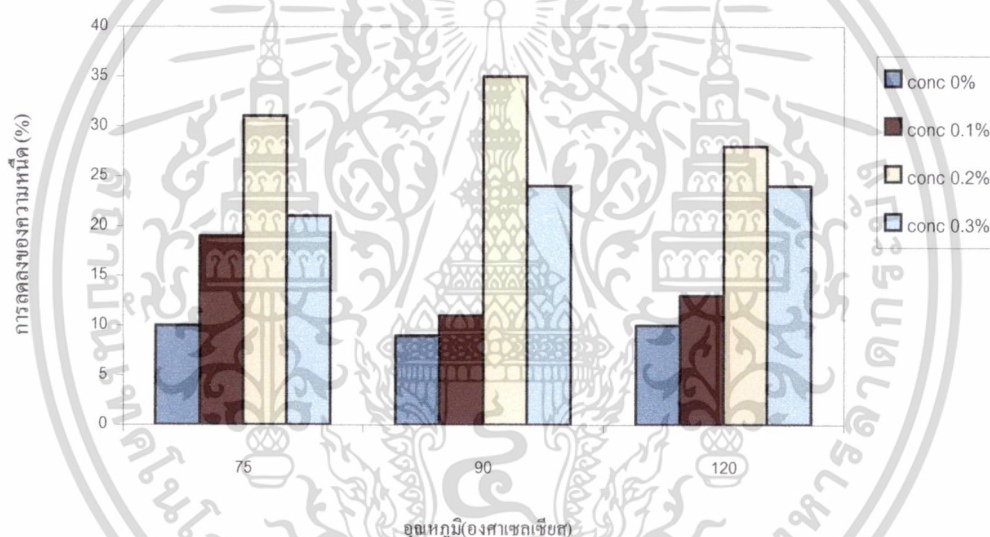
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนแทนกัมที่ความเข้มข้นต่างๆให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที โดยเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน

จากภาพที่ 4.7 4.8 และ 4.9 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแซนแทนแทนกัมที่ใช้เพิ่มเป็น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน จะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในช่วง 4 วันแรก เช่นเดียวกับกัวกัม ตัวอย่างเช่น น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส 30 วินาที เมื่อเติมแซนแทนแทนกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์มีค่าความชื้นเท่ากับ 9.27 เซนติพอยต์ เมื่อเก็บไว้ 7 วัน ค่าความชื้นลดลงเป็น 8.08 เซนติพอยต์ คิดเป็น 13.1 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การลดลง ในขณะที่เมื่อเติมแซนแทนกัม 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนืดเท่ากับ 17.3 เซนติพอยส์ เมื่อเก็บไว้ 7 วัน ค่าความหนืดลดลงเป็น 12.4 เซนติพอยส์ คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์การลดลง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของแซนแทนกัมหลังเก็บรักษาไว้ 7 วัน สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำนมถั่วเหลือง ทำให้แซนแทนกัมแตกตัวเป็น โมโนเมอร์ที่มีขนาดเล็กลง การจับกันเป็นร่างแหที่ไม่แข็งแรง ทำให้เมื่อเก็บไว้เกิดการคลายตัวความหนืดจึงลดลง

เมื่อพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน โดยการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อเทียบค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองในวันเริ่มต้นที่เก็บกับอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน

จากภาพที่ 4.10 การลดลงของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ใช้ ไม่ว่าอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อจะเป็น 75 90 หรือ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที 2 นาที และ 30 วินาที ตามลำดับ พบว่าถ้าความเข้มข้นของแซนแทนกัมสูงขึ้นเป็น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน จะลดลงมากกว่าแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกัม พบว่า เมื่อความเข้มข้นของกัมสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ 0.3 เปอร์เซ็นต์ การใช้แซนแทนกัมจะให้ความคงตัวที่ดีกว่า จะเห็นว่าการใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองน้อยกว่าการใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนของแซนแทนกัมแล้ว การใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ อาจไม่คุ้มค่า เพราะต้นทุนของแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะสูงกว่าการใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนของแซนแทนกัมแล้ว การใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ อาจไม่คุ้มค่า เพราะต้นทุนของแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะสูงกว่าการใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์

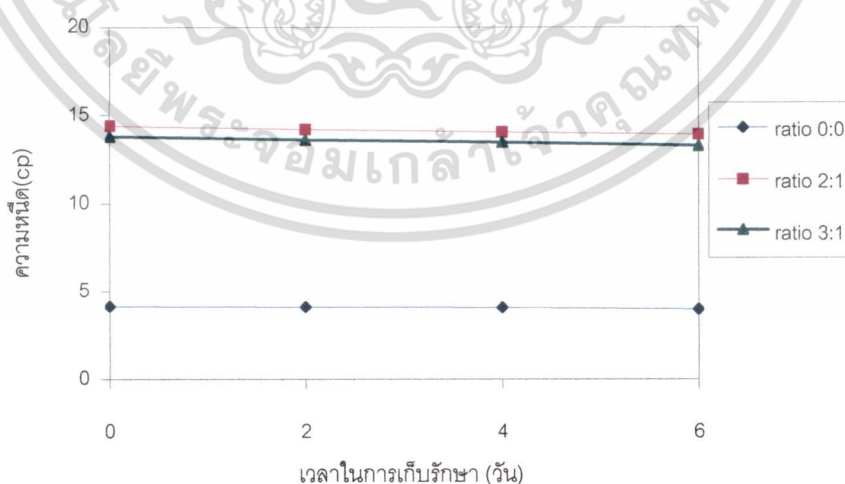
4.5.2 ผลของความเข้มข้นของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวกัมที่มีต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง

สารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่อัตราส่วน 2 : 1 และ 3:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ถูกเติมลงในน้ำมันถั่วเหลืองก่อนนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารผสมของกัมเพิ่มขึ้นจาก 0.1 ไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองสูงขึ้นมาก ดังตารางที่ 4.12 โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 2:1 ให้ค่าความหนืดเท่ากับ 14.38 เซ็นติพอยส์ ซึ่งเป็นค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกับน้ำกะทิ โดยน้ำกะทิมีค่าความหนืดเท่ากับ 8-10 เซ็นติพอยส์

ตารางที่ 4.12 ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	อัตราส่วน (แซนแทนกัม:กัวกัม)	
	2:1	3:1
0	4.14±0.01	4.14±0.01
0.1	7.93±0.07	7.55±0.02
0.3	14.38±0.10	13.79±0.01

การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วเหลืองเมื่อเก็บไว้ 7 วัน ไม่ว่าจะใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 75 90 หรือ 120 องศาเซลเซียส มีค่าสูงอยู่ระหว่าง 35-45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น สภาพการเตรียมเดียวกัน เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความหนืดอยู่ในช่วง 20-24 เปอร์เซ็นต์ การที่แซนแทนกัมมีค่าความคงตัวมากกว่าถั่วกัม เป็นเพราะโครงสร้างของแซนแทนกัมที่มีปริมาณของกรดไพรวาทสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โครงสร้างของแซนแทนกัมแข็งแรงทนต่อการไฮโดรไลซ์ด้วยความร้อน (Nussinovitch, 1997)

จากการทดลองเมื่อใช้แซนแทนกัมและถั่วกัม เพื่อเพิ่มความข้นหนืดให้กับน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1:8 พบว่าสารให้ความข้นหนืดทั้งสองชนิดสามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อใช้ความเข้มข้น 0 ถึง 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้ไม่มีการแยกชั้น โดยที่แซนแทนกัมสามารถให้ค่าความหนืดที่สูงกว่าถั่วกัมที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน อย่างไรก็ตาม น้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากสารให้ความข้นหนืดทั้งสองชนิด เมื่อไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียสและเก็บรักษาไว้จะสูญเสียความคงตัว โดยค่าความหนืดจะลดลงอย่างมากในช่วง 4 วันแรก

การปรับปรุงความคงตัวของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อมีการเติมกัมทั้งสองชนิด อาจทำได้โดยใช้กัมมากกว่าหนึ่งชนิดร่วมกัน เพื่อให้มีฤทธิ์ส่งเสริมกัน (synergism) (Casas *et al.*, 2000a; Koksoy and Kilic, 2004) หรืออาจต้องมีการใช้อิออนของเกลือต่างๆ เข้ามาปรับปรุงการเกิดร่างแห (network) ของสารไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้ (Lundin and Hermansson, 1997; Nussinovitch, 1997; Casas *et al.*, 2000a)

4.5 ผลของสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและถั่วกัมต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง

4.5.1 ผลของความคงตัวของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อถั่วกัมที่ระดับต่างๆ

Nussinovitch (1997) พบว่า การผสมกันระหว่างแซนแทนกัมและถั่วกัม ช่วยทำให้การทำงานร่วมกันในการเป็นสารให้ความข้นหนืดดีขึ้น (synergism) เพื่อเป็นการปรับปรุงความคงตัวของความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง จึงศึกษาการผสมกันระหว่างแซนแทนกัมและถั่วกัม ที่อัตราส่วนต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ตรวจสอบค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองทุกๆ 2 วัน เพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่อัตราส่วนต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์

อัตราส่วน (แซนแทนกัม:กัวกัม)	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
0:0	3.88±0.05 ^a	3.85±0.01 ^a	3.84±0.02 ^{ab}	3.81±0.02 ^b
1:1	6.23±0.03 ^a	6.18±0.03 ^b	6.17±0.01 ^b	6.14±0.01 ^c
1:2	6.25±0.04 ^a	3.20±0.05 ^b	6.19±0.03 ^{bc}	6.16±0.02 ^c
1:3	5.86±0.03 ^a	5.83±0.02 ^b	5.75±0.03 ^b	5.74±0.02 ^c
1:5	5.65±0.02 ^a	5.63±0.03 ^a	5.52±0.01 ^b	5.50±0.01 ^c
2:1	7.93±0.07 ^a	7.92±0.03 ^{ab}	7.88±0.03 ^{bc}	7.85±0.02 ^c
3:1	7.55±0.02 ^a	7.52±0.02 ^b	7.49±0.01 ^c	7.47±0.01 ^c
5:1	7.50±0.01 ^a	7.46±0.02 ^b	7.44±0.01 ^c	7.42±0.02 ^d

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าอัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่มีอัตราของแซนแทนกัมมากกว่ากัวกัมจะให้ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองสูงกว่าเมื่อเทียบกับการเพิ่มอัตราส่วนของกัวกัม และเมื่อพิจารณาถึงความหนืดและความคงตัวของความหนืด พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แซนแทนกัมหรือกัวกัมเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 4.9 และ 4.10) การใช้แซนแทนกัมร่วมกับกัวกัมช่วยให้ค่าความคงตัวของความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองดีขึ้นมาก เช่น ที่ความเข้มข้นของกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน การใช้แซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ 2:1 ในวันแรกน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าความหนืดเท่ากับ 7.93 เซ็นติพอยส์ เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน มีค่าความหนืดเท่ากับ 7.85 เซ็นติพอยส์ หรือลดลงเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวันแรก ในขณะที่การใช้กัวกัมเพียงอย่างเดียวค่าความหนืดลดลง 11 เปอร์เซ็นต์ และการใช้แซนแทนกัมเพียงอย่างเดียวค่าความหนืดลดลง 12 เปอร์เซ็นต์ Casas และคณะ (2000a) พบว่าการใช้แซนแทนกัมและกัวกัมร่วมกัน จะทำให้ความหนืดมีความคงตัวมากขึ้น เนื่องจากแขนงข้างของแซนแทนกัมจะเกิดปฏิสัมพันธ์กับสายของกัวกัมซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของกาแลคโตแมนแนน ทำให้การเกาะเกี่ยวกันเป็นร่างแหมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทนต่อการถูกไฮโดรไลสด้วยความร้อน

เมื่อพิจารณาถึงผลของอัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ระดับต่างๆ พบว่าที่อัตราส่วนของแซนแทนกัมต่อกัวกัม ที่ 2:1 และ 3:1 ให้ค่าความหนืดสูงที่สุด และมีแนวโน้มการลดลงของความหนืดเพียงเล็กน้อยเช่นเดียวกับน้ำมันถั่วเหลืองสูตรควบคุม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน จึงเลือกอัตราส่วนที่ 2:1 และ 3:1 ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.11 พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่อัตราส่วน 2:1 และ 3:1 ไม่มีการแยกชั้นเมื่อเก็บรักษาและมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดเพียงเล็กน้อยเช่นเดียวกับน้ำนมถั่วเหลืองสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมแซนแทนกัมและกัวกัม เนื่องจากการผสมกันระหว่างสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดทำให้เกิดการส่งเสริมกัน โดยแขนงข้างของแซนแทนกัมจะเกิดการ ปฏิสัมพันธ์กับสายกาแลคโตแมนแนน ทำให้เกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรง (Cacas *et al.*, 2000a)

4.6 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่

เติมแซนแทนกัมผสมกัวกัม

การเพิ่มความข้นหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองโดยวิธีการเพิ่มความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์มีข้อจำกัด คือถ้าความเข้มข้นของกัมที่ใช้ทดลองมีค่ามากกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำนมถั่วเหลือง ดังนั้นจึงทดลองเพิ่มความข้นหนืดของน้ำนมโดยการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนม โดยการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำไปเป็นที่ 1:4 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้ (น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, 2540) พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:4 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คือ 7.5 ปริกซ์ ในขณะที่น้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:8 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คือ 4.8 ปริกซ์ นำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:4 มาเติมสารแซนแทนต่อกัวกัมที่อัตราส่วน 2:1 และ 3:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 15.11 และ 15.03 เซนติพอยส์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:8 ไปเป็น 1:4 จะเห็นว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ และ 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:4 เมื่อเติมสารผสมระหว่างแซนแทนต่อกัวกัมที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์

อัตราส่วน (แซนแทนกัม : กัวกัม)	เวลาในการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
0:0	5.54±0.01 ^a	5.53±0.01 ^a	5.51±0.01 ^b	5.49±0.01 ^c
2:1	15.11±0.09 ^a	14.82±0.20 ^b	14.77±0.20 ^b	14.58±0.20 ^c
3:1	15.03±0.05 ^a	14.87±0.10 ^b	14.57±0.09 ^c	14.43±0.10 ^d

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:4 เมื่อเติมสารผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวกัม ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองไม่มีการแยกชั้นเมื่อเก็บรักษาและผลการทดลองสอดคล้องกับการใช้น้ำมันถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่ำ (ภาพที่ 4.11) ค่าความหนืดมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความหนืด โดยเฉพาะค่าความสว่างมีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ พบว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

2. เมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1:8 การตีปั่นถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าการตีปั่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ค่าความสว่างลดลง เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ พบว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 2 ตัวอย่างไม่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองทุกตัวอย่างมีแนวโน้มการลดลงในทิศทางเดียวกัน

3. ผลของอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:6 1:8 และ 1:10 พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความหนืด ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองลดลง เมื่ออัตราส่วนที่ใช้ลดลง การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนน (7-point hedonic scale) พบว่าที่อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:10 จะมีคะแนนเฉลี่ยค่าสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมน้อยกว่าที่อัตราส่วนอื่น อัตราส่วนน้ำมันถั่วเหลืองที่ผู้ชิมชอบมากที่สุดคือ 1:8

4. ผลของกัมมิตต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อและความเข้มข้นของกัมมิตมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความหนืด เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นจาก 75 ไปเป็น 120 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของกัมมิตเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ความหนืดจะมีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมกัมมิตเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองจะลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

5. ผลของแซนแทนกัมมิตต่อค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อและความเข้มข้นของแซนแทนกัมมิตมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความหนืด เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นจาก 75 ไปเป็น 120 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของแซนแทนกัมมิตเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปเป็น 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ความหนืดจะมีค่าสูงขึ้น ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน แชนแทนกัมให้ค่าความหนืดสูงกว่ากัวกัม อย่างไรก็ตาม น้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแชนแทนกัมเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองจะลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

6. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแชนแทนกัมต่อกัวกัม ที่ 1:1 1:2 1:3 1:5 2:1 3:1 และ 5:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 2:1 และ 3:1 เนื่องจากให้ค่าความหนืดที่สูงที่สุด และค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และที่อัตราส่วนนี้ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารผสมไปเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 14.38 และ 13.79 เซ็นติพอยส์ ตามลำดับ โดยที่น้ำนมถั่วเหลืองยังคงมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน

7. เมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1:8 ไปเป็น 1:4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น 56 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมสารผสมระหว่างแชนแทนกัมต่อกัวกัมที่อัตราส่วน 2:1 และ 3:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 14.38 และ 13.79 ไปเป็น 15.11 และ 15.03 เซ็นติพอยส์ ตามลำดับ และน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษารวมทั้งความหนืดยังมีความคงตัว

