การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว

PRODUCTION OF FROZEN YOGURT FROM SOY MILK, BROWN RICE MILK, AND RICE BRAN

กุณฑลิยา ครุฑกะ

KOONTHALIYA CRUTHKA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-170-3

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว

PRODUCTION OF FROZEN YOGURT FROM SOY MILK, BROWN RICE MILK, AND RICE BRAN

T039638

กุณฑลิยา ครุฑกะ
KOONTHALIYA CRUTHKA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-170-3

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 39638
วัน, เดือน, ปี..... 19 มิ.ย. 2544
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF FROZEN YOGURT FROM SOY MILK, BROWN RICE MILK, AND RICE BRAN

KOONTHALIYA CRUTHKA

THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE)
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2001

ISBN 974-648-170-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว
PRODUCTION OF FROZEN YOGURT FROM SOY MILK, BROWN RICE MILK, AND RICE BRAN

ชื่อนักศึกษา นางสาวกุณฑลิยา ครุฑกะ

รหัสประจำตัว 41066006

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา	
ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	
ดร.พอใจ ฉามากร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 12 เมษายน 2544 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A-209 อาคารเจ้าคุณทหาร ชั้น 2 โซน A

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 10 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว
นักศึกษา	นางสาวกุณฑลิยา ครุฑกะ
รหัสประจำตัว	41066006
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง เป็นการนำน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องมาแทน น้ำนมวัวในสูตรการผลิต ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาสูงแต่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ โดยการศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมและ ศึกษาอัตราส่วนเบื้องต้นของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งและ เพิ่มความสามารถในการกักเก็บอากาศ (overrun) ด้วยการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวัน 4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และใส่ คาราจีแนน 0.45, 0.25 และ 0.05% (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากผลการทดลอง พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดประกอบไปด้วย อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 ปริมาณคาราจีแนน 0.45% (น้ำหนัก/ปริมาตร) น้ำมันดอกทานตะวัน 4% (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) เท่ากับ 15.4% จากนั้นจึงนำสูตรที่ได้นี้มาเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันในอัตราส่วน 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0% (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากผลการทดสอบผู้ชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันได้ไม่เกิน 0.5% (น้ำหนัก/ปริมาตร) เทียบกับปริมาตรของโยเกิร์ตแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Production of Frozen Yogurt From Soy Milk, Brown Rice Milk, and Rice Bran
Student	Miss Koonthaliya Cruthka
Student ID.	41066006
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2001
Thesis advisor	Assoc.Prof. Dr. Wuttichai Nakrugsa

ABSTRACT

The development of frozen yogurt in this research was done through the use of soymilk and brown rice milk instead of cattle milk. Through the raw material substitution, the dietary benefits were maintained and costs reduced. In order to find the most appropriate proportion of soymilk in comparison to brown rice milk, this research has found that the most acceptable proportion of soymilk to brown rice milk was 25 : 75. To enhance a finer mixture for the frozen yogurt, 4% (w/v) of sunflower oil was added to increase the overrun capability. The experiment was further tested by adding carageenan 0.45%, 0.25% and 0.05% (w/v). Through countless tests, this research has concluded that the most appropriate formula for optimum quality of soymilk and brown rice milk frozen yogurt is as follow; soymilk : brown rice milk , 25 : 75 carageenan 0.45% (w/v) and sunflower oil 4% (w/v). This formula had 15.4% overrun. After combining all the ingredients, extracted rice bran was additionally added in the product as a dietary fiber enhancement. The extracted rice bran percentages were 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% (w/v). The various frozen yogurts were distributed to panelists and the majority of the population sample were contained extracted rice bran not more than 0.5% (w/v).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ความรู้ และคำแนะนำที่มีประโยชน์และมีคุณค่าเสมอมา ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และดร.พอใจ ถามากร ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยแก้ไข ตรวจสอบจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พรรณทิพา วิเชียรสรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ตลอดการวิจัย และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ โรงเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ในระหว่างทำการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ชมพูนุช สีห์โสภณและอาจารย์ อพัชชา วงศ์เจริญสถิตย์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดและ ความรู้ที่มีค่าตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาจนข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และ บริษัท น้ำมันพืชซิม ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องวัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ บริษัท ไดจิเอนเตอร์ไพรส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่อง สารเคมีสำคัญที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคและเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ปริญญาโท ทุกท่านและ คุณ วัลลภ มหึเมือง ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นแรงใจ แรงกายและ ให้ความปรารถนาดีเสมอมา และมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ที่ให้ความสนับสนุน ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา ข้าพเจ้ามีความซาบซึ้งอย่างหาที่เปรียบไม่ได้ คุณค่าและคุณประโยชน์ที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กุณฑลิยา ครุฑกะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.3 วัตถุประสงค์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ.....3

2.2 โยเกิร์ต (Yogurt).....18

2.3 โยเกิร์ตแช่แข็ง (Frozen Yogurt).....20

2.4 โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (Soy Yogurt).....23

2.5 โยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง (Frozen Soy Yogurt).....27

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....29

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....29

3.2 อุปกรณ์ในการผลิตและเครื่องมือในการวิเคราะห์.....29

3.3 สถานที่ทำการทดลอง.....33

3.4 วิธีการทดลอง.....34

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....43

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....44
4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....46
4.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....51
4.5 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความคงตัว คาราจีแนนในการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....58
4.6 ผลการศึกษาการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งโดยการเติมไขมันจากดอกทานตะวัน.....63
4.7 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง..... 68

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....76

ข้อเสนอแนะ.....77

บรรณานุกรม.....78

ภาคผนวก.....82
ก. วิธีวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร วิตามินบีหนึ่งและ เลซิทิน.....83
ข. วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดแลคติก ปริมาณของแข็งทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ความฟู.....90
ค. วิธีวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์.....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง. ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....99
จ. กระบวนการผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....101
ฉ. คำนิยามของคอร์รีเลชั่น.....104

ประวัติผู้เขียน.....106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและเนื้อสัตว์บางชนิดใน 100 กรัม ของส่วนที่กินได้.....4

2.2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในถั่วเหลือง.....4

2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของ น้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวและ น้ำนมมารดา.....7

2.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก และส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว.....13

2.5 แสดงปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในข้าวเจ้าพันธุ์ IR-8 (ก/16.8 ก.N).....15

2.6 แสดงปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่มีอยู่ในข้าวกล้องและข้าวสาร.....16

2.7 แสดงองค์ประกอบของโยเกิร์ตแช่แข็งชนิดแข็ง และชนิดนุ่ม.....20

2.8 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมสารให้กลิ่นรสจำนวน 24 ชนิด ที่ผลิตขึ้นในสหรัฐอเมริกา.....21

2.9 แสดงการเลือกระดับความดันของการโฮโมจีไนซ์สำหรับไขมันที่ระดับต่างๆ.....22

2.10 แสดงส่วนประกอบในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง.....28

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....43

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 และน้ำนมข้าวกล้องจากข้าวพันธุ์ กข 105.....45

4.3 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต 5 สูตรเบื้องต้น.....46

4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลืองกับน้ำนมข้าวกล้อง ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์.....47

4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 5 สูตรเบื้องต้น.....49

4.6 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและ โยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตร.....52

4.7 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้อง และคาราจีแนน ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์.....54

4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตร.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการปรับปริมาณคาราจีแนนเป็น 3 ระดับ..... 59

4.10 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณคาราจีแนน ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์.....61

4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการลดระดับคาราจีแนนลง 2 ระดับ.....62

4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการเติมน้ำมันดอกทานตะวัน 4%.....64

4.13 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณคาราจีแนน ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์.....66

4.14 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมน้ำมันดอกทานตะวัน 4%.....67

4.15 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน.....69

4.16 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์.....71

4.17 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน.....72

4.18 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่ไม่มีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิตและมีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน 0.5%.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลือง.....3

2.2 แสดงโครงสร้างของโอลิโกแซคคาไรด์ที่พบในถั่วเหลือง.....6

2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดโอเลอิค ลิโนเลอิคและ ลิโนเลนิค.....8

2.4 แสดงปฏิกิริยาการย่อยกรดลิโนเลอิคของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนส.....9

2.5 แสดงปฏิกิริยาการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรเปอรอกไซด์ของไฮโดรเปอรอกไซด์ไลเอสและ ไอโซเมอเรส.....10

2.6 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว.....12

2.7 แสดงกระบวนการ การผลิตข้าวเปลือก ข้าวกล้องและ ปริมาณผลผลิต.....13

2.8 แสดงกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่างๆ.....19

2.9 แสดงผลของเวลาในการหมักต่อปริมาณกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่ผลิตได้จากวัตถุดิบ.....23

2.10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลสตาชิโอสในน้ำนมถั่วเหลือง.....24

3.1 แสดงเครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์.....30

3.2 แสดงตู้บ่มโยเกิร์ต.....30

3.3 แสดงเครื่องปั่นไอศกรีม.....31

3.4 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว.....34

3.5 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง.....36

3.6 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง.....36

3.7 แสดงขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....38

4.1 แสดงโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันทั้ง 5 สูตร.....74

ค-1 แสดงเครื่องวัดความหนืด Brookfield Digital Rheometer 97

ค-2 แสดงตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ในการวัดความหนืด.....97

ค-3 แสดงการวัดความหนืดของโยเกิร์ต 98

จ-1 แสดงกระบวนการในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง.....102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่มีการปลูกข้าวเป็นอาหารหลัก และยังเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญในวงการค้าข้าวโลกในฐานะผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ โดยในปี 2540 สามารถ ส่งออกข้าวได้ถึง 5.6 ล้านตันข้าวสาร หรือ 28% ของปริมาณการค้าข้าวโลก และยังมีผลผลิตเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ดังนั้นในช่วงที่ผลผลิตข้าวล้นตลาด และข้าวมีราคาตกต่ำ จึงควรมีการคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ในการนำข้าวมาใช้ประโยชน์และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าว โดยเฉพาะ ข้าวกล้องและรำข้าว เนื่องจาก เป็นส่วนของข้าวที่มีประโยชน์ ข้าวกล้อง อุดมไปด้วย วิตามินและเกลือแร่ ที่สำคัญต่อร่างกาย แต่มีโซเดียมต่ำ และไม่มีโคเลสเตอรอล มีปริมาณโปรตีน 7.2% ซึ่งประกอบไปด้วย กลูเตนิน โพรลามิน อัลบูมิน และโกลบูลิน ในปริมาณต่ำ แต่มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนในธัญพืชชนิดอื่นๆ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อ ร่างกายสูง มีปริมาณไขมัน 1.9% ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำแต่มีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 77 % และมีกรดไขมันอิ่มตัวเพียง 19% เท่านั้น ส่วนที่เหลือ 4 % ประกอบไปด้วย สารที่มีคุณค่า ได้แก่ ไขข้าว (rice wax) เลซิทิน (lecithin) และ ออไรซานอล (oryzanol) (สายสนม ประดิษฐดวง. 2541) ส่วนรำข้าวซึ่งเป็นผลิตผลเหลือใช้จากการขัดสีข้าวก็สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกเช่นกัน เนื่องจากรำข้าวประกอบไปด้วยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวติน (cutin) และแวกซ์ ซึ่งใยอาหารประเภทนี้ สามารถช่วยลด อัตราการเสี่ยงต่อมะเร็งลำไส้ได้ (สันทนา อมรไชย. 2537)

ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ในการที่จะนำ ข้าวกล้องและรำข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตได้คือ โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าไม่น้อยไปกว่าน้ำนมวัว มีโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่ายกว่า รับประทานได้โดยทั่วไปโดยไม่เกิดอาการท้องเสีย และที่สำคัญน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า โยเกิร์ต เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไอศกรีม ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มที่ไม่นิยมบริโภค โยเกิร์ต เนื่องจาก กลิ่นรส และลักษณะเฉพาะตัวของโยเกิร์ตโดยตรง หันมานิยมบริโภคในรูปแบบของ ไอศกรีมมากขึ้น นอกเหนือจากนั้นแล้วกรดแลคติกที่ได้จากขั้นตอนการหมักยังช่วยลดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย (Pinthong *et al.* 1980a,b,c and Buono *et al.* 1990) ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งต้องใช้วัตถุดิบที่สำคัญ คือน้ำนมวัว ในสูตรการผลิต ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาค่อนข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูง เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต โดยการนำวัตถุดิบอื่น เช่น น้ำนมถั่วเหลือง ที่มีราคาถูกกว่า และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาทดแทนได้

ถั่วเหลืองประกอบไปด้วย โปรตีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่ายอยู่ถึง 35-40% ไขมัน 18-20% และใยอาหาร 5% (คัคนางค์ ทองสุก. 2541) ไขมันในถั่วเหลือง ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีโคเลสเตอรอลและมีกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) สูง นอกจากนี้ยังมี เลซิทิน (lecithin) ซึ่งเป็นไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์หุ้มสมอง และเซลล์ประสาท ช่วยในการดูดซึมและขนส่งไขมัน ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เลซิทิน ยังจัดเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาดและ ไอศกรีมด้วย นอกจากถั่วเหลืองจะมีองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันที่สำคัญแล้ว ถั่วเหลืองยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ และวิตามิน บี1 และ บี 2 ในปริมาณสูง (Garcia *et al.* 1997)

1.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้อง และรำข้าว โดยทำการศึกษากระบวนการในการผลิต สูตรเบื้องต้นและสูตรที่เหมาะสมในการผลิต ปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีทางด้านเนื้อสัมผัสและปริมาณรำข้าว ที่เสริมลงไปในผลิตภัณฑ์และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้อง และเสริมใยอาหารจากรำข้าว

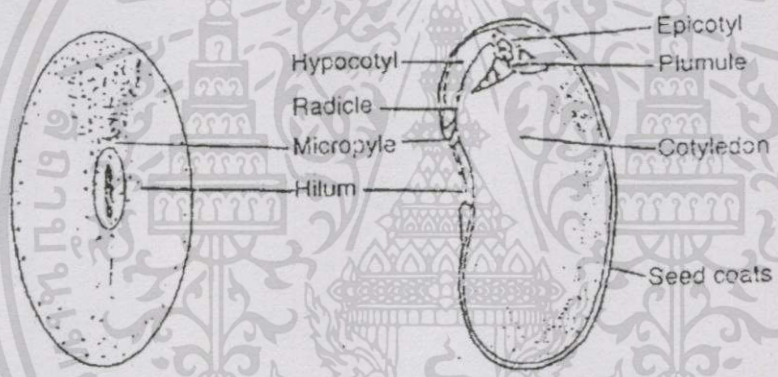
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบ

2.1.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (soybean) จัดอยู่ในพืชตระกูลถั่ว (*Leguminosae*) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merrill ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน (ภาพที่ 2.1) คือ เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) เอ็มบริโอ (embryo) และส่วนที่เก็บสะสมอาหาร โดยที่ เอ็มบริโอ ประกอบไปด้วยโคทีเลดอน (cotyledon) 2 ส่วน ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร (Lui. 1997)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลือง
ที่มา : Lui (1997)

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เข้ามาสู่ประเทศไทยโดยชาวจีนอพยพเป็นผู้นำเข้ามา เนื่องจากชาวจีนชอบบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองมาก จนกระทั่งถั่วเหลืองกลายมาเป็นส่วนหนึ่งของอาหารของคนไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารจากสัตว์ (ตารางที่ 2.1) สามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำเต้าหู้ เต้าหู้แผ่น ซอส เครื่องดื่ม และนมเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและเนื้อสัตว์บางชนิดใน 100 กรัมของส่วนที่กินได้