เอกสารอ้างอิง

- กุลทติยา ครุฑทะ. 2544. “การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนํ้านมถั่วเหลือง นํ้านมข้าวกล้องและรำข้าว.”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- กุลวดี ครอบพาณิชย์ และคณะ. 2532. “อิทธิพลของสารเจือปนในอาหารและคุณลักษณะของถั่ว
เหลืองที่มีต่อปริมาณโปรตีนและคุณลักษณะของนํ้านมถั่วเหลืองเข้มข้น.” อาหาร. 19(1): 8-24.
- คัคณางค์ ทองสุก. 2542. “ถั่วเหลืองอาหารสุขภาพ.” อาหาร. 29(3): 212-213.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. “เต้าหู้หลอด.” อาหาร. 15(4): 224-244.
- นิริยา รัตนปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2540. “การศึกษาปัจจัยที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่ว
เหลือง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป และบุพร พิชฌมูตร. 2544. “ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเจลเต้าหู้หลอด : ตอน
ที่ I พันธุ์ถั่ว การแช่ถั่ว และอุณหภูมิการเกิดเจล.” วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 9: 18-24.
- ปรียาพร เขียวขำ. 2544. “การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของนํ้านมถั่วเหลืองเสริม
แคลเซียม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- พิชัย สราญรัมย์. 2528. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง. 478 น.
- เพลินใจ ตังคณะกุล. 2545. “ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้.” อาหาร. 32(2): 92-99.
- เพลินใจ ตังคณะกุล. 2546. “ยอมรับถั่วเหลืองเป็นส่วนหนึ่งในอาหารประจำวันของเรา.” อาหาร.
33(1): 11-14.
- ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2535. เครื่องดื่ม. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
กรุงเทพมหานคร.
- มัทธนา ร่วมรักษ์ และคณะ. 2529. “ผลของวิธีการผลิตต่อคุณภาพของนํ้านมถั่วเหลือง.” อาหาร.
16(2): 59-71.
- ลินจง สุขลำภู. 2538. “การกำจัดกลิ่นในนํ้านมถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต.” วารสารเกษตร
พระจอมเกล้า. 13(2): 51-57.
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์กิจ กาวิตะ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์
โอเอสพรีนติ้งเฮาส์. 187 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วุฒิชัย นาครักษา. 2536. เอกสารคำสอนวิชาการโภชไฮเดรตในอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
กรุงเทพมหานคร.

สมชาย ประภาวดี. 2532. “คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง.” อาหาร.
19(2): 174-179.

สมชาย ประภาวดี และคณะ. 2521. “การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันถั่วเหลืองโดยการ
เติมส่วนที่สกัดจากงา.” อาหาร. 10(2): 141-157.

สุริย์ นานาสมบัติ. 2539. เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยา
ศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย. 2533. อาหารเสริมสุขภาพ. ธนาคารกสิกร
ไทย. กรุงเทพมหานคร.

สันติธรรม โชติประทุม. 2546. “การศึกษาการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ระหว่างผงเต้าและเนื้อหมูบด.”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

สันติ ทิพย์วงศ์. 2525. “การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองยูเอชทีให้มีความคงตัวด้วยการจีเนน.” อาหาร.
22(2): 53-55.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลือง. มอก. 1018-2533.

อรพิน เกิดชูชื่น และคณะ. 2545. “การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากรั้วพืช.” อาหาร. 32(3): 200-
212.

Barampama, Z. and Simard, R.E. 1994. “Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein
digestibility of dry beans as affected by processing.” *J. Food Sci.* 59: 833-838.

Bayram, M., Kaya, A. and Oner, M.D. 2004a. “Changes in properties of soaking water during
production of soy-bulgur.” *J. Food Eng.* 61: 221-230.

Bayram, M., Oner, M.D. and Kaya, A. 2004b. “Influence of soaking on the dimensions and colour
of soybean for bulgur production.” *J. Food Eng.* 61: 331-339.

Borse, B.B., Jagan Mohan Rao, L., Nagalakshmi, S. and Krishnamurthy, N. 2002. “Fingerprint of
black teas from India: identification of the regio-specific characteristics.” *Food Chem.*
79: 419-424.

Casas, J.A. and Garcia-Ochoa, F. 1999. “Viscosity of solutions of xanthan/locust bean gum
mixtures.” *J. Sci. Food Agric.* 79: 25-31.

Casas, J.A., Mohedano, A.F. and Garcia-Ochoa, F. 2000a. “Viscosity of guar gum and
xanthan/guar gum mixture solutions.” *J. Sci. Food Agric.* 80: 1722-1727.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Casas, J.A., Santos, V.E. and Garcia-Ochoa, F. 2000b. "Xanthan gum production under several operational conditions: molecular structure and rheological properties." **Enz. Microb. Technol.** 26: 282-291.
- Cheryan, M., Mccune, T.D., Nelson, A.I. and Ferrier, L.K. 1979. "preparation and properties of soy fortified cereal weaning food." **Cereal Chem.** 56: 548-551.
- Deshpande, S.D. 2001. "Effect of soaking time and temperature on textural properties of soybean." **J. Tex. Studies.** 32:343-347.
- Deshpande, S.S., Cornforth, D., Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. 1982. "Effects of dehulling on function properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours." **Cereal Chem.** 59: 396-401.
- Elfak, A.M., Pass, G., Phillips, G.O. and Morley, R.G. 1997. "The viscosity of dilute solutions of guar gum and locust bean gum with and without added sugars." **J. Sci. Food Agric.** 28: 895-899.
- Gonovese, D.B. and Lozano, J.E. 2001. "The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices." **Food Hydrocoll.** 14: 129-134.
- Hus, K.H., Kim, C.J. and Wilson, L.A. 1983. "Factors affecting water uptake of soybeans during soaking." **Cereal Chem.** 60: 208-211.
- Iwuoha, C.I. and Umunnakwe, K.E. 1997. "Chemical, physical and sensory characteristics of soymilk as affected by processing method, temperature and during of storage." **Food Chem.** 59: 373-379.
- Karim, A.A., Sulebele, G.A., Azhar, M.E. and Ping, C.Y. 1999. "Effect of carrageenan on yield and properties of tofu." **Food Chem.** 66:159-165.
- Koksoy, A. and Kilic, M. 2004. "Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yogurt drink, ayran." **Food Hydrocoll.** 18:593-600.
- Kon, S. 1979. "Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans." **J. Food Sci.** 44:1329-1334.
- Kroger, G., Busch-Stockfish, M.B. and Wilheimi, F. 1993. "The thermal stability of guar gums in dependence of granule size." **Lebensm. Unters. Forsch.** 196: 540-546.
- Kwok, K.C., Basker, D. and Niranjana, K. 2000. "Kinetics of sensory quality changes in soymilk during thermal processing, by parametric and non-parametric data analyses." **J. Sci. Food Agric.** 80: 595-600.

- Kwok,K.C. Liang,H.H. and Niranjana,K. 2002. :Optimizing conditions for thermal processes of soy milk." **J. Agric. Food Chem.** 50: 4834-4838.
- Kwok,K.C., MacDougall,D.B. and Niranjana,K. 1999. "Reaction kinetics of heat-induced colour changes in soymilk." **J. Food Eng.** 40: 15-20.
- Kwok,K.C., Qin,W.H. and Tsang,J.C. 1993. :Heat inactivation of trypsin inhibitors in soymilk at Ultra-High Temperatures." **J. Food Sci.** 58: 859-862.
- Lim,B.T., Deman,J.M. Deman,L., Buzzell,R.I. 1990. "Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: calcium sulfate coagulant. **J. Food Sci.** 55: 1088-1101.
- Liu,K. 1997. **Soybean: Chemistry technology and utilization**. New York: Chapman&Hall.
- Liu,Z.S., Chang,S.C., Li,L.t. and Tatsumi,E. 2004. "Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity tofu's physical properties." **Food Res. Intl.** 37: 815-822.
- Lundin,L. and Hermansson,A.M. 1997. "Rheology and microstructure of Ca- and Na-k-carrageenan and locust bean gum gels." **Carbo. Polymer.** 34: 365-375.
- Maiolino,D. 2004. **Functional starches improve mouthfeel in liquid products**. [online]. Available:<http://www.foodinnovation.com/pdfs/mouthfeel.pdf>.
- Mali,S., Ferrero,C., Redigonda,V., Beleia,A.P., Grossmann,M.V. and Zaritzky,N.E. 2003. "Influence of pH and hydrocolloids addition on yam (*Dioscorea alata*) starch pastes stability." **Lebensm-Wiss. U.-Technol.** 36: 475-481.
- Mandala,I.G., Savvas,T.p. and Kostaropoulos,A.E. 2004. "Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce." **J. Food Eng.** 64: 335-342.
- Marcotte,M., Taherian-Hoshahili,A.R. and Ramaswamy,H.S. 2001. "Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature." **Food Res Intl.** 34: 695-703.
- Min,S., Yu,Y. and Martin,S.S. 2005a. "Effect of soybean varieties and growing locations on the physical and chemical properties of soymilk and tofu." **J. Food Sci.** 70: 8-12.
- Min,S., Yu,Y., Yoo,S. and Martin,S.S. 2005b. "Effect of soybean varieties and growing locations on the flavor of soymilk." **J. Food Sci.** 70: 1-7.
- Mizutani,T. and Hashimoto,H. 2004. "Effect of grinding temperature on hydroperoxide and off-flavor contents during soymilk manufacturing process." **J. Food Sci.** 69: 112-116.

- Mullin, W.J. Fregeau-Reid, J.A., Butler, M., Poysa, V., Woodrow, L., Jessop, D.B. and Raymond, D. 2001. "An interlaboratory test of a procedure to assess soybean quality of soymilk and tofu production." **Food Res Intl.** 34: 669-677.
- Neal, A. 2005. **Food additives council.** [online]. Available: <http://www.ams.usda.gov/nop/PublicComments/Sunset/Handling/InternationalFoodAdditivesCouncil.pdf>.
- Nelson, A.I. and Steinb, M.P. 1976. "Illinois process for preparation of soymilk." **J. Food Sci.** 41: 57-61.
- Nussinovitch, A. 1997. **Hydrocolloid applications gum technology in the food and other industries.** London: Chapman & Hall.
- Obaidy, H.M. and Siddhiqui, A.M. 1981. "Properties of broad bean lipoxygenase." **J. Food Sci.** 46: 622-627.
- Oguntunde, A.O. and Akintoye, O.A. 1991. "Measurement and comparison of density, specific heat and viscosity of cow's milk and soymilk." **J. Food Eng.** 13: 221-230.
- Pan, Z. and Tangratanaalee, W. 2003. "Characteristics of soybeans as affected by soaking condition." **Lebensm-Wiss. U-Technol.** 36: 143-151.
- Poonam, A. and Sandhu, K.S. 2004. "Effect of hydrocolloid on the quality of kinnow squash." **J. Food Sci. Tech.** 41: 149-154.
- Poysa, V. and Woodrow, L. 2002. "Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality." **Food Res. Intl.** 35: 337-345.
- 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.
- Roa, M.R. and Choudhury, B. 1976. "Juice processing qualities of tomato." **India J. Agric. Sci.** 46: 597-601.
- Savage, W.D., Wei, S.L., Sutherland, J.W. and Schmidt, S.J. 1995. "Biologically active components inactivation and protein insolubilization during heat processing of soybeans." **J. Food Sci.** 60: 164-168.
- Seyderhelm, I., Boguslawski, S., Michaels, G. and Knorr, D. 1996. "Pressure induced inactivation of selected food enzymes." **J. Food Sci.** 61: 308-310.