อาหาร	พลังงาน (kcal)	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	เกลือแร่			วิตามิน	
								Ca มก.	P มก.	Fe มก.	บี1 มก.	บี2 มก.
ถั่วเหลือง	411	11.1	34	19	26.7	4.7	4.8	245	900	10	.73	0.19
ไก่บ้าน	127	73.9	24	3.6	0	tr.	1.0	-	20	2.8	.10	0.12
หมู	108	75.8	19	3.3	0	0	0.9	-	-	-	.69	0.26
ปลาช่อน	116	73.1	21	3.8	0	0.1	1.2	31	218	5.8	.09	0.12
กุ้งกุลาดำ	92	80.3	20	1.3	0	0	1.1	8	140	tr.	.03	-

tr.= trace - = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ที่มา : กองโภชนาการ. (2535)

2.1.1.1 โปรตีน

โปรตีนในถั่วเหลืองมีปริมาณสูงถึง 34% ส่วนในเนื้อสัตว์มี 17.6-23.6% โปรตีนในถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน ทั้ง 8 ชนิด มีไลซีน (Lycine) สูงแต่มี เมทไธโอนีน (Methionine) และซิสทีน (Cystein) ค่อนข้างน้อย ซึ่งสามารถทดแทนได้ด้วยอาหารจากธัญพืชและเนื้อสัตว์

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในถั่วเหลือง

กรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม/100 กรัม โปรตีน)
Glutamic acid	16.4
Leucine	7.2
Arginine	6.7
Lysine	5.5
Phenylalanine	4.6
Valine	4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

กรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม/100 กรัม โปรตีน)
Threonine	3.3
Isoleucine	4.3
Histidine	2.3
Methionine	1.2
Tryptophan	1.1
Cysteine	1.1

ที่มา : Garcia *et al.* (1997)

2.1.1.2 ไขมัน

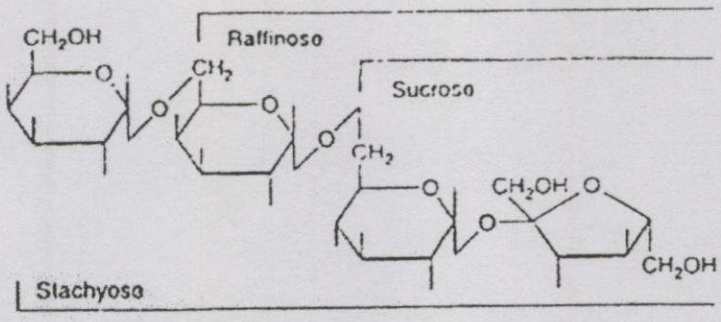
ไขมันในถั่วเหลือง มีประมาณ 18-20% ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีโคเลสเตอรอล (Tuitemwong *et al.* 1993) และมีกรดไขมันที่จำเป็นคือ กรดลิโนเลอิค (Linoleic acid) 45-62% กรดลิโนเลนิค (Linolenic) 43-56% กรดโอเลอิค (Oleic acid) 15-33% นอกจากนั้นยังประกอบไปด้วยเลซิทิน (Lecithin) 2% (Smith and Circle. 1978) ซึ่งเป็นไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์สมอง และเซลล์ประสาท ช่วยในการดูดซึมและขนส่งไขมัน ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ช่วยป้องกันโรคหัวใจ ช่วยให้ร่างกายสมสัดส่วนโดยขจัดการพอกพูนของไขมันในร่างกาย ยังเป็นสารช่วยบำรุงผิวพรรณให้นุ่มนวลสดใส จากการวิจัย พบว่าในเลซิทินมีสารอาหารชนิดหนึ่งชื่อว่า โคลีน (Choline) ซึ่งสมองนำไปใช้ได้ทันที ช่วยเสริมความจำและยังช่วยป้องกันโรคบางอย่างที่เกิดกับคนชรา (นิรนาม. 2543)

2.1.1.3 คาร์โบไฮเดรต

ถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ ประมาณ 35% โดยประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ

1) **คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ** (Soluble Carbohydrate) ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยได และโอลิโกแซคคาไรด์ ได้แก่ ซูโครส 2.5-8.2% ราฟฟิโนส (raffinose) 0.1-0.9% และสตาชิโอส (stachyose) 1.4-4.1% (ภาพที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของโอลิโกแซคคาไรด์ที่พบในถั่วเหลือง
ที่มา : Lui (1997)

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในถั่วเหลืองที่ได้รับความสนใจ คือ สตาชิโอส (Stachyose) ราฟฟิโนส (Raffinose) ซึ่งร่างกายไม่มีเอนไซม์ ที่ใช้ในการย่อย ทำให้น้ำตาลดังกล่าวตกค้างและถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ ผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน (Garcia *et al.* 1997) เป็นผลทำให้รู้สึกอึดอัด เนื่องจากน้ำตาลดังกล่าวไม่ถูกย่อย มีผลทำให้ร่างกายนำน้ำตาลไปใช้ได้ไม่เต็มที่ดังนั้นอาจนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรต เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวานได้

2) **คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ** (Insoluble Carbohydrate) ประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคทิน และสตาร์ชปริมาณเล็กน้อยโดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เรียกว่า ใยอาหาร (Dietary Fiber) สามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น ป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน) ควบคุมระดับโคเลสเตอรอลและป้องกันโรคอ้วน (Saio. 1994)

2.1.1.4 เกลือแร่

ถั่วเหลืองมีเกลือแร่ที่สำคัญ ได้แก่ โปแทสเซียม 1.83% แคลเซียม 0.24% ฟอสฟอรัส 0.78% และแมกนีเซียม 0.31%

2.1.1.5 วิตามิน

ถั่วเหลืองประกอบไปด้วยวิตามินบี 1 และบี 2 ในปริมาณที่สูง แต่พบว่า เมื่อถั่วเหลืองถูกนำไปผ่านการให้ความร้อนสูงจะทำให้วิตามินลดลงครึ่งหนึ่ง

นอกจากคุณค่าทางโภชนาการดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการพบว่า ถั่วเหลืองมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ ไอโซฟลาโวน (Isoflavones) และสารที่พบในสัดส่วนที่สูงในบรรดาสารไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซฟลาโวน ทั้งหมดคือ เจนิสไตน์ (Genistein) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด มะเร็งหลอดอาหาร และมะเร็งตับอ่อน ซึ่งถั่วเหลืองเป็นแหล่งเดียวที่พบสารชนิดนี้ (นิรนาม. 2543)

2.1.2 น้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลืองเป็น น้ำนมที่สกัดได้จากการบดเมล็ดถั่วเหลืองผสมกับน้ำ กรองและผ่านการให้ความร้อน มีลักษณะภายนอกและองค์ประกอบคล้ายคลึงกับน้ำนมวัว (ตารางที่ 2.3) มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid 8-10%) ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของน้ำต่อ ถั่วเหลือง ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของ น้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับ น้ำนมวัวและน้ำนมมารดา

องค์ประกอบ	น้ำนมถั่วเหลือง	น้ำนมวัว	น้ำนมมารดา
แคลอรี่	44	59	62
น้ำ (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
เถ้า	0.5	0.7	0.2
แร่ธาตุ (มก.)			
Ca	15	100	35
P	49	90	25
Na	2	36	15
Iron	1.2	0.1	0.2
วิตามิน (มก.)			
วิตามินบีหนึ่ง	0.03	0.04	0.02
วิตามินบีสอง	0.02	0.15	0.03
ไนอาซิน	0.50	0.20	0.20
กรดไขมันอิ่มตัว (%)	40-48	60-70	55.3
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (%)	52-60	30-40	44.7
โคเลสเตอรอล (มก.)	0	9.24-9.9	9.3-18.6

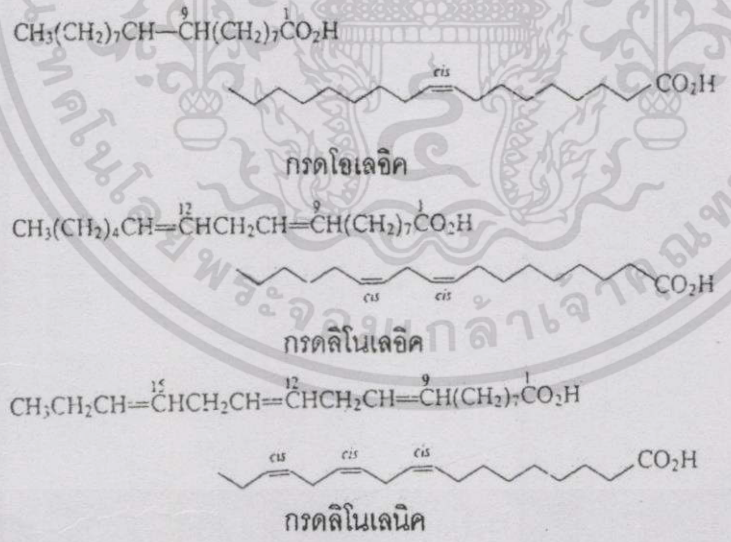
ที่มา : Liu (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.3 เห็นได้ว่าน้ำนมถั่วเหลืองประกอบไปด้วย โปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัวและไนอาซิน ในปริมาณที่สูงที่สุด แต่มีไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแคลเซียมในปริมาณที่ต่ำที่สุด แต่จากการศึกษาพบว่า การดื่มนมถั่วเหลืองจะช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้ดีกว่าการได้รับโปรตีนจากนมในสัตว์ (นิรนาม. 2543) และผู้ที่ต้องการโปรตีนจากนมแต่ไม่มีน้ำย่อยแลคเตสสำหรับย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมวัว สามารถบริโภคน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย (คัคนางค์ ทองสุข. 2542)

2.1.2.1 การเกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์

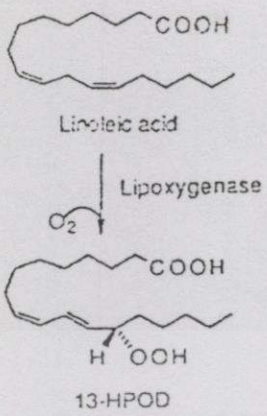
การเกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ จากถั่วเหลืองเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค การเกิดกลิ่นถั่ว โดยทั่วไปเรียกว่า greeny หรือ beany เกิดจากปฏิกิริยาของ เอนไซม์ไลพอกซิจิเนส (Lipoxygenase (LOX), EC 1.13.11.12 linoleate) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มของเอนไซม์ ออกซิโดรีดักเตส (Oxidoreductase) ที่ย่อยโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ประกอบไปด้วย *cis,cis* - 1,4 - pentadiene ในโครงสร้างเช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) กรดโอเลอิค (oleic) และกรดลิโนเลนิค (linolenic) (ภาพที่ 2.3) ในเมล็ดถั่วเหลือง เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอรอกไซด์ (Hydroperoxide) เป็นผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดโอเลอิค กรดลิโนเลอิคและกรดลิโนเลนิค

ที่มา : Allen and Hamilton (1994)

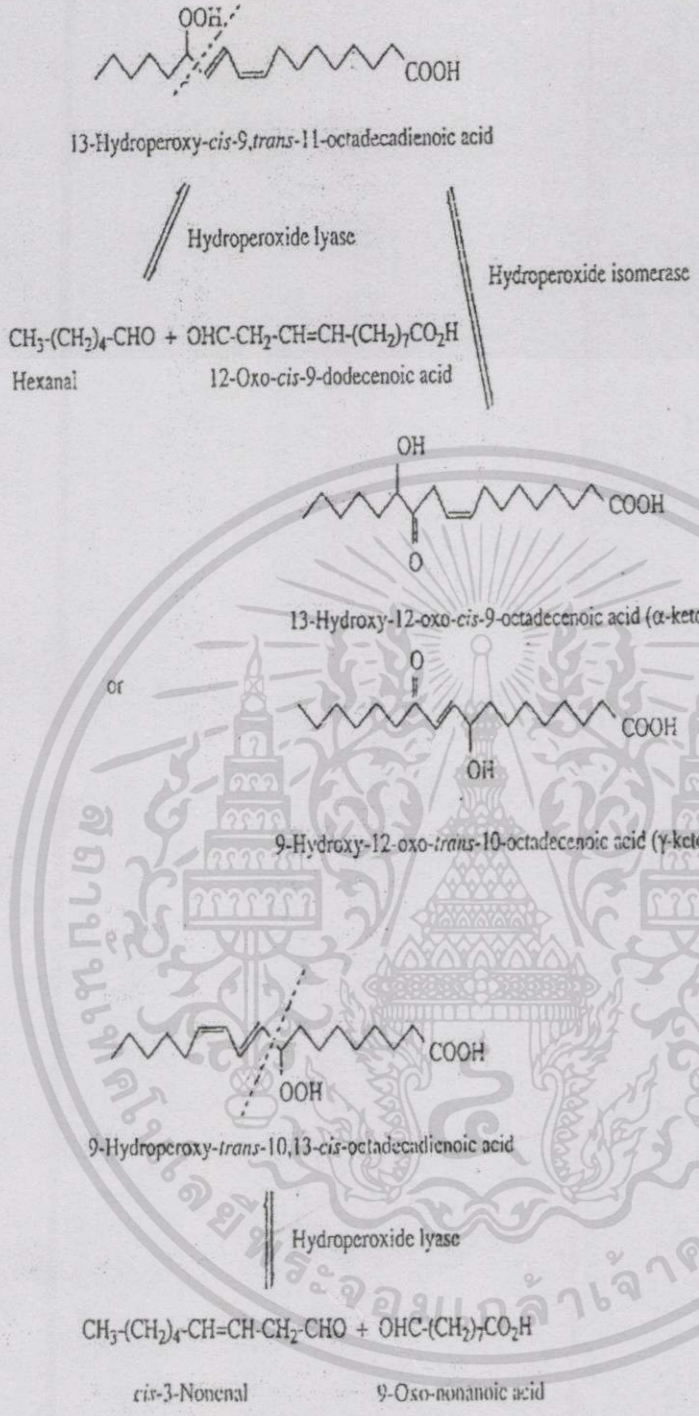
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยาการย่อยกรดลิโนเลอิคของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนส
ที่มา : Lui (1997)

จากรูปที่ 2.4 ประกอบไปด้วยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 3 ขั้นตอน คือ (1) เอนไซม์ตามธรรมชาติถูกกระตุ้น (2) โปรตอนถูกขับออกจากกลุ่ม เมทิลีนที่ถูกกระตุ้น (3) ออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของสารตั้งต้นทำให้เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอรอกไซด์ (Robinson *et al.* 1995) จากนั้นถูกย่อยต่อโดยเอนไซม์ ไฮโดรเปอรอกไซด์ไลเอส (Hydroperoxide lyase) หรือ ไอโซเมอเรส (Isomerase) กลายเป็นสารประกอบคาร์บอนิลที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และ กรด ทำให้เกิด off flavor และกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ (Garcia *et al.* 1997) ดังภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แสดงปฏิกิริยาการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรเปอรอกไซด์ของไฮโดรเปอรอกไซด์ไลเอส และ ไอโซเมอเรส

ที่มา : Robinson *et al.* (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 การกำจัดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์

การกำจัดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง สามารถทำได้โดยการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนส ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้น้ำร้อน ใช้กรดในการบดแช่ถั่วในสารละลายเบส ใช้ระบบสูญญากาศในการกำจัดกลิ่น การใช้เอนไซม์ และการนำไปผ่านกระบวนการหมัก (Chen. 1989)

Wikens *et al.* (1967) ศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนสโดยการบดถั่วเหลืองในน้ำร้อนก่อนนำไปผลิตเป็นน้ำนมถั่วเหลือง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นดี

Nelson *et al.* (1976) ศึกษาวิธีการในการกำจัดกลิ่นถั่วเหลือง โดยการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5% ข้ามคืน โดยใช้อัตราส่วน ของถั่วเหลือง : สารละลาย เท่ากับ 1 : 3 หลังจากนั้นนำมาลวกต่อด้วยน้ำร้อนที่ผสมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าสามารถลดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองได้

Huang (1999) ทำการพัฒนาคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยใช้เชื้อผสมของ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ในการหมักนมถั่วเหลือง ผลการทดลอง พบว่า โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ได้มีรสชาติดี และมีกลิ่นถั่วน้อยมาก

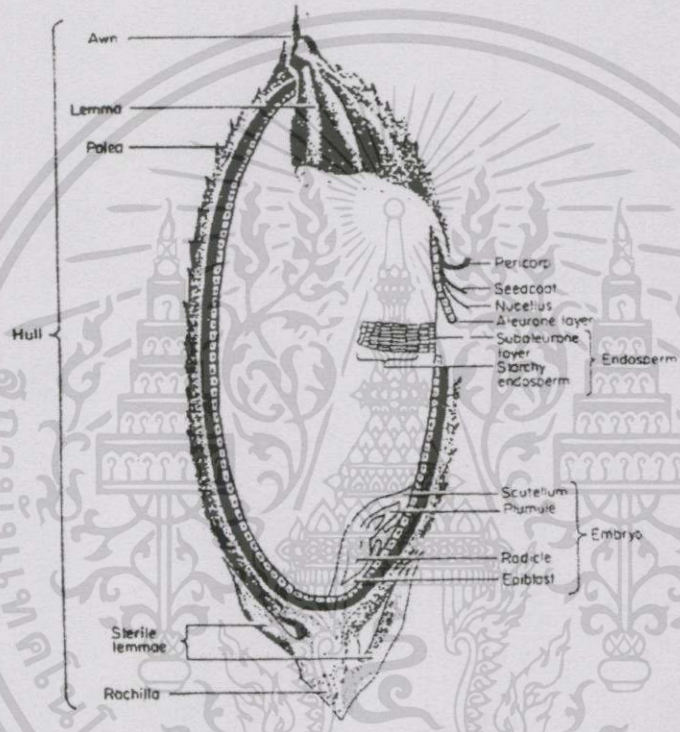
ทศพร ยศสมบัติ (2527) ศึกษาวิธีกำจัดกลิ่นถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักโดยรักษาคุณภาพทางอาหารของโปรตีนไว้ได้ โดยการนำถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 มาแช่ในสารละลายคาร์บอร์เนตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.5 โมล่าร์ ที่ pH 9.0 9.6 และ 10.1 แล้วตามด้วยการให้ความร้อนในน้ำเดือดที่ความร้อนต่างๆ กันคือ 0 0.5 1 3 5 และ 10 นาที พบว่าการแช่ถั่วในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 9.0 แล้วตามด้วยการให้ความร้อนในน้ำเดือดที่ 1 นาทีเป็นวิธีที่เหมาะสม ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีโปรตีน 2.80% ของแข็ง 5.88% และเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (Lipoxygenase) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นถั่วถูกทำลายไป 60% โดยเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ชิมให้การยอมรับนมถั่วเหลืองที่ทำจากวิธีธรรมดา

ลินจง สุขลำภู (2540) ศึกษากรรมวิธีการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง โดยการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองให้มีกลิ่นถั่วน้อยที่สุด โดยใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดและถั่วเหลืองที่สกัดไขมัน ศึกษาปริมาณหางนมผง ชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ผลการศึกษา พบว่าโยเกิร์ตที่เตรียมจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5% แล้วตีปั่นด้วยน้ำร้อน มีกลิ่นถั่วน้อยและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ส่วนโยเกิร์ตที่เตรียมจากถั่วเหลืองที่สกัดไขมัน โดยวิธีการลวกถั่วเหลืองในน้ำร้อน ตีปั่นด้วยน้ำร้อนและนำส่วนผสมไปให้ความร้อน เป็นโยเกิร์ตที่มีกลิ่นถั่วน้อยที่สุด ส่วนปริมาณส่วนผสมที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับ มีเนื้อสัมผัสดี เนียนละเอียด ไม่มีการแยกตัว คือ ใส่หางนมผง 10% ซูโครส 7% ร่วมกับเจลาติน 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ข้าวกล้อง

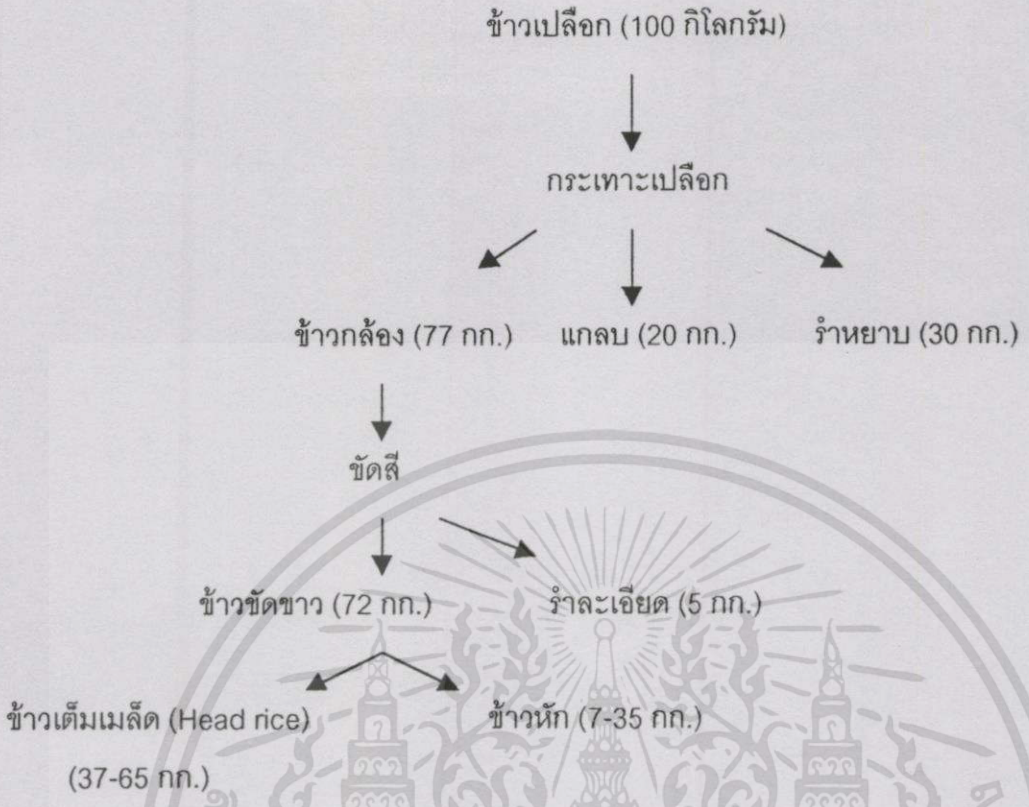
ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า ปลูกกันมากในทวีปเอเชีย เป็นอาหารหลักของคนไทย และเป็นสินค้าส่งออกติดอันดับโลกของไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. ส่วนของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วย เปลือก (hull) เพอริคาร์ป (pericarp) เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) นิวเซลลัส (nucellus) แอลูโรน เลเยอร์ (aleurone layer) และเอนโดสเปอร์ม (endosperm) (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว
ที่มา : Juliano. (1985)

ข้าวกล้องได้จากข้าวที่ผ่านการกระเทาะเปลือก ซึ่งประกอบไปด้วย เซลลูโลส ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ จำเป็นต้องกำจัดออกไปเรียกว่า แกลบ มีอยู่ประมาณ 20% โดยน้ำหนักของข้าวเปลือก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดขาว พบว่าข้าวกล้องให้ผลผลิตมากกว่า ไม่ต้องใช้พลังงานในการขัดสีและลดการสูญเสียรำละเอียดและปริมาณข้าวหัก (ภาพที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดงกระบวนการผลิตข้าวเปลือก ข้าวกล้องและปริมาณผลผลิต

ที่มา : สายสนม ประดิษฐดวง. (2541)

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกและส่วนต่างๆที่ได้จากการขัดสีข้าว (%)

ส่วนต่างๆที่ได้จากการขัดสีข้าว	โปรตีน (N×5.95)	ไขมัน	ใยอาหาร	เถ้า	สตาร์ช	น้ำตาลอิสระ
ข้าวเปลือก	6.7-8.3	2.1-2.7	8.4-12.1	3.7-6.0	62.1	1.4
ข้าวกล้อง	8.3-9.6	2.1-3.3	0.7-1.2	1.2-1.8	77.2	0.8-1.5
ข้าวขัดขาว	7.3-8.3	0.4-0.6	0.3-0.6	0.4-0.9	90.2	0.25-0.52
แกลบ	23.-3.2	0.4-0.7	40.1-53.4	15.3-24.4	1.8	0.7
รำหยาบ	13.2-17.3	17.0-22.9	9.5-13.2	9.2-11.5	16.1	6.4-6.5
เอมบริโอของข้าว	17.7-23.9	19.3-23.8	2.8-4.1	6.8-10.1	2.4	20.7
รำละเอียด	13.0-14.4	11.7-14.4	2.7-3.7	6.1-8.5	48.2-55.4	-

ที่มา : Pomeranz and Ory (1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่สำคัญและมีอยู่มากในเมล็ดข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสะสมอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชในส่วนของ เอนโดสเปอร์ม รองลงมาได้แก่ โปรตีนและไขมัน

2.1.3.1 **คาร์โบไฮเดรต**

องค์ประกอบส่วนนี้สะสมอยู่ในรูปของสตาร์ชและน้ำตาลรวมทั้ง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพนโตแซน ซึ่งอยู่ในส่วนของเยื่อใย โดยจะพบองค์ประกอบเหล่านี้มากใน ข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำละเอียด (วุฒิชัย นาครักษา. 2535)

2.1.3.2 โปรตีน

พบมากในส่วนที่เป็นเอมบริโอ ในข้าวกล้องมีโปรตีนอยู่ประมาณ 8.3-9.6% ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำแต่มีคุณภาพสูงกว่าโปรตีนในธัญพืชชนิดอื่น เพราะมี กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง มี amino acid profile ที่ดี และเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย (สายสนม ประดิษฐดวง. 2541) โปรตีนที่พบแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติการละลายในตัวทำละลาย (Chavan and Duggal. 1978) ดังนี้

1) **กลูเตลิน** (Glutelin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นด่าง หรือเรียกว่า โอไรเซนิน (oryzenin) พบในข้าวประมาณ 80-85%

2) **อัลบูมิน** (Albumin) ละลายได้ดีในน้ำ มีกรดอะมิโนไลซีน (lysine) อยู่สูง (ตารางที่ 2.5)

3) **กลอบูลิน** (Globulin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอมโมเนียมซัลเฟต มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน ร่วมกับกรดอะมิโนในโปรตีนส่วนที่เป็นอัลบูมินประมาณ 10-15%

4) **โพรลามิน** (Prolamin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในข้าวเจ้าพันธุ์ IR-8 (ก/16.8 ก.N)

กรดอะมิโน	ข้าวกล้อง	ข้าวขัดขาว
Isoleucine	4.5	4.7
Leucine	8.3	8.5
Lysine	4.4	4.0
Metthionine + cystine	3.6	3.5
Phenylalanine + tyrosine	9.6	9.8
Threonine	3.9	3.9
Tryptophan	1.2	1.3
Valine	6.6	6.8

ที่มา : IRRI (1974)

2.1.3.3 ไขมัน

ข้าวกล้องมีปริมาณไขมันประมาณ 2.1-3.3% เป็นปริมาณที่ต่ำแต่มีสารที่มีคุณประโยชน์หลายชนิดประกอบอยู่ มีกรดไขมันอิ่มตัว 19% กรดไขมันไม่อิ่มตัว 77% ประกอบด้วย กรดโอเลอิค (oleic acid) 41% กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) 34.3% และกรดลิโนเลนิค (linolenic acid) 1.7% ส่วนที่เหลืออีก 4% เป็นสารประกอบที่ไม่ถูกสปอนนิไฟน์ (unsaponifiable matter) ได้แก่ โอไรซานอล (oryzanol) 20-30% เป็นส่วนที่มีคุณค่ามากและมีอยู่สูงกว่าในพืชอื่นๆ

โอไรซานอล (oryzanol) คือสารประกอบโครงสร้างขนาดใหญ่ คือ Ferulic acid ester of triterpenoid alcohol ทำหน้าที่เป็น antioxidant ตามธรรมชาติ มีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดได้ (สายสนม ประดิษฐวงศ์. 2541)

2.1.3.4 วิตามิน

ข้าวกล้องเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินบีหนึ่ง บีสอง และไนอาซิน (ตารางที่ 2.6) มีส่วนสำคัญต่อร่างกายในการควบคุมเมตาโบลิซึมต่างๆ และเสริมสร้าง ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย

2.1.3.5 แร่ธาตุ

ข้าวกล้องอุดมไปด้วยเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกายแต่มีโซเดียมต่ำ แร่ธาตุที่พบมากที่สุดได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม ซิลิกอน และแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่มีอยู่ในข้าวกล้องและข้าวสาร (มก./1000 กรัม)

องค์ประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
วิตามิน		
วิตามินบีหนึ่ง	2.1-4.5	0.22-1.26
วิตามินบีสอง	0.33-0.86	0.11-0.37
ไนอาซิน	44-62	3.6-22
ไพริดอกซิน	1.6-11.2	0.37-6.2
ไบโอติน	0.065-0.13	0.005-0.07
วิตามินเอ (แคโรทีน)	0.13	Trace
วิตามินอี	13.1	Trace
แร่ธาตุ		
แคลเซียม	65-400	46-270
ฟอสฟอรัส	2480-2920	885-1920
เหล็ก	6.8-46	1.8-26.8
แมกนีเซียม	379-1400	229-372
โปแทสเซียม	1240-3280	577-1170
ซิลิคอน	280-1900	107-370

ที่มา : IRRI (1974)

2.1.4 รำข้าว (Rice Bran)

รำข้าว เป็นส่วนที่ได้จากการขัดสีข้าว เพื่อให้ได้ข้าวที่มีสีขาว น่ารับประทานและหุงออกมานิ่มนวล รำข้าวเป็นแหล่งที่สำคัญของ ใยอาหาร ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และสามารถรับประทานได้ทุกวัน จากการรับประทานข้าวที่ไม่ผ่านการขัดขาว ที่เรียกว่า ข้าวกล้อง ใยอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในรำข้าวเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Water Insoluble Dietary Fiber) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวตินและแวกซ์ ใยอาหารประเภทนี้ช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อมะเร็งลำไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.4.1 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นสายโพลิแซกคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วย โมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเป็นจำนวน 1000 โมเลกุลต่อกันแบบ β1,4 โดยเป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลักของพืชทั่วๆไป โดยเฉพาะผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงในอาหารจำพวก ผักและธัญพืชจะมีปริมาณกลูโคสสูงถึง 20-50% ของน้ำหนักแห้ง แต่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว จากผลการศึกษาทดลองเชื่อว่าเซลลูโลสจะช่วยดูดซึมสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ซึ่งอาจเกิดขึ้นในทางเดินลำไส้อันเนื่องมาจาก การกินอาหารที่มีสารไนเตรท และช่วยป้องกันการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นจึงมีประโยชน์แก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน (สันทนา อมรไชย. 2537)