- Shen,C.F., Deman,L., Buzzell,R.I. and Deman,J.M. 1991. "Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: glucono-delta-lactone coagulant. **J. Food Sci.** 56: 109-112.
- Silva,C.A., Bates,R.P. and Deng,J.C. 1981. "Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*)." **J. Food Sci.** 46: 1716-1721.
- Speers,R.A. and Tung,M.A. 1986. "Concentration and temperature dependence of flow behavior of xanthan gum dispersions." **J. Food Sci.** 51: 96-103.
- Tang,G.S. Ono,T. and Mikami,M. 1997. "Interaction between protein and lipid in soybean milk at elevated temperature." **J. Agric. Food Chem.** 45: 4601-4605.
- Tedjo,W., Eshtiaqi,M.N. and Knorr,D. 2000. "Impact of supercritical carbon dioxide and high pressure on lipoxygenase and peroxide activity." **J. Food Sci.** 65: 1284-1287.
- Tsukamoto,I., Miyoshi,M. and Hamaguchi,Y. 1983. "Heat inactivation of trypsin inhibitor in kintoki bean (*Phaseolus vulgaris*)." **Cereal Chem.** 60: 194-197.
- Wang,Q., Ellis,P.R. and Ross-Murphy. 2000. "The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions." **Food Hydrocoll.** 14: 129-134.
- Wani,M.A. and Saini,S.P. 1990. "Processing of plums." **J. Food Sci. Tech.** 27: 304-306.
- Wani,M.A. Saini,S.P. and Bains,G.S. 1990. "Physico-chemical changes during preparation of plum juice concentrate." **J. Food Sci. Tech.** 27: 29-32.
- Wilkens,W.F., Mattick,L.R. and Hand,D.B. 1967. "Effect of processing method on oxidative off-flavors of soybean milk." **Food Technol.** 21: 86-89.
- Yanes,M., Duran,L. and Costell,E. 2002. "Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems." **Food Hydrocoll.** 16: 605-611.
- Zuritz,C.A., Munoz puntas,E., Mathey,H.H., Perez,E.H., Gascon,A., Rubio,L.A., Carullo,C.A., Chernikoff,R.E. and Cabeza,m.S. 2005. "Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures. **J. Food Eng.** 71: 143-149.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

วิธีวิเคราะห์

1. กด cal ที่เครื่องจนกระทั่งขึ้น Ct1
2. จุ่ม probe ลงใน pH7 กด Enter รอจนกระทั่ง Ct2 ปรากฏ
3. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
4. จุ่ม probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า slope ในช่วง 56-62 (ค่าติดลบ)
5. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
6. จุ่ม probe ลงในตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลือง กด Enter 2 ครั้งจะปรากฏค่า pH ของตัวอย่าง

หมายเหตุ

- pH buffer ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ในขั้นตอนที่ 2 จะใช้เวลาไม่เกิน 10-15 นาที ถ้าเกินให้ปิดเครื่องและทำการ calibration

ใหม่

- ถ้าไม่ขึ้น Ct2 แต่ขึ้น Et3 ให้ปิดเครื่องและทำการ calibration ใหม่ ถ้ายังไม่ได้ให้เปลี่ยน

pH buffer ที่ใช้



ภาพที่ ก1 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

2. การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR300

วิธีวิเคราะห์

1. ต่อปลั๊กไฟเข้าด้านหลังเครื่องตรงช่อง DC
2. เปิด power ไปที่ ON กดที่ CALIBRATE รอประมาณ 5 วินาทีหน้าจอจะแสดงข้อความ

CAL Ch00 Y....	
X....	Y....

3. วางปลายหัววัดให้แนบกับผิวหน้าของ calibration plate (แผ่นกระเบื้องสีขาว)
4. กดที่ปุ่ม measuring head อย่ายกหัวออกจนกว่าการวัดจะเสร็จสิ้น โดยหน้าจอจะแสดง “END”
5. วางปลายหัววัดให้แนบชิดกับผิวตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่มีแวปเคลือบไว้ และทำการวัด เช่นเดียวกับข้อ 4



ภาพที่ ก2 เครื่องวัดสี Minolta CR300

3. การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

อุปกรณ์

1. ปีเปต
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. ผสมตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองให้เข้ากัน ปีเปตตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองมา 8 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด small sample adapter ควมคุมอุณหภูมิตลอดการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียสด้วย cooling bath
3. ใส่หัววัดเบอร์ SC4-18 และจุ่มหัววัดในตัวอย่าง
4. กด Select SPDL เพื่อเลือกรหัสหัววัด (คือ 18) และกด Select SPDL อีกครั้งเพื่อตอบตกลง
5. ใส่ตัวเลขที่ความเร็วรอบ 200 rpm อ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นเซนติพอยส์ (cp)



ภาพที่ ก3 เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield Rheometer รุ่น DV-III



ภาพที่ ก4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ หัววัดเบอร์ SC4-18 (ซ้าย) และ Chamber SC4-13R (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข1 เครื่องบดฉั้วเหลือง WASINO



ภาพที่ ข2 เครื่องกรองน้ำนมฉั้วเหลือง WASINO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ (paired preference test)

ผลิตภัณฑ์ น้ำนมถั่วเหลือง

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านดื่มน้ำนมถั่วเหลืองหรือไม่ _____

คำแนะนำ

กรุณาชิมตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองจากซ้ายไปขวา และเขียนวงกลมรอบรหัสตัวอย่างที่ท่านชอบมากกว่า โดยพิจารณาคุณลักษณะต่างๆ คือ สี กลิ่น และรสชาติ (กรุณาป้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง)

ข้อเสนอแนะ _____

รหัส

รหัส

แบบทดสอบวิธีการให้คะแนน (7-point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์ น้ำนมถั่วเหลือง

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านดื่มน้ำนมถั่วเหลืองหรือไม่ _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลือง โดยพิจารณาคุณลักษณะต่างๆตามที่กำหนดไว้ และให้คะแนนความชอบตามคำอธิบายข้างล่างนี้ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
- 2 = ไม่ชอบปานกลาง
- 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
- 4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
- 5 = ชอบเล็กน้อย
- 6 = ชอบปานกลาง
- 7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากสถานะแช่ถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Sig (2-tailed)
Pair1 pH temp5	7.0167	4.041E-02	.591
pH temp80	6.9800	7.937E-02	
Pair2 %TSS temp5	4.9000	.1732	.560
%TSS temp80	4.7333	.2517	
Pair3 viscosity temp5	4.2822	.2127	0.69
viscosity temp80	4.1667	.2066	
Pair4 L temp5	79.9800	.6505	.000*
L temp80	72.7833	.5232	
Pair5 a temp5	-3.7089	.6505	.000*
a temp80	-3.7578	.5199	
Pair6 b temp5	3.2367	6.500E-02	.000*
b temp80	6.1656	.1477	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ง2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากสถานะแช่ถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน

	Paired Differences		
	N	Mean	Sig (2-tailed)
Pair1 soaking temp5	20	.7500	.021*
Soaking temp 80	20	.2500	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอุณหภูมิของน้ำในการตีปั่นถั่วเหลืองที่ต่างกัน

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Sig (2-tailed)
Pair1 pH temp30	6.9967	5.774E-03	.208
pH temp80	7.0233	2.082E-02	
Pair2 %TSS temp30	5.0000	.2646	.020*
%TSS temp80	5.3333	.2082	
Pair3 viscosity temp30	3.8333	.2906	0.680
viscosity temp80	3.9011	.2732	
Pair4 L temp30	79.9056	.3823	.039*
L temp80	78.9200	1.0294	
Pair5 a temp30	-2.6289	.2683	.024*
a temp80	-2.9189	.1012	
Pair6 b temp30	4.0767	.6369	.353
b temp80	4.1967	.7680	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากอุณหภูมิของน้ำที่ต่างกัน

	Paired Differences		
	N	Mean	Sig (2-tailed)
Pair1 grinding temp30	20	.4000	.385
grinding temp80	20	.6000	

ตารางที่5 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่ตีปั่นด้วย
สภาวะต่างๆ

Grinding 30 ⁰ C/ heat 90 ⁰ C 2 min			
day	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6	6	3.8983	
4	6	3.9333	3.9333
2	6		3.9650
0	6		3.9817
Sig.		.217	.110

Grinding 30 ⁰ C/ heat 120 ⁰ C 30-sec			
day	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6	6	3.8767	
4	6	3.8817	
2	6		3.9400
0	6		3.9750
Sig.		.822	.127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Grinding 80°C/ heat 90°C 2 min

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	4.1400		
4	6	4.1683	4.1683	
2	6		4.1867	4.1867
0	6			4.2100
Sig.		.114	.297	.188

Grinding 80°C/ heat 120°C 30 sec

day	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6	6	4.0067			
4	6		4.1667		
2	6			4.2133	
0	6				4.2493
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๖ การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ

		ANOVA		
		Mean	Std. Deviation	Sig
pH				
	1:6	7.0000	1.732E-02	.206
	1:8	6.9933	1.528E-02	
	1:10	7.0200	1.732E-02	
%TSS				
	1:6	5.5333	5.774E-02	.001*
	1:8	4.8333	.2887	
	1:10	4.1400	.2425	
viscosity				
	1:6	3.7156	.1305	.000*
	1:8	3.2933	.2313	
	1:10	2.8367	.5553	
L				
	1:6	77.7000	.1661	.000*
	1:8	76.9711	.4649	
	1:10	75.1933	.4206	
a				
	1:6	-2.8133	.1231	.039*
	1:8	-2.9033	3.500E-02	
	1:10	-2.8956	4.157E-02	
b				
	1:6	4.1044	1.1062	.000*
	1:8	3.4322	.2145	
	1:10	2.0600	.2182	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจาก ถั่วเหลืองต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ

Color			
Sample	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1:10	20	3.8000	
1:6	20		5.8000
1:8	20		5.8000
Sig.		1.000	1.000

Flavor			
Sample	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1:10	20	3.7500	
1:6	20		5.1500
1:8	20		5.2500
Sig.		1.000	.765

Taste			
Sample	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1:10	20	3.3500	
1:6	20	4.1500	4.1500
1:8	20		5.1500
Sig.		.114	.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Texture

Sample	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1:10	20	2.0500		
1:6	20		4.000	
1:8	20			5.2000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Overall Acceptability

Sample	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1:10	20	3.5000	
1:6	20	4.2000	
1:8	20		5.0500
Sig.		.051	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๖๘ การวิเคราะห์ความแตกต่างสถิติของค่าความสว่างและความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่
เติมตัวกัมที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิต่างๆ

		ANOVA			
		df	SS	MS	Sig.
Main Effects	(Combined)	5	554.769	110.954	.000*
	Concentration	3	519.656	173.219	.000*
	Temperature	2	35.114	17.557	.000*
2-Way Interactions	concentration*				
	temperature	6	22.492	3.749	.000*
Residual		60	7.881	.131	
หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)					

		ANOVA			
		df	SS	MS	Sig.
Main Effects	(Combined)	5	717.887	143.577	.000*
	Concentration	3	708.985	236.328	.000*
	Temperature	2	8.902	4.451	.000*
2-Way Interactions	concentration*				
	temperature	6	8.084	1.347	.000*
Residual		60	4.471	7.451E-02	
หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)					

ตารางที่ ๙๑ การวิเคราะห์ความแตกต่างสถิติของค่าความสว่างและค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง
ที่เติมแซนแทนแทนกัมที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิต่างๆ

		ANOVA			
		df	SS	MS	Sig.
Main Effects	(Combined)	5	464.600	92.920	.000*
	Concentration	3	396.788	132.263	.000*
	Temperature	2	67.812	33.906	.000*
2-Way Interactions	concentration*				
	temperature	6	6.427	1.071	.000*
Residual		60	3.365	5.593E-02	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