2.1.4.2 เฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยกลุ่มของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) ชนิดต่างๆตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน 100 โมเลกุลที่มีคุณสมบัติในการละลายเหมือนกันคือ ละลายได้ในสารละลายด่าง น้ำตาลเชิงเดี่ยวนี้แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ เพนโตแซนส์ (pentosans) และ เฮกโซแซนส์ (hexosans) ที่ไม่ใช่เซลลูโลส (non cellulose hexosans) น้ำตาลเชิงเดี่ยวที่พบมากในเฮมิเซลลูโลสคือ ดี-ไซแลนส์ (D-xylans) และดี-กลูโคแมนแนนส์ (D-glucomannans) และมี side chain เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยวอื่นๆเช่นแอล-อะราบิโนส (Larabinose) เฮมิเซลลูโลสสามารถช่วยป้องกันโรคท้องผูกได้ (ประทุม พุทธิวนิชและ พิมพาภรณ์ ไตรณรงค์สกุล. 2540)

2.4.1.3 ลิกนิน

ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ ที่มีรูปร่างเป็นวง แหวน เช่น cinnamyl, syringyl, guaicyl พบในพืชจำพวกไ ม้เนื้อแข็ง พบมากในข้าว เช่น ข้าวสาลี, ข้าวโอ๊ต, รำ(bran) แป้งที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีขัดและฟอกสี ผลไม้พวกเบอรี่ สตรอเบอรี่ ราสเบอรี่ ถั่วงอก กะหล่ำปลี และมะเขือเทศ หน้าที่ของลิกนิน จะช่วยให้ความแข็งแรงและทนต่อการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะพบว่ามีปริมาณลิกนินสูงขึ้นจึงทำให้ทนต่อการย่อยสลายได้มากขึ้น ลิกนินมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดนิ่วในถุงน้ำดี (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539)

2.4.1.4 คิวตินและแวกซ์

พบร่วมกับส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืชโดยมีองค์ประกอบของไขมันที่ไม่รวมกับน้ำ ปกติจะพบในปริมาณน้อย (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
39638

2.2 โยเกิร์ต (Yogurt)

โยเกิร์ต คือ นมเปรี้ยวชนิดหนึ่ง มีลักษณะข้นเป็นลิ่ม คล้ายคัสตาดหรือเต้าฮวย มีรสเปรี้ยวและกลิ่นเฉพาะตัว (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2528) เตรียมได้จาก นมอุดมไขมันหรือพร่องไขมัน นมเข้มข้น นมคืนรูปจากนมผงขาดไขมันหรือพร่องไขมัน หรือจากส่วนผสมของนมดังกล่าวเข้าด้วยกัน ทั้งนี้โดยผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์หรือไม่ก็ตามแล้วฆ่าเชื้อโดยการสเตอริไลซ์หรือพาสเจอร์ไรส์ จึงทำการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์เฉพาะ จากนั้นทำให้เย็นแล้วบรรจุเพื่อรอจำหน่าย (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532) ชนิดของโยเกิร์ตแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ โดยอาศัยหลักการต่อไปนี้ (Tamime and Deeth. 1980)

2.2.1 **มาตรฐานทางกฎหมายสำหรับองค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ต** แบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามปริมาณไขมัน คือ "full" (สูงกว่า 3.0%) "medium" (ประมาณ 3.0-0.5%)และ "low" (ต่ำกว่า 0.5%) (FAO/WHO. 1973)

2.2.2 **กระบวนการในการผลิต** (ภาพที่ 2.8) ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพและมวลที่ตกตะกอน (coagulum) โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 Set yogurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุขายปลีก (retail package) โดยลักษณะการเกิดตะกอน มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นของแข็งกึ่งของเหลว

2.2.2.2 Stirred yogurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการหมักเกิดขึ้นในถังหมัก โครงสร้างของเจลแตกก่อนการทำให้เย็นและการบรรจุ

2.2.2.3 กลิ่นรส แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) Plain หรือ Natural เป็นโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม มีรสชาติเปรี้ยวแหลม

2) Fruit yogurt เป็นโยเกิร์ตที่มีการเติมผลไม้ลงไปในผลิตภัณฑ์

3) Flavored yogurt เป็นโยเกิร์ตที่มีการเติมน้ำตาล สารให้ความหวาน รสชาติสังเคราะห์หรือ สี ลงใน plain yogurt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

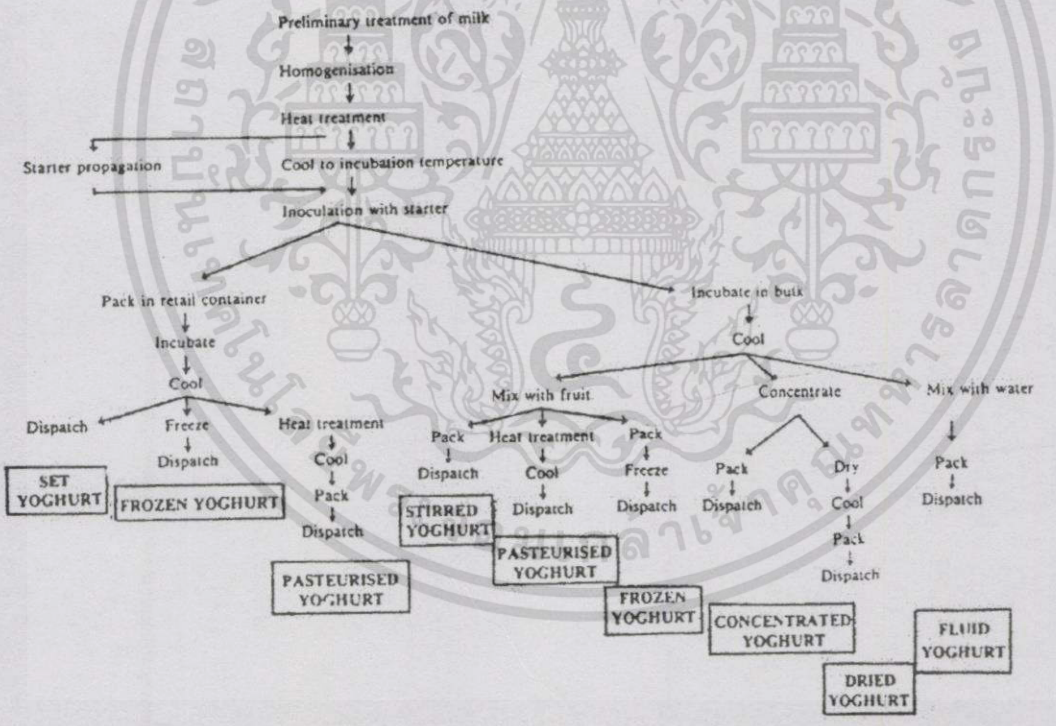
2.2.2.3 กระบวนการหลังการหมักโยเกิร์ต แบ่งออกเป็นหลายชนิด ได้แก่

1) Pasteurized / UHT yogurt เป็นโยเกิร์ตที่มีการผ่านกระบวนการให้ความร้อนหลังการหมัก

2) Concentrated / Condensed yogurt เป็นโยเกิร์ตที่มีปริมาณ total solid ประมาณ 24%

3) Frozen yogurt แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Soft และ Hard frozen yogurt มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกับไอศกรีมมากกว่าโยเกิร์ต แต่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกับ โยเกิร์ต และมีการใส่สารให้ความคงตัวเพื่อช่วยในการรักษาโครงสร้างของฟองอากาศในขั้นตอนการ freeze

4) Dried yogurt เป็นโยเกิร์ตที่มีการผ่านกระบวนการ การทำแห้ง โดยการใช้แสงแดด การใช้ spray dry หรือ การใช้ freeze dry โดยมีลักษณะเป็นผง จากกระบวนการที่ต้องผ่านการทำแห้งทำให้โยเกิร์ตชนิดนี้มีการสูญเสีย กลิ่นรส และเชื้อจุลินทรีย์บางส่วนไป



ภาพที่ 2.8 แสดงกระบวนการต่างๆที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่างๆ

ที่มา : Tamime and Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โยเกิร์ตแช่แข็ง (Frozen Yogurt)

โยเกิร์ตแช่แข็ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไอศกรีม และมีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการ มีโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่ายกว่าและสามารถรับประทานได้โดยทั่วไป โดยไม่เกิดอาการท้องเสีย และที่สำคัญ น่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าโยเกิร์ต เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไอศกรีม ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มที่ไม่นิยมบริโภคโยเกิร์ต เนื่องจาก กลิ่นรส และลักษณะของโยเกิร์ตโดยตรง หันมาบริโภคในรูปแบบของไอศกรีมมากขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีแคลอรี่ต่ำ

โยเกิร์ตแช่แข็ง มีปริมาณสารให้ความหวาน สารให้ความคงตัวและสารอิมัลซิไฟเออร์มากกว่าโยเกิร์ต เนื่องจากต้องการกักเก็บฟองอากาศไว้ในโครงร่างของผลิตภัณฑ์ในขณะที่ผ่านกระบวนการแช่แข็ง

2.3.1 ชนิดของโยเกิร์ตแช่แข็ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (ตารางที่ 2.7) ตามกรรมวิธีการผลิต % overrun และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนี้ (Robinson and Tamine. 1985)

ตารางที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของโยเกิร์ตแช่แข็งชนิดแข็ง และชนิดนุ่ม

องค์ประกอบ (%)	โยเกิร์ตแช่แข็งชนิดนุ่ม	โยเกิร์ตแช่แข็งชนิดแข็ง
ไขมัน	2-6	2-6
Milk Solid Non Fat (MSNF)	5-10	5-14
น้ำตาล	8-20	8-16
สารให้ความคงตัว/สารอิมัลซิไฟเออร์	0.2-1.0	0.2-1.0
% Overrun	50-60	70-80

ที่มา : Robinson and Tamine (1985)

2.3.1.1 โยเกิร์ตแช่แข็งชนิดนุ่ม (Soft Frozen Yogurt) มีเนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม ละลายเร็ว โดยที่มีการบรรจุและการจำหน่ายทำทันทีหลังจากผ่านเข้าเครื่องปั่นไอศกรีมที่อุณหภูมิ -6°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 **โยเกิร์ตแช่แข็งชนิดแข็ง** (Hard Frozen Yogurt) มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งละลายช้า เมื่อผ่านเข้าเครื่องปั่นไอศกรีมจะบรรจุและผ่านกระบวนการทำให้แข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณ -25°C (Hardening) ก่อนจำหน่าย

สำหรับมาตรฐานของโยเกิร์ตแช่แข็ง องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้กำหนดไว้ว่า โยเกิร์ตแช่แข็งจะต้องมีค่าความเป็นกรด (Titratable acidity as lactic acid) ไม่น้อยกว่า 0.5% อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีไม่ได้ถูกกำหนดไว้ ดังนั้นการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งของแต่ละบริษัทจึงขึ้นอยู่กับการยอมรับของผู้บริโภคในแหล่งนั้นๆ จากการสำรวจผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งที่ผลิตโดยบริษัทต่างๆ ในสหรัฐอเมริกา สามารถสรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่วางจำหน่ายทั่วไปได้ ดังตารางที่ 2.8 ดังนี้

ตารางที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมสารให้กลิ่นรส จำนวน 24 ชนิด ที่ผลิตขึ้นในสหรัฐอเมริกา[a]

องค์ประกอบ (%)	ช่วงเปอร์เซ็นต์ที่วิเคราะห์ได้	ค่าเฉลี่ย
ไขมัน	0.8-2.5	1.4
โปรตีน	1.7-4.5	4.0
ของแข็งทั้งหมด	23.6-38.9	30.9
เถ้า	0.7-1.2	0.9
คาร์โบไฮเดรตและอื่นๆ[b]	17.5-34.0	27.8

ที่มา : Kosikowski (1980)

หมายเหตุ [a] : จากผู้ผลิตทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา

[b] : คาร์โบไฮเดรตและรวมไปถึง สารให้ความคงตัวและ กรดแลคติก

2.3.2 **กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง** (ดัดแปลงจาก สุพัตรา โปรณานันท์และ อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์. 2535)

2.3.2.1 **การเตรียมวัตถุดิบ** ส่วนผสมของโยเกิร์ตแช่แข็ง ประกอบไปด้วยส่วนที่ของเหลว ได้แก่น้ำนม โดยจะต้องมีการปรับมาตรฐานไขมันก่อนนำมาใช้ในการผลิต และของแข็ง เช่น ส่วนผสมต่างๆ

2.3.2.2 **การผสม** (Mixing) เป็นการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ได้แก่ น้ำนม สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัวและ ส่วนประกอบที่เป็นไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 **การโฮโมจี ไนซ์** (Homogenization) เป็นการทำให้เม็ดไขมันมีขนาด 1-2 ไมครอน ซึ่งป้องกันการแยกชั้นของครีม ทำให้มีเนื้อนุ่ม และทำให้การปั่นส่วนผสมทำได้ง่าย รวดเร็ว ใช้เวลาในการบ่มไม่นานนัก นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ สารให้ความคงตัว ให้น้อยลง ความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ ขึ้นอยู่กับความหนืด ลักษณะของส่วนผสม ความคงตัวของส่วนผสม และอุณหภูมิ โดยทั่วไปจะใช้ความดันอยู่ที่ประมาณ 2,000-2,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว นอกจากนี้ไขมันในส่วนผสมยังมีผลต่อความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.9 แสดงการเลือกระดับความดันของการโฮโมจีไนซ์สำหรับไขมันที่ระดับต่างๆ

% ไขมัน	Single stage (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	Double stage (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	
		First Valve	Second Valve
8-12	2,500-3,000	2,500-3,000	500
12-14	2,000-2,500	2,000-2,500	500
15-17	1,500-2,000	1,500-2,000	500
18	1,200-1,800	1,200-1,800	500
> 18	800-1,200	800-1,200	500

ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ (2531)

2.6.2.4 **การพาสเจอร์ไรส์** (Pasteurization) เป็นการนำส่วนผสมมาทำการฆ่าเชื้อหลังจากการโฮโมจีไนซ์ ที่อุณหภูมิ 80-85°C เป็นเวลา 15-20 นาที

2.6.2.5 **การถ่ายหัวเชื้อโยเกิร์ต** (Inoculation) เป็นการทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 40-45°C เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

2.6.2.6 **การบ่ม** (Incubation) เป็นขั้นตอนการบ่มเชื้อจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptocoocus thermophilus* ที่อุณหภูมิ 40-45°C นาน 2-8 ชั่วโมง (Short incubation method) หรือ ที่อุณหภูมิ 30°C หรือสูงกว่า นาน 16-18 ชั่วโมง (Long incubation method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.7 **การบ่มในที่เย็น** (Aging) เป็นการหยุดปฏิกิริยาการสร้างกรดแลคติค ของหัวเชื้อโยเกิร์ต ป้องกันการหดตัวของเคิร์ด ทำให้ส่วนผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้น สารให้ความคงตัวในส่วนผสมมีโครงสร้างเจลที่แข็งแรงขึ้น

2.3.2.8 **การปั่นส่วนผสมในเครื่องปั่นไอศกรีม** (Freezing) เป็นขั้นตอนในการทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งและทำให้อากาศเข้าไปผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยจะสิ้นสุดลงเมื่อ ผลิตภัณฑ์ มีความข้นเหนียวหรือพบว่ามีปริมาณอากาศหรือ ผลึกน้ำแข็งที่มากเพียงพอแล้ว (วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531)

2.3.2.9 **การแช่แข็ง** (Hardening) เป็นขั้นตอนในการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องปั่นมีรูปร่างที่แน่นอน ละลายช้าลง โดยนำมาแช่แข็งจนมีอุณหภูมิ -17°C หรือต่ำกว่า ในเวลาที่สั้นที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อนุ่ม โดยปกติจะใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

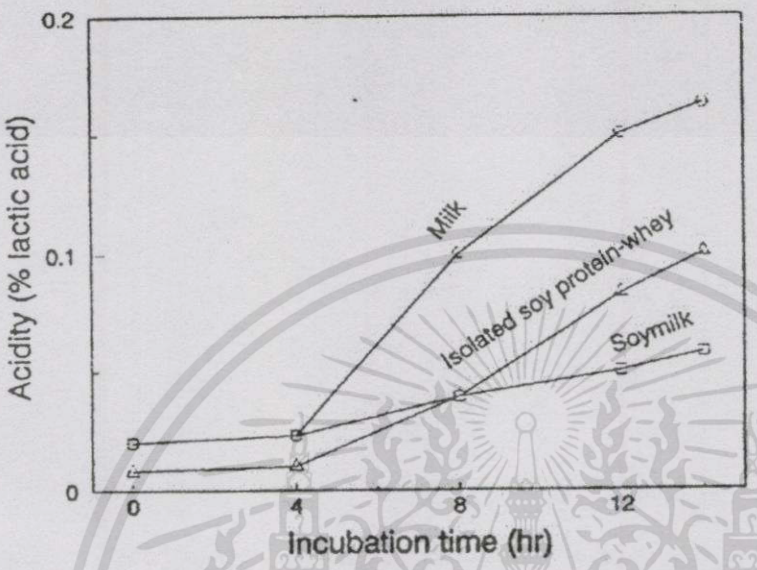
2.4 โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (Soy Yogurt)

เป็นเวลาหลายสิบปีมาแล้ว ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์จากน้ำนมวัว (Dairy Analogs) ซึ่งได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์การอาหารอย่างมาก เนื่องจากราคาที่สูงขึ้นของน้ำนมวัว และจากการที่ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการระหว่างน้ำนมวัวและน้ำนมถั่วเหลืองที่มีราคาถูกกว่าแล้ว น้ำนมถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีแคลอรี่ต่ำ ปราศจากโคเลสเตอรอล และมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณต่ำ (Lui. 1997)

โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (Soy yogurt, sogurt หรือ Soymilk yogurt) เตรียมได้จากการหมัก น้ำนมถั่วเหลืองด้วยเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* และมีกระบวนการในการผลิตคล้ายคลึงกับ โยเกิร์ตจากน้ำนมวัว โดยกรดแลคติคที่ได้จากกระบวนการหมักนมถั่วเหลือง สามารถช่วยลดปัญหาการเกิดกลิ่นถั่วได้ (Pinthong *et al.* 1980a,b,c and Buono *et al.* 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหมักน้ำนมถั่วเหลือง โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) สามารถเจริญได้ดีในน้ำนมถั่วเหลือง แต่ผลิตกรดได้น้อยและช้ากว่ากว่าในน้ำนมวัว (ภาพที่ 2.9) เนื่องจากในน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีองค์ประกอบที่เป็น monosaccharide และ disaccharide lactose

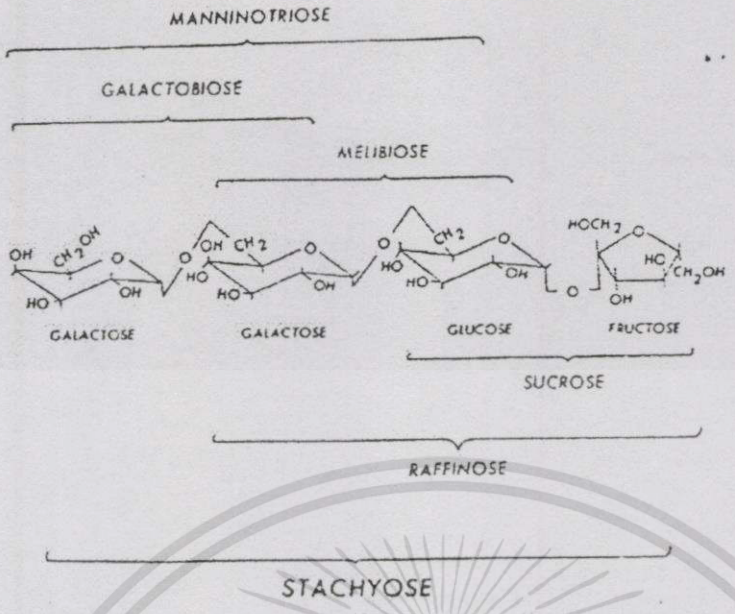


ภาพที่ 2.9 แสดงผลของเวลาในการหมักต่อปริมาณกรดแลคติคของโยเกิร์ตที่ผลิตได้จากวัตถุดิบต่างๆ กัน

ที่มา : Lui (1997)

องค์ประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองประกอบไปด้วย น้ำตาลซูโครส (sucrose) ราฟฟิโนส (raffinose) และสตาชิโอส (stachyose) (ภาพที่ 2.10) ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักไม่สามารถย่อยได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากขาด เอนไซม์อัลฟากาแลคโตซิเดส (α - galactosidase)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลสตาชิโอสในน้ำนมถั่วเหลือง
ที่มา : Mital and Steinkraus (1975)

การศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ได้มีการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้แก่

บวร ภักดีสู่สุข (2539) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำนมถั่วเหลืองและ นมวัวผง ในการผลิตโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง โดยใช้แลคติคแอซิดแบคทีเรีย จากโยเกิร์ตนมวัว โดยเป็นเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ น้ำนมถั่วเหลือง:นมวัวผง เท่ากับ 9:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

Buono *et al.* (1990) ศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของ โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยทำการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลฟรุคโตส 25% สูตรที่ 2 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีการเติมนมผง และสูตรที่ 3 โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีการเติมนมผงขาดมันเนย หลังจากนั้นเปรียบเทียบความเข้มข้นของสตาชิโอส pH ความเปรี้ยว ความหวาน กลิ่นถั่วและความหนืด พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติในด้านกลิ่นถั่วที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับนมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก สูตรที่ 1 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด คะแนนความเปรี้ยวของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร มีค่าเป็น 1.8, 7.8 และ 8.0 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cheng *et al.* (1990) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง โดยทำการผลิต 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 ประกอบไปด้วย น้ำนมถั่วเหลือง แคลเซียมอะซิเตด 0.15% เจลาติน 0.5% สูตรที่ 2 ประกอบไปด้วย น้ำนมถั่วเหลือง แคลเซียมอะซิเตด 0.15% เจลาติน 0.5% และ แลคโตส 2% หลังจากนั้นหมักหมักด้วยหัวเชื้อแลคติค 2 ชนิด คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม คือ plain yogurt ในท้องตลาดและ วิเคราะห์คุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ปริมาณกรดแลคติค (titratable acidity) pH และสี พบว่าเมื่อเปรียบเทียบโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ทั้ง 2 สูตรกับสูตรควบคุม โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองมีกลิ่นถั่วเกิดขึ้น มีรสขมกว่าสูตรควบคุม มีลักษณะเป็นเนื้อทรายเกิดขึ้นในปากเล็กน้อย และมีสีเหลืองเข้มกว่าสูตรควบคุม ส่วนในด้านปริมาณกรดแลคติค พบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติระหว่างสูตรที่ 2 กับสูตรควบคุม

Ruan *et al.* (1997) ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อ คุณภาพของโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ได้แก่ เชื้อที่ใช้ในการหมัก สภาวะที่ใช้ในการหมัก การป้องกันการเกิดการปนเปื้อน และการให้ความร้อนกับนมถั่วเหลือง พบว่าสูตรที่ดีที่สุดในการผลิต คือ การใช้เชื้อผสมของ *Lactobacillus acidophilus* และ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้ปริมาณเชื้อ 4% ปริมาณของแข็งทั้งหมด 5-6 °Brix นมผง 5% น้ำตาลซูโครส 5% และทำการหมักที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

Jae and Seung (1997) ศึกษาถึงการเตรียม โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง เพื่อให้ได้โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต โดยทำการทดลอง 3 สูตรด้วยกัน คือ สูตรที่ 1 ใช้หางนมผงใส่ลงในนมถั่วเหลือง สูตรที่ 2 ใช้หางนมผงผสมกับ isolated soy protein (ISP) สูตรที่ 3 ใช้หางนมผงผสมกับ ISP และผสมกับเวย์ผง และใช้เชื้อ *Lactobacillus helevticus* เป็นหัวเชื้อ พบว่า สูตรที่ 1 เชื้อมีการผลิตกรดต่ำ และมีกลิ่นถั่ว สูตรที่ 2 มีจำนวนเซลล์ของเชื้อมากกว่าสูตรที่ 1 แต่ผลิตกรดได้ต่ำกว่าสูตรที่ 1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง คือ เกิดการแยกชั้นของน้ำในโยเกิร์ตที่มีการเตรียมโดยใช้ส่วนผสมของ ISP เวย์ผง และหางนมผง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ สามารถแก้ไขได้โดยการเติม โซเดียมอัลจิเนตและ โพรพิวลีนไกลคอล อัลจิเนต ที่ความเข้มข้น 0.1%

Lathia *et al.* (1997) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และคุณค่าทางอายุรเวทของนมถั่วเหลืองหมัก โดยทำการทดลองผลิต นมถั่วเหลืองหมัก 2 สูตร สูตรที่ 1 หมักนมถั่วเหลืองโดยใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต จากนมวัว สูตรที่ 2 ทดลองใส่ แอปเปิ้ล ผลไม้แห้ง และผลไม้สดลงไปในสูตรการผลิต แล้วทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โซเดียม ใยอาหาร และปริมาณโคเลสเตอรอล โดยใช้เอนไซม์และทดสอบ คุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ Triangle test พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณค่าทางอายุรเวท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chang *et al.* (1999) ศึกษาผลของการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนในสูตรการผลิตโยเกิร์ต โดยใช้อัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อการเจริญของ *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium bifidum* ตัวอย่างที่ทำการทดลองประกอบไปด้วย นมวัว 100%, นมวัว 50% ผสมกับ นมถั่วเหลือง 50% และ นมถั่วเหลือง 100% พบว่า อัตราการเจริญของ *Lactobacillus acidophilus* เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แต่จะตรงกันข้ามกับ เชื้อ *Bifidobacterium bifidum* ที่จะผลิตกรดได้ต่ำและเจริญได้น้อย ในสูตรที่มีนมถั่วเหลืองมาก

2.4 โยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง (Frozen Soy Yogurt)

โยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกับโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมวัว แต่มีการใช้น้ำนมถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตทดแทนน้ำนมวัว นำไปผ่านการโฮโมจิไนส์ เติมสารให้ความหวาน และสารให้ความคงตัว หมักโดยหัวเชื้อแลคติค 2 ชนิด คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* และบ่มที่อุณหภูมิ 4-5°C ก่อนนำไปปั่นเข้าเครื่องปั่นไอศกรีม (Lui. 1997)

Tuitemwong *et al.* (1993) ศึกษากระบวนการในการผลิตนมถั่วเหลือง โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง และ โยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลืองโดยใช้วิธี Rapid Hydration Hydrothermal Cooking (RHHTC) โดยใช้แป้งถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบผสมกับน้ำ ให้ความร้อนด้วยไอน้ำผ่านเข้าไปในท่อแสตนเลสขนาด 11.5 เมตร ที่อุณหภูมิ 152°C นาน 30-35 วินาทีหลังจากนั้นทำให้เย็นและหมักด้วยเชื้อผสมของ *Lactobacillus acidophilus* และ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้ปริมาณเชื้อ 5% ที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงและปั่นผสมกับสตรอเบอรี่และกล้วย เพื่อเพิ่มกลิ่นรส ส่วนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง ผลิตได้จากส่วนผสมประกอบไปด้วย แป้งถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำตาลอ้อย คาราจีแนน ผสมส่วนผสมทั้งหมดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C 79.5% ส่งผ่านเข้าไปใน RHHTC unit ให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 152° C นาน 30-35 วินาที ทำให้เย็นและหมักด้วยเชื้อผสมของ *Lactobacillus acidophilus* และ *Streptococcus thermophilus* ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บ่มในตู้เย็นข้ามคืน หลังจากนั้นนำมาปั่นผสมกับ พิวรีจากผลไม้ 18 กรัม และน้ำตาล 15 กรัมต่อโยเกิร์ต 100 กรัมในเครื่องปั่นไอศกรีม เก็บที่อุณหภูมิ –40 °C ข้ามคืนที่อุณหภูมิ –20.5 °C นาน 24 ชั่วโมงและที่อุณหภูมิ –10 °C นาน 48 ชั่วโมง. โดยศึกษาถึงส่วนประกอบในการผลิต โยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง ต่อเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) โดยทดลองผลิต 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ดังตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลือง

ส่วนประกอบ (%)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งถั่วเหลือง	10.9	8.0	8.0
น้ำตาลอ้อย	6.1	7.5	6.1
น้ำมันมะพร้าว	4.9	4.9	4.9
คาราจีแนน	0.49	0.49	0.49
เปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun)	45	45	65

ที่มา : Tuitemwong (1997)

จากผลการทดลองดังตารางที่ 2.10 ของ Tuitemwong (1997) พบว่าสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากนมถั่วเหลืองในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณของแข็ง (Solid) สูงในสูตรการผลิตมีค่าความหนืดสูง แต่มีค่า เปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) ต่ำคือ 45% และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งที่ผลิตได้ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หนักและหยาบ ในขณะที่ สูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณของแข็ง (Solid) ต่ำกว่าสูตรที่ 1 และ 2 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) สูงกว่า คือ 65 % และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เบาและเนียนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

3.1.2 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้องหอมมะลิพันธุ์ กข105 จากบริษัท สหกรณ์บริการถาวรพัฒนา จำกัด

3.1.3 รำข้าวผ่านการสกัดไขมัน จาก

บริษัท น้ำมันพืชชิม

3.1.4 หัวเชื้อ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ (plain yogurt) ยี่ห้อ ดัชมิลล์ จาก

บริษัท ดัชมิลล์ จำกัด

3.1.5 สารเคมีที่สำคัญ

3.1.5.1 สารให้ความคงตัว คาราจีแนน จากบริษัท ไดจิเอนเตอร์ไพรส์ จำกัด

3.1.5.2 ฟรุคโตสไซรัป จากบริษัท เจ้าคุณเกษตรพืชผล จำกัด

3.1.5.3 น้ำมันดอกทานตะวันยี่ห้อ กุ๊ก จากบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัก

3.1.5.4 สารให้กลิ่นรส (Fresh Milk Flavor) จากบริษัท ไดจิเอนเตอร์ไพรส์ จำกัด

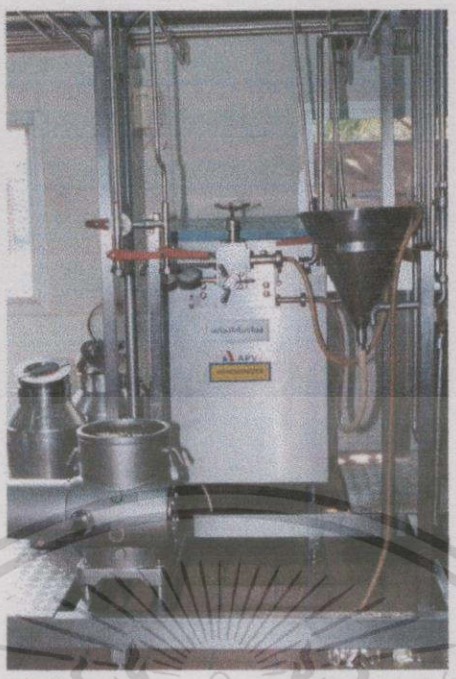
3.1.5.5 Thiamine hydrochloride Merck German

3.2 อุปกรณ์ในการผลิตและเครื่องมือในการวิเคราะห์

3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิต

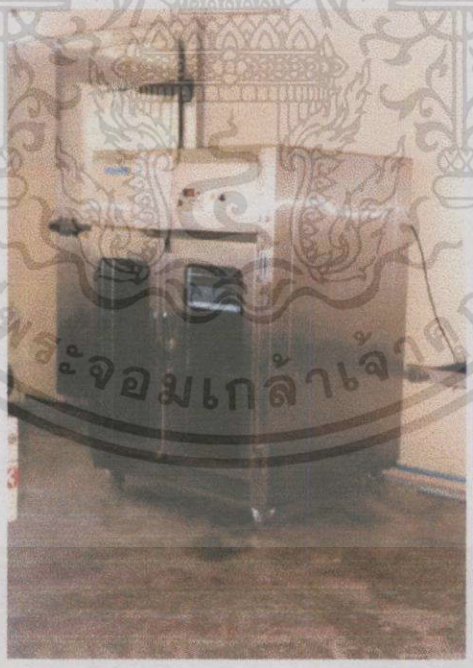
3.2.1.1 เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์	APV Rannie	เดนมาร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์

3.2.1.2 ตู้บ่มโยเกิร์ต Thermotek ประเทศไทย



ภาพที่ 3.2 แสดงตู้บ่มโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 ตู้แช่เย็น 4°C	TOSHIBA	ญี่ปุ่น
3.2.1.4 ตู้แช่แข็ง (Deep freezer)	SANYO	ญี่ปุ่น
3.2.1.5 เครื่องปั่นไอศกรีม ชนิด Batch freezer Cattabriga		อิตาลี

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องปั่นไอศกรีม

3.2.1.6 เครื่องโม่แยกเปลือกถั่ว	-	ประเทศไทย
3.2.1.7 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	SANYO	ญี่ปุ่น
3.2.1.8 เครื่องชั่งชนิดละเอียด	OHOUS	อเมริกา
3.2.1.9 เครื่องปั่น (Blender)	SANYO	ญี่ปุ่น
3.2.1.10 เครื่องร่อนแยกขนาด (Sieve Analyzer)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เครื่องมือในการวิเคราะห์

3.2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความหนืด

1) เครื่องวัดความหนืด Brookfield Digital Rheometer อเมริกา

3.2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

1) เครื่องวัด pH รุ่น MP 220 Mettler Toledo เยอรมัน

3.2.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)

1) Refractometer Alago H-1 ญี่ปุ่น

3.2.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

1) ชุดวิเคราะห์โปรตีน Buchi-B316 สวิสเซอร์แลนด์

3.2.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

1) ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet Apparatus)

3.2.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเสซิทิน

1) อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) Memmert เยอรมัน
2) เครื่องหมุนเหวี่ยง รุ่น Centrikon T-42 K Kontron Instrument อิตาลี
3) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
   (Spectrophotometer) Shimadzu-UV 1601 ญี่ปุ่น
4) เครื่องเขย่า (Shaker)

3.2.2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ วิตามินบีหนึ่ง

1) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
   (Spectrophotometer) Shimadzu-UV 1601 ญี่ปุ่น
2) เครื่องหมุนเหวี่ยง Centrikon T-42 K Kontron Instrument อิตาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (Crude Fiber)

1) ชุดเครื่องย่อย (Digestion apparatus)

2) ชุดกรอง Buchner funnel

3) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memmert เยอรมัน

4) Muffle furnace

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

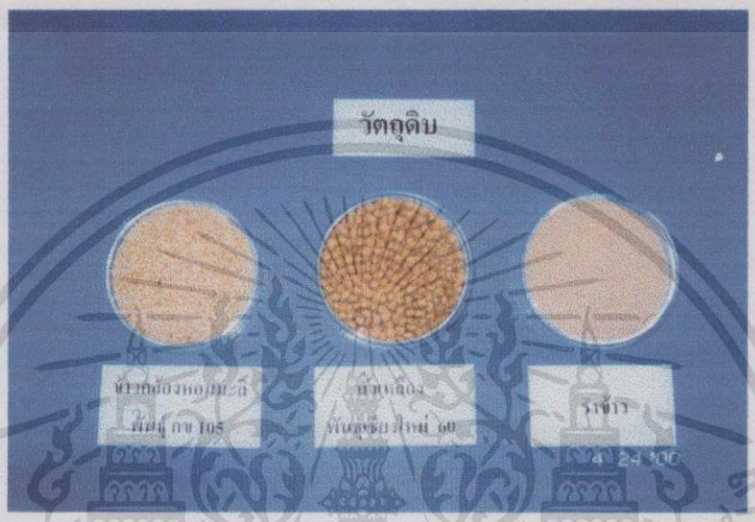
ห้องปฏิบัติการ ตึก Processing I ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โรงเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ ได้แก่ ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60) ข้าวกล้อง (พันธุ์ กข 105) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน



ภาพที่ 3.4 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน

3.4.1.1 ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60)

นำถั่วเหลืองที่ผ่านการโม่ผ่าซีกมาบดผ่านเครื่องบดข้าวให้ละเอียด โดยบด 2 ขั้นตอน คือ บดหยาบ โดยใช้ sieve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตรและบดละเอียด โดยใช้ sieve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)
2) วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)
3) วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)
4) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et at* . 1986) (ภาคผนวก ก)
5) วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 ข้าวกล้อง (พันธุ์ กข 105)

นำข้าวกล้องหอมมะลิ พันธุ์ กข 105 มาบดผ่านเครื่องบดข้าวให้ละเอียด โดยบด 2 ขั้นตอน คือ บดหยาบ โดยใช้ sieve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตรและบดละเอียด โดยใช้ sieve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

2) วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3) วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

4) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et al.* 1986) (ภาคผนวก ก)

5) วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3.4.1.3 รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน (Extracted Rice Bran)

นำรำข้าวสกัดไขมันนำมาร่อนผ่านเครื่องร่อนแยกขนาด (Sieve Analyzer) ที่มีขนาดตะแกรง 100 เมส (mesh) มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

2) วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3) วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

4) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et al.* 1986) (ภาคผนวก ก)

5) วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3.4.2 ศึกษาวิธีการในการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

นำวัตถุดิบ ได้แก่ ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60) และข้าวกล้อง (พันธุ์ กข 105) มาเตรียมเป็นน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

แช่ถั่วเหลืองที่ผ่านการโม่ลงในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต
ความเข้มข้น 0.5% 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 °C (อัตราส่วน ถั่ว:สารละลาย = 1:3)

⇩

รินสารละลายทิ้ง, ล้างถั่ว
นำถั่วที่ผ่านการล้างห่อด้วยผ้าขาวบาง

⇩

แช่ในน้ำเดือด 1 นาที และทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำธรรมดา

⇩

นำไปบดกับน้ำที่อุณหภูมิ 80°C 2 นาที
(อัตราส่วน ถั่ว:น้ำ = 1:5)

⇩

กรอง ล้างกากด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80°C
และแยกส่วนที่ไม่ละลายออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

⇩

น้ำนมถั่วเหลือง

ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง
ที่มา : ดัดแปลงจาก ทศพร ยศสมบัติ. (2527)

3.4.2.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง

ข้าวกล้องหุงสุก

⇩

ปั่นกับน้ำ (อัตราส่วน ข้าว:น้ำ = 1:6),2 นาที

⇩

กรองแยกส่วนที่ไม่ละลายออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

⇩

น้ำนมข้าวกล้อง

ภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง
ที่มา : ดัดแปลงจาก นัทกาญจน์ กองศรีมา. (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

นำน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำนมข้าวกล้องที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมตามหัวข้อ 3.4.2.1 และ 3.4.2.2 มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

2) วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3) วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC. 1955) (ภาคผนวก ก)

4) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et al.* 1986) (ภาคผนวก ก)

5) วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

6) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง (pH) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid,TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

3.4.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง

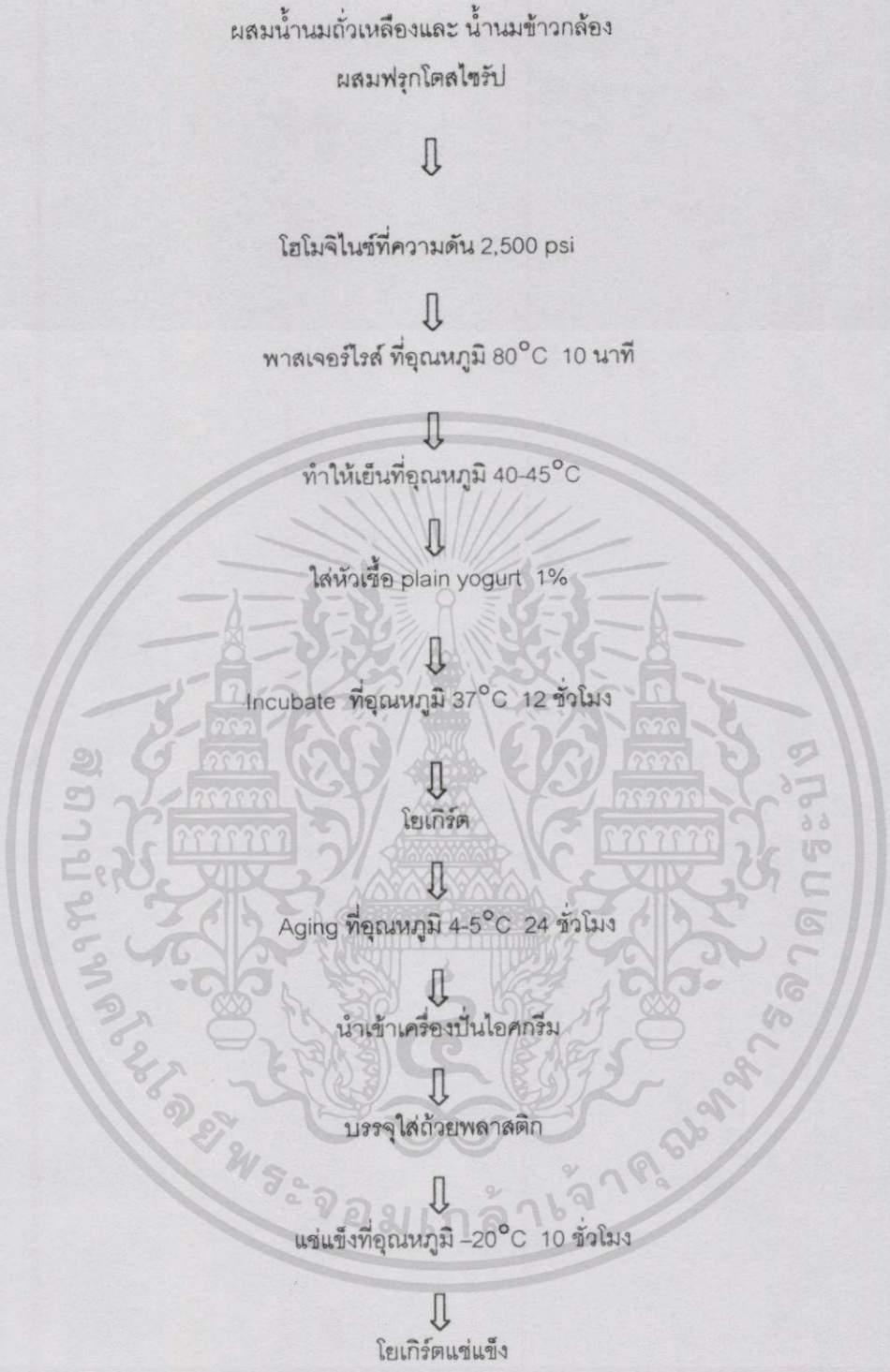
3.4.3.1 การศึกษาอัตราส่วนเบื้องต้น

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมในหัวข้อ 3.4.2 มาผลิตเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7 โดยแบ่งอัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง ออกเป็น 100 : 0 75 : 25 50 : 50 25 : 75 และ 0 : 100 และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพของโยเกิร์ต ดังต่อไปนี้

1) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

2) ตรวจสอบหาค่าความหนืด (Viscosity) (ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง
ที่มา : ดัดแปลงจาก สุพัตราและ อำไพพรรณ (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง

ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นกลุ่มนักศึกษาปริญญาตรีและโท ของภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทดสอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ใช้การทดสอบโดยวิธี Hedonic scale ที่ระดับคะแนน 1-5 (1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉยๆ 4 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบมาก) ดังแบบฟอร์มในภาคผนวก ง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำผลที่ได้โดยนำค่าตัวเลขไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมต่อไป

3.4.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

นำอัตราส่วนที่ใช้ในหัวข้อ 3.4.3 ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุดมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยแบ่งอัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องดังนี้ 30 : 70, 25 : 75 และ 20 : 80 นำมาผลิตเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7 แต่มีการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมสารให้ความคงตัว คือ คาราจีแนน ในขั้นตอนก่อนการ โฮโมจีไนซ์ ดังนี้ 0.45, 0.50 และ 0.55%

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ขนาด 3 × 3

ปัจจัยที่ 1 อัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง 3 ระดับ คือ 30 : 70, 25 : 75 และ 20 : 80

ปัจจัยที่ 2 ปริมาณของคาราจีแนน 3 ระดับ คือ 0.45, 0.50 และ 0.55%

3.4.4.1 ทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต

1) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง (pH) วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติ กจากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity, TA) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid,TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

2) ตรวจสอบหาค่าความหนืด (Viscosity) (ภาคผนวก ค)

3.4.4.2 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง

1) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูล ศักดิ์ กาวิละ) (ภาคผนวก ข)

2) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง เหมือน หัวข้อ 3.4.3.2

3.4.4.3 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 7.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสูตรในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองน้ำนมข้าวกล้อง

3.4.5 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความคงตัว คาราจีแนนในการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

นำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดในหัวข้อ 3.4.4 มาปรับปริมาณคาราจีแนนเป็น 3 ระดับได้แก่ 0.45 0.25 0.05% เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัส โดยนำมาผลิตเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7 และนำโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็งที่ทำการผลิตได้มาทดสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.5.1 ทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต

1) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกจากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity, TA) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

2) ตรวจสอบหาค่าความหนืด (Viscosity) (ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง

1) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูล ศักดิ์ กาวิละ) (ภาคผนวก ข)

2) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง เหมือน หัวข้อ 3.4.3.2

3.4.6 การศึกษาการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็ง โดยการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน

นำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง จากการศึกษาในหัวข้อ 3.4.5 ทั้ง 3 สูตรมาเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวันลงไปในปริมาณ 4 % (w/v) (Tamime and Robinson. 1985) ในขั้นตอนผสมก่อนผ่านการโฮโมจีไนซ์ ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7

การเลือกใช้น้ำมันดอกทานตะวัน เนื่องจากมีคุณลักษณะในด้าน สี กลิ่นที่ดีกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว กล่าวคือ น้ำมันดอกทานตะวันมีสีใสและมีกลิ่นหอมของดอกทานตะวัน และเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและเป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของผลิตภัณฑ์ ของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นนำโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็งที่ทำการผลิตได้มาทดสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.6.1 ทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต

1) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกจากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity, TA) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

2) ตรวจสอบหาค่าความหนืด (Viscosity) (ภาคผนวก ค)

3.4.6.2 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง

1) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลศักดิ์ กาวิละ) (ภาคผนวก ข)

2) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง เหมือน หัวข้อ 3.6.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมันลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม

นำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดในหัวข้อ 3.4.6 มาผลิตเป็น โยเกิร์ตแช่แข็งตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7 โดยนำรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมาร่อนผ่านเครื่องร่อนแยกขนาด (Sieve Analyzer) และใช้ตะแกรงที่มีขนาด 100 เมส (mesh) โดยเติม รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันลงในขั้นตอนหลังจากผ่านการโฮโมจีไนซ์ โดยแบ่งอัตราส่วนของรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% และเติมสารให้กลิ่นรส นมสด (Fresh Milk Flavor) 0.3% ลงในขั้นตอนการปั่นเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางด้านกลิ่นรส หลังจากนั้นนำโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็งที่ทำการผลิตได้มาทดสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.7.1 ทดสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต

1) ตรวจสอบความเป็น กรด – ด่าง (pH) วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติ กจากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity, TA) วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ข)

2) วิเคราะห์หาค่าความหนืด (Viscosity) (ภาคผนวก ค)

3.4.7.2 ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง

1) วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) (ภาคผนวก ข)

2) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง เหมือน หัวข้อ 3..3.2 และนำสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ดังต่อไปนี้

3.6.7.3 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3.6.7.4 วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3.6.7.5 วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

3.6.7.6 วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et al.* 1986) (ภาคผนวก ก)

3.6.7.7 วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) (ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

เมื่อนำวัตถุดิบ ได้แก่ ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60) ข้าวกล้อง (ข้าวกล้องพันธุ์ กข 105) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60)และ ข้าวกล้อง (พันธุ์ กข 105) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี				
	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	วิตามินบีหนึ่ง (กรัม/100 มล.)	เลซิทิน (มก./100 มล.)
ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่ 60)	37.8± 0.69	22.75± 0.18	6.86± 0.08	1.18±0.06	12.58±0.06
ข้าวกล้อง (พันธุ์ กข 105)	6.27± 0.1	3.23± 0.12	1.18± 0.06	0.16±0.02	4.27±0.09
รำข้าวสกัดไขมัน	19.9± 0.04	1.07± 0.02	9.77± 0.33	0.37±0.06	3.54±0.04

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ผลการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (ตารางที่ 4.1) ได้แก่ ถั่วเหลือง และข้าวกล้อง พบว่าถั่วเหลืองเป็นพืชที่มี โปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง โดยมีประมาณ 37.8% โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในถั่วเหลือง เป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโน ที่จำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 8 ชนิด แต่มีปริมาณ เมทไทโอนีน (methionine) ในปริมาณต่ำ ในขณะที่ ข้าวกล้องซึ่งเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง ที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพียง 6.27% แต่โปรตีนที่อยู่ในข้าวกล้องซึ่งมีปริมาณน้อยแต่อุดมไปด้วย กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง รวมทั้งมีปริมาณเมทไทโอนีนสูงกว่าในถั่วเหลือง แต่ขาด กรดอะมิโนไลซีน ซึ่งมีปริมาณต่ำ ดังนั้นการนำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด คือถั่วเหลือง และข้าวกล้องมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง จึงน่าจะเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โภชนาการและทำให้ร่างกายได้โปรตีนที่สมบูรณ์มากกว่า การใช้ถั่วเหลืองหรือ ข้าวกล้องมาเป็นวัตถุดิบเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในถั่วเหลืองและ ข้าวกล้องมีปริมาณ 22.75 และ 3.23 % ตามลำดับ โดยไขมันที่เป็นองค์ประกอบนี้ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่และมีโคเลสเตอรอลต่ำ

นอกจากถั่วเหลืองและข้าวกล้องจะประกอบไปด้วยโปรตีนและไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีประโยชน์แล้ว ยังประกอบไปด้วยส่วนอื่นๆ ที่มีประโยชน์อีก ได้แก่ ใยอาหาร 6.86 และ 1.8% ตามลำดับ วิตามินบีหนึ่ง 1.18 และ 0.16 กรัม/100 มิลลิลิตร และเลซิทิน 12.58 และ 4.27 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและสามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น ใยอาหาร มีประโยชน์ต่อร่างกาย ในการช่วยป้องกัน โรคมะเร็ง ป้องกันโรคอ้วน ช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นและยังช่วยป้องกันโรคความดันโลหิตสูงได้ด้วย วิตามินบีหนึ่งช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ส่วนเลซิทินช่วยในการดูดซึมไขมันและลดระดับโคเลสเตอรอลในร่างกาย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวสกัดไขมัน จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีน 19.9% ไขมัน 1.07% ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำ วิตามินบีหนึ่ง 0.37 กรัม/100 มิลลิลิตร เลซิทิน 3.54 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และที่สำคัญ คือมีองค์ประกอบที่เป็นใยอาหารอยู่สูงถึง 9.77% ซึ่งสามารถนำรำข้าวสกัดไขมันนี้มาเสริมลงในผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็งเพื่อเป็นการเสริมใยอาหารได้เป็นอย่างดี

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

นำน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องที่เตรียมได้จาก หัวข้อ 3.6.2 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแสดงผล ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 และ น้ำนมข้าวกล้องจากข้าว พันธุ์ กข 105

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี							
	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใย อาหาร (%)	วิตามินบี หนึ่ง (g/100 ml.)	เลซิทิน (mg/100 ml.)	pH	Total Solid (%)	TSS (^{o}Brix)
น้ำนมถั่ว เหลือง	3.76± 0.4	2.3± 0.05	0.12± 0.03	0.14±0.02	6.51± 0.23	6.75	8.76	9
น้ำนมข้าว กล้อง	0.28± 0.04	0.14± 0.02	0.05± 0.01	0.06±0.01	0.37± 0.05	7.19	5.26	4

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ผลการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 และน้ำนมข้าวกล้องจากข้าว พันธุ์ กข 105 แล้วพบว่าประกอบไปด้วย โปรตีน 3.76 และ 0.28% ไขมัน 2.3 และ 0.14 % ใยอาหาร 0.12 และ 0.05 % วิตามินบีหนึ่ง 0.14 และ 0.06 กรัม/100 มิลลิลิตร และเลซิทิน 6.51 และ 0.37 มก./100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่มีประโยชน์และสำคัญต่อร่างกาย แต่มีปริมาณน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการ ได้รับจากถั่วเหลืองและข้าวกล้องโดยตรง แต่ก็เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่น่าสนใจในการนำมาผลิตเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ ซึ่งมีปริมาณแคลอรี่และโคเลสเตอรอลสูง จากการศึกษา พบว่า การดื่มน้ำนมถั่วเหลืองจะช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อ การเกิดโรคหัวใจได้ดีกว่าการได้รับโปรตีนจากนมในสัตว์ (นิรนาม. 2542) นอกจากนั้นยังพบว่า ผู้ที่ต้องการโปรตีนจากนมแต่ไม่มีน้ำย่อยแลคเตสสำหรับย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมวัว สามารถบริโภคน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย (คัคนางค์ ทองสุข. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

จากการทดลองผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำนมข้าวกล้อง โดยทำการศึกษาอัตราส่วนเบื้องต้นของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง ในการผลิต จากการแบ่งอัตราส่วนในการผลิตออกเป็น 5 อัตราส่วน คือ 100 : 0 75 : 25 50 : 50 25 : 75 และ 0 : 100 และนำมาผลิตเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง ตามขั้นตอนการผลิตจากภาพที่ 3.7 แสดงผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต

สูตรที่	อัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง	ผลการทดลอง								
		ค่า pH		TA(%)		TS (%)		TSS (°Brix)		ค่าความหนืด (Centipoise)
		ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	
1	100 : 0	6.75^{e}	4.47^{c}	0.18^{a}	1.29^{a}	16.35^{d}	15.31^{a}	16^{ns}	14^{b}	$5,327^{a}$
2	75 : 25	6.82^{d}	4.42^{d}	0.15^{b}	0.99^{b}	16.73^{c}	15.92^{b}	16^{ns}	14^{b}	$4,448^{b}$
3	50 : 50	6.85^{c}	4.39^{e}	0.12^{c}	0.84^{c}	16.37^{d}	16.05^{b}	16^{ns}	15^{a}	$3,532^{c}$
4	25 : 75	6.91^{b}	4.50^{b}	0.11^{d}	0.56^{d}	17.55^{a}	16.82^{a}	16^{ns}	15^{a}	916^{d}
5	0 : 100	7.19^{a}	5.26^{a}	0.04^{e}	0.14^{e}	17.42^{b}	16.92^{a}	16^{ns}	15^{a}	144^{e}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{ns} แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

   TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

   TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของโยเกิร์ต 5 สูตรเบื้องต้น (ตารางที่ 4.3) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) และความเป็นกรดด่างลดลง หลังจากผ่านกระบวนการหมัก มีค่าแปรผกผันกับปริมาณน้ำนมข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นจากสูตรที่ 1 ถึง 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ปริมาณกรดแลคติค จากการหาค่าปริมาณกรดทั้งหมด (TA) มีปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่าแปรผกผันกับปริมาณน้ำนมข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นจากสูตรที่ 1 ถึง 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งเป็นผลมาจากหัวเชื้อโยเกิร์ตมีการใช้สารอาหารในน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง และผลิตเป็นกรดแลคติคออกมา สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีหัวเชื้อโยเกิร์ตมีการผลิตกรดออกมาได้สูงที่สุด คือ 1.29% รองลงมาคือ สูตรที่ 2,3,4 และ 5 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของโยเกิร์ต จากการวัดความหนืด พบว่าค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตรมีค่าเท่ากับ 5,327 4,448 3,532 916 และ 144 ตามลำดับ ค่าความหนืดมีค่าแปรผกผันกับปริมาณน้ำนมข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นจากสูตรที่ 1 ถึง 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากความหนืดของโยเกิร์ตเกิดจากองค์ประกอบและความคงตัวของของก้อนตกตะกอน (coagulum) หรือ เคิร์ด (curd) ของโยเกิร์ต ซึ่งมีความสำคัญต่อ กระบวนการผลิตโยเกิร์ตโดยขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนที่อยู่ในส่วนผสม (Tamime and Robinson. 1985) ดังนั้นจึงสอดคล้องกับผลการทดลองที่สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีความหนืดสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด ส่วนโยเกิร์ต สูตรที่ 5 มีความหนืดต่ำที่สุด เนื่องจากประกอบไปด้วยน้ำนมข้าวเพียงอย่างเดียวและมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง กับ น้ำนมข้าวกล้องที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

	ค่า pH	TA	TS	TSS	ความหนืด
น้ำนมถั่วเหลือง	-.714**	.987**	-.972**	-.866**	.977**

หมายเหตุ อัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง = 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง กับ น้ำนมข้าวกล้องที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ พบว่า

อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง มีอิทธิพลต่อ pH, ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือเมื่ออัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ค่า pH, ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (TA) และความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อ อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้องมีอิทธิพลต่อ pH, ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ เมื่ออัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ค่า pH, ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ส่วนปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (TA) และความหนืดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 5สูตรเบื้องต้น

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 5 สูตรเบื้องต้น

สูตรที่	อัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง	คุณลักษณะ				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	100 : 0	3.25^{a}	2.40^{b}	1.75^{c}	2.75^{ab}	2.25^{c}
2	75 : 25	3.45^{a}	2.85^{ab}	2.55^{b}	2.60^{b}	2.65^{bc}
3	50 : 50	3.45^{a}	2.90^{ab}	2.55^{b}	3.10^{ab}	2.80^{b}
4	25 : 75	3.00^{a}	3.00^{a}	3.25^{a}	3.30^{a}	3.40^{a}
5	0 : 100	1.80^{b}	3.10^{a}	2.75^{ab}	3.25^{a}	2.95^{ab}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 20 คน
2. ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 5สูตรเบื้องต้น (ตารางที่ 4.5) พบว่า คุณลักษณะทางด้านสี ในสูตรที่ 1-4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนสูตรที่ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากสูตรที่ 5 ประกอบไปด้วยน้ำนมข้าวกล้องเป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียวทำให้โยเกิร์ตแช่แข็งที่ได้มีสีขาว เป็นมันวาวคล้ายแวกซ์ ส่วนสูตรอื่นๆ มีสีออกเหลืองของน้ำนมถั่วเหลือง

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น สูตรที่ 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อย่างเช่นกับสูตรอื่นๆ เนื่องมาจากประกอบไปด้วยน้ำนมข้าวกล้องในปริมาณสูง ซึ่งสามารถช่วยกลบกลิ่นถั่วที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ส่วนสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด เนื่องจากประกอบไปด้วยน้ำนมถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ทำให้ยังคงมีกลิ่นถั่วอยู่ในปริมาณสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะด้านรสชาติของโยเกิร์ต สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%กับสูตรอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด รองลงมา คือ สูตรที่ 5,2,3 และ 1 ตามลำดับ

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 4 และ 5 ได้รับคะแนนความชอบสูงใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%กับสูตรอื่นๆ แต่จากข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่พบว่า คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสยังไม่ดีพอเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นเกล็ดน้ำแข็งขนาดใหญ่ และสามารถรับรู้ได้ ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพในด้านนี้เพิ่มเติม

ด้านความชอบรวม สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%กับสูตรอื่นๆ อย่างชัดเจน

จากการศึกษาสูตรเบื้องต้นในการทดลองจากขั้นตอนนี้ ได้นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง ต่อ น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 โดยทำการแบ่งอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง ต่อ น้ำนมข้าวกล้อง ออกเป็น 3 ระดับ คือ 30 : 70, 25 : 75 และ 20 : 80 และใส่สารให้ความคงตัว คือคาราจีแนน เพื่อปรับปรุงคุณภาพคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ 3 ระดับ คือ 0.45%, 0.50% และ 0.55%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องและ ปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้อัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง 3 ระดับ คือ 30 : 70, 25 : 75 และ 20 : 80 และอัตราส่วนของสารให้ความคงตัวคาราจีแนน 3 ระดับ คือ 0.45, 0.50 และ 0.55% พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตร

สูตรที่	ปัจจัยที่ 1 อัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	ปัจจัยที่ 2 คาราจีแนน (%)	ผลการทดลอง									
			ค่า pH		TA(%)		TS (%)		TSS (^{o}Brix)		ค่าความหนืด (Centi poise)	% overrun
			ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก		
1	30 : 70	0.45	6.74^{c}	4.86^{ab}	0.11^{ns}	0.13^{ns}	19.19^{d}	17.7^{b}	16^{ns}	14^{ns}	4,451^{g}	8.49^{e}
2	30 : 70	0.50	6.80^{b}	4.85^{ab}	0.12^{ns}	0.12^{ns}	19.24^{c}	17.82^{ab}	16^{ns}	14^{ns}	8,518^{d}	9.25^{d}
3	30 : 70	0.55	6.78^{c}	4.82^{b}	0.12^{ns}	0.13^{ns}	19.26^{c}	17.94^{a}	16^{ns}	14^{ns}	11,416^{a}	10.6^{b}
4	25 : 75	0.45	6.85^{d}	4.82^{c}	0.12^{ns}	0.13^{ns}	19.70^{c}	16.65^{d}	16^{ns}	14^{ns}	4,323^{g}	10.3^{b}
5	25 : 75	0.50	6.82^{f}	4.98^{a}	0.11^{ns}	0.12^{ns}	19.73^{b}	17.11^{c}	16^{ns}	14^{ns}	7,262^{f}	11.3^{a}
6	25 : 75	0.55	6.83^{e}	4.96^{a}	0.12^{ns}	0.13^{ns}	19.81^{a}	17.7^{b}	16^{ns}	14^{ns}	10,696^{c}	9.12^{o}
7	20 : 80	0.45	6.97^{a}	4.7^{c}	0.11^{ns}	0.14^{ns}	18.22^{e}	17.38^{e}	16^{ns}	14^{ns}	4,412^{g}	7.71^{f}
8	20 : 80	0.50	6.92^{a}	4.8^{b}	0.11^{ns}	0.12^{ns}	19.08^{d}	16.7^{d}	16^{ns}	14^{ns}	7,796^{e}	9.66^{c}
9	20 : 80	0.55	6.95^{a}	4.83^{d}	0.12^{ns}	0.14^{ns}	19.32^{c}	17.82^{ab}	16^{ns}	14^{ns}	11,212^{b}	7.87^{f}

หมายเหตุ

1 ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

2 ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e,f,g} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e,f,g} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตรพบว่า ค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรมีค่าลดลงหลังจากผ่านกระบวนการหมัก เนื่องจากเชื้อโยเกิร์ตมีการผลิตกรดแลคติคออกมา ทำให้ค่า pH ลดลง โดยพบว่าค่า pH มีค่าสูงในสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และมีค่าสูงที่สุดในสูตรที่ 5 ที่ pH เท่ากับ 4.98 อัตราส่วนของคาราจีแนน เท่ากับ 0.50% และค่า pH มีค่าต่ำในสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 20 : 80 และมีค่าต่ำสุดที่ pH เท่ากับ 4.7 ในสูตรที่ 7 ซึ่งมีอัตราส่วนของคาราจีแนนเท่ากับ 0.45% จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า pH ในโยเกิร์ตแต่ละสูตรทั้ง 9 สูตรพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

% ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (TA) ของโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการหมัก โดยมีปริมาณสูงในสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 20 : 80 และมีปริมาณน้อยในสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 30 : 70 ส่วนสูตรที่มีอัตราส่วนของคาราจีแนน เท่ากับ 0.50 % มีแนวโน้มที่ปริมาณ TA มีค่าต่ำ แต่สูตรที่มีอัตราส่วนของคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% และ 0.55% มีแนวโน้มที่ปริมาณ TA มีค่าสูงและใกล้เคียงกัน แต่จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า TA ในโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

% ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ของโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรมีค่าลดลงหลังจากผ่านกระบวนการหมัก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุดในสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณคาราจีแนนเท่ากับ 0.55 % และน้อยที่สุดในสูตรที่ 4 ที่มีอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 ปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าแปรผันโดยตรงกับปริมาณคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรมีค่าเท่ากันก่อนผ่านกระบวนการหมัก คือ เท่ากับ 16°Brix ซึ่งเป็นปริมาณ เริ่มต้นที่เหมาะสมกับการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต และหลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว พบว่าปริมาณ TSS มีค่าลดลงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการวัดความหนืด ของโยเกิร์ตทั้ง 9 สูตรมีค่า แปรผันโดยตรงกับปริมาณคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดในสูตรที่มีปริมาณคาราจีแนนเท่ากับ 0.55%, 0.50% และ 0.45% ลดลงตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งค่าความหนืดที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Arbuckle (1986) ที่พบว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากปริมาณไขมันและปริมาณสารให้ความคงตัวที่เพิ่มขึ้น และเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็ง มีเนื้อสัมผัสเนียนและมีความต้านทานการละลายเพิ่มขึ้นแต่คุณภาพในการตีให้เกิดฟองอากาศ (whipping) ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งลดลง และค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนืดที่ได้ยังมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Tuitemwong (1997) ที่ได้ทดลองผลิตโยเกิร์ตจนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตแช่แข็งจากแป้งถั่วเหลือง โดยวัดความหนืดของโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ซึ่งประกอบไปด้วย นมถั่วเหลือง น้ำมันพืช น้ำตาล และสารให้ความคงตัว (เจลาติน) มีค่าเท่ากับ 6,000 centipoise

ส่วนด้านของความหนืดกับอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละสูตร และไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการหา %overrun พบว่าโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 9 สูตรมีค่า 7.71-11.31% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากเป็นผลมาจากปริมาณของแข็งและ ความหนืดที่สูงเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Tuitemwong (1997) ที่ได้ทดลองผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากถั่วเหลือง 3 สูตร แต่ละสูตรมีส่วนประกอบแตกต่างกันที่ปริมาณของแข็ง โดยพบว่า สูตรที่มีปริมาณของแข็งสูงจะมี %overrun ของโยเกิร์ตต่ำกว่า สูตรที่มีปริมาณของแข็งต่ำ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง กับ น้ำนมข้าวกล้องและปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

	ค่า pH	TA	TS	TSS	ความหนืด	Overrun
น้ำนมถั่วเหลือง	.344ns	.274 ns	.464*	-	.048 ns	.359 ns
คาราจีแนน	.394*	.548**	.512**	-.094 ns	.992**	.125 ns

หมายเหตุ อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง = 30 : 70, 25 : 75 และ 20 : 80
ปริมาณคาราจีแนน = 0.45%, 0.50% และ 0.55%
* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- = ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากผลการทดลองเป็นค่าคงที่

จากผลการวิเคราะห์วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของอัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง กับ น้ำนมข้าวกล้องและ คาราจีแนนพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้องมีอิทธิพลต่อ คุณลักษณะของโยเกิร์ตแช่แข็งในทางเดียวกันคือ เมื่ออัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้องเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนคุณลักษณะด้านอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น pH ก็จะเพิ่มขึ้น

ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อ ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (TA),ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และความหนืดไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (TA), ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) และความหนืด จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) จะลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตร

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง 9 สูตร

สูตรที่	อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	คาราจีแนน (%)	คุณลักษณะ				
			สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	30 : 70	0.45	3.27^{b}	2.93^{ab}	3.33^{a}	3.20^{a}	3.53^{ab}
2	30 : 70	0.50	3.27^{b}	3.33^{ab}	2.73^{bcd}	3.33^{a}	2.87^{c}
3	30 : 70	0.55	3.27^{b}	3.07^{ab}	2.60^{cd}	3.07^{a}	3.00^{bc}
4	25 : 75	0.45	3.53^{ab}	3.33^{ab}	3.40^{a}	3.53^{a}	3.73^{a}
5	25 : 75	0.50	3.40^{ab}	3.27^{ab}	3.07^{abc}	3.07^{a}	3.00^{bc}
6	25 : 75	0.55	3.47^{ab}	3.33^{ab}	2.73^{bcd}	3.20^{a}	2.87^{c}
7	20 : 80	0.45	3.47^{ab}	3.20^{ab}	2.40^{a}	3.13^{a}	2.80^{c}
8	20 : 80	0.50	3.73^{a}	3.27^{ab}	3.00^{abc}	3.33^{a}	3.47^{ab}
9	20 : 80	0.55	3.73^{b}	3.53^{a}	3.27^{ab}	3.13^{a}	3.20^{abc}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 20 คน
2. ตัวอักษร ^{a,b,c,d} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษร ^{a,b,c,d} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดลองทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 9 สูตรที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเติมคาราจีแนน (ตารางที่ 4.8) พบว่า

คุณลักษณะทางด้านสี พบว่าสูตรที่ 8 และ 9 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สูตรที่ 4,5,6 และ 7 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และสูตรที่ 1,2 และ 3 ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกัน

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่าสูตรที่ 9 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดและมีความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%กับสูตรอื่นๆ

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่าสูตรที่ 1 และ 4 ได้รับคะแนนความชอบสูงใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างได้โดยดูจากข้อเสนอแนะ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีแนวโน้มที่คะแนนความชอบจะลดลงเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น

คุณลักษณะทางด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%กับสูตรอื่นๆ

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 9 สูตร สามารถสรุปได้ว่าสูตรที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยอัตราส่วนของของน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะนำมาพัฒนาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบทางด้าน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด และมีความแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ คือในด้านความหนืดและ % overrun

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ โดยการวัดความหนืด พบว่าเมื่อมีการใส่คาราจีแนนลงไปในสูตรการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมากกับการที่ไม่ใส่คาราจีแนนในสูตรเบื้องต้น โดยมีค่าแปรผันโดยตรงกับปริมาณคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ทางสถิติก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ผู้ชิม ไม่สามารถแยกคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสได้ แม้ว่าความหนืดจะมีค่าแตกต่างกันมาก และมีแนวโน้มที่คะแนนความชอบจะลดลงเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มมากกว่า 0.45%

ผลการหาค่า เปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) มีค่าต่ำมากเนื่องจากความหนืดและปริมาณของแข็งที่สูงเกินไปของโยเกิร์ต และเป็นผลทำให้ผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งที่ได้ มีลักษณะหนักและไม่รู้สึกว่ามีฟองอากาศอยู่ในปากเหมือนรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นไอศกรีมทั่วไป (จากข้อเสนอแนะของผู้ชิมส่วนใหญ่)ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาสูตรต่อไปโดยการลดปริมาณคาราจีแนนลงเพื่อเป็นการเพิ่ม ค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) และเป็นการลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ลงและมีปริมาณคาราจีแนนไม่เกิน 0.45% โดยนำสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองหาสูตรที่เหมาะสมจากทั้งหมด 9 สูตร คือ สูตรที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยอัตราส่วนของของน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% มาพัฒนาต่อ โดยปรับอัตราส่วนของคาราจีแนนเป็น 3 อัตราส่วน คือ 0.45, 0.25% และ 0.05%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความคงตัว คาราจีแนน ในการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

จากการนำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.4 คือ สูตรที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และ ปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% มาปรับปริมาณคาราจีแนนเป็น3 ระดับ ได้แก่ 0.45, 0.25 และ 0.05% โดยนำมาผลิตเป็น โยเกิร์ตแช่แข็งจาก น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.7 แสดงผลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต และโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการปรับปริมาณคาราจีแนนเป็น 3 ระดับ

สูตรที่	ปัจจัยที่ 1 อัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	ปัจจัยที่ 2 คาราจีแนน (%)	ผลการทดลอง									
			ค่า pH		TA(%)		TS(%)		TSS (^{o}Brix)		ค่าความหนืด (Centi poise)	% overrun
			ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก		
1	25 : 75	0.45	6.61^{a}	4.23^{c}	0.04^{ns}	0.135^{b}	16.86^{ns}	16.79^{ns}	16^{ns}	13^{ns}	$3,849^{a}$	10.35^{b}
2	25 : 75	0.25	6.57^{b}	4.25^{b}	0.05^{ns}	0.187^{a}	17.61^{ns}	16.96^{ns}	16^{ns}	13^{ns}	$1,017^{b}$	10.35^{c}
3	25 : 75	0.05	6.56^{c}	4.28^{a}	0.05^{ns}	0.189^{a}	17.62^{ns}	17.13^{ns}	16^{ns}	13^{ns}	485^{c}	12.28^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

   TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

   TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากผลการทดลอง วิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง (ตารางที่ 4.9) พบว่า

ค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก โดยมีค่าต่ำสุดในสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนของ คาราจีแนน เท่ากับ 0.45% มีค่า pH เท่ากับ 4.23 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า pH ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (%TA) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการหมัก โดยมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อ อัตราส่วนของคาราจีแนนลดลง โดยมีปริมาณสูงที่สุดในสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของคาราจีแนน เท่ากับ 0.05% มี %TA เท่ากับ 0.189% และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า %TA ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2 และ 3

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก โดยมีปริมาณ TS ลดลงมากที่สุดในสูตรที่ 1 เท่ากับ 16.79% จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า TS ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าเท่ากันก่อนผ่านกระบวนการหมัก คือ เท่ากับ 16^{o}Brix ซึ่งเป็นปริมาณ เริ่มต้นที่เหมาะสมกับการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต และหลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว พบว่าปริมาณ TSS มีค่าลดลงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ต ทั้ง 3 สูตร ในด้านความหนืด พบว่าค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิตลดลง ซึ่งมีค่ามากที่สุด ในสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิต 0.45% รองลงมาคือ สูตรที่ 2 ที่มีปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิต 0.25% และมีค่าต่ำที่สุดในสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิต 0.05% โดยค่าความหนืดที่วัดได้ มีค่า เท่ากับ 3,849 1,017 และ 485 centipoise ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการตรวจสอบหา เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง มีแนวโน้มที่จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณ คาราจีแนน ในสูตรการผลิตลดลง เห็นได้จากผลการทดลองที่ สูตรที่ 3 ซึ่งมีคาราจีแนนในสูตรการผลิต ต่ำที่สุดมีค่า เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) มากที่สุด คือ 12.28% และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

	ค่า pH	TA	TS	TSS	ความหนืด	Overrun
คาราจีแนน	-.922**	.528ns	.425ns	-	-.924**	-.654*

หมายเหตุ ปริมาณคาราจีแนน = 0.45%, 0.25% และ 0.05%

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\- = ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องผลการทดลองเป็นค่าคงที่

จากผลการวิเคราะห์วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของคาราจีแนนที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.10) พบว่า ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อ pH และความหนืด ไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณคาราจีแนน ลดลง ค่า pH และความหนืดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อ TA และ TS อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อ %overrun อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%คือ เมื่อปริมาณคาราจีแนน ลดลง %overrun จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการลดระดับคารา จีแนนลง 2 ระดับ

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการลดระดับคาราจีแนนลง 2 ระดับ

สูตรที่	อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	คาราจีแนน (%)	คุณลักษณะ				
			สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	25 : 75	0.45	3.45^{b}	2.95^{a}	2.55^{ab}	3.00^{a}	2.80^{ab}
2	25 : 75	0.25	3.60^{b}	3.25^{a}	3.00^{ab}	3.10^{a}	3.10^{ab}
3	25 : 