		ANOVA			
		df	SS	MS	Sig.
Main Effects	(Combined)	5	4040.477	808.095	.000*
	Concentration	3	4021.840	1340.613	.000*
	Temperature	2	18.637	9.318	.000*
2-Way Interactions	concentration*				
	temperature	6	23.839	3.973	.000*
Residual		60	5.482	9.137E-02	

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแก้วกัมที่ระดับความเข้มข้น และอุณหภูมิต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Temperature (°C)	Time (day)	Concentration (%w/w)			
		0	0.1	0.2	0.3
75	0	3.71 ^l	4.58 ^g	7.46 ^j	10.7 ^j
	2	3.47 ^g	4.17 ^c	6.59 ^g	7.99 ^c
	4	3.34 ^c	3.99 ^b	5.16 ^c	7.41 ^c
	6	3.2 ^a	3.86 ^a	4.72 ^a	5.90 ^a
90	0	3.67 ^k	4.69 ^h	7.77 ^k	12.0 ^k
	2	3.49 ^h	4.31 ^f	7.04 ⁱ	8.64 ^g
	4	3.41 ^e	4.26 ^e	5.62 ^e	7.51 ^d
	6	3.31 ^b	4.18 ^d	4.97 ^b	7.40 ^b
120	0	3.64 ^j	5.58 ^l	7.95 ^l	12.7 ^l
	2	3.55 ⁱ	5.13 ^k	6.69 ^h	9.66 ⁱ
	4	3.46 ^f	5.07 ^j	5.88 ^f	8.97 ^h
	6	3.34 ^d	4.99 ⁱ	5.44 ^d	8.29 ^f

^{a-l} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น และอุณหภูมิ
ต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Temperature (°C)	Time (day)	Concentration (%w/w)			
		0	0.1	0.2	0.3
75	0	3.93 ^j	8.78 ^j	14.4 ^h	22.5 ⁱ
	2	3.80 ^h	7.52 ^c	13.0 ^f	19.9 ^e
	4	3.69 ^f	7.23 ^b	10.5 ^c	18.6 ^c
	6	3.53 ^c	7.16 ^a	9.91 ^a	17.8 ^a
90	0	4.02 ^l	9.10 ^k	15.6 ^j	24.8 ^l
	2	3.94 ^k	8.39 ⁱ	14.0 ^g	23.0 ^j
	4	3.85 ⁱ	8.24 ^f	11.3 ^d	20.1 ^g
	6	3.66 ^c	8.09 ^c	10.2 ^b	18.8 ^d
120	0	3.74 ^g	9.27 ^l	17.3 ^l	23.8 ^k
	2	3.57 ^d	8.31 ^h	16.1 ^k	22.0 ^h
	4	3.49 ^b	8.24 ^g	14.5 ⁱ	20.0 ^f
	6	3.36 ^a	8.08 ^d	12.4 ^e	18.2 ^b

^{a-l} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกับต่อกับอัตราส่วนต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์

0:0				
day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	
6	6	3.8100		
4	6	3.8450	3.8450	
2	6		3.8500	
0	6		3.8817	
Sig.		.058	.059	
1:1				
day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	6.1350		
4	6		6.1667	
2	6		6.1833	
0	6			6.2267
Sig.		1.000	.227	1.000
1:2				
day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	6.1567		
4	6	6.1883	6.1883	
2	6		6.1983	
0	6			6.2490
Sig.		.089	.578	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:3

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	5.7350		
4	6	5.7533		
2	6		5.8267	
0	6			5.8600
Sig.		.199	1.000	1.000

1:5

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	5.4950		
4	6		5.5200	
2	6			5.6267
0	6			5.6500
Sig.		1.000	1.000	.061

2:1

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	7.8483		
4	6	7.8817	7.8817	
2	6		7.9167	7.9167
0	6			7.9317
Sig.		.152	.133	.510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3:1

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	6	7.4717		
4	6	7.4917		
2	6		7.5183	
0	6			7.5517
Sig.		.058	1.000	1.000

5:1

day	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6	6	7.4183			
4	6		7.4383		
2	6			7.4600	
0	6				7.4950
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนทดแทนกันต่อแก้วแก้วที่อัตราส่วนต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Soybean:water (1:8)				
Ratio (xanthan : guar gum)	Day			
	0	2	4	6
0:0	4.14 ^a	4.11 ^b	4.08 ^c	3.99 ^d
2:1	14.38 ^a	14.21 ^{ab}	14.04 ^{bc}	13.93 ^c
3:1	13.79 ^a	13.61 ^b	13.47 ^c	13.29 ^a

^{a-d} ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 14 ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนทดแทนกันต่อแก้วแก้วที่ระดับต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เตรียมจากถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:8

0:0					
day	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6	9	3.9889			
4	9		4.0800		
2	9			4.1144	
0	9				4.1378
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

2:1				
day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	9	13.9333		
4	9	14.0444	14.0444	
2	9		14.2111	14.2111
0	9			14.3778
Sig.		.198	.057	.057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3:1

day	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6	9	13.2889			
4	9		13.4667		
2	9			13.6111	
0	9				13.7889
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 15 ค่าความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เติมแซนแทนกัมต่อกัวกัมที่ระดับต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เติร์ชมจากถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:4

0:0

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	9	5.4922		
4	9		5.5100	
2	9			5.5278
0	9			5.5378
Sig.		1.000	1.000	.102

2:1

day	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	9	14.5778		
4	9		14.7667	
2	9		14.8222	
0	9			15.1111
Sig.		1.000	.475	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3:1

day	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6	9	14.4333			
4	9		14.5889		
2	9			14.8667	
0	9				15.0333
Sig.		1.000	1.000	1.000	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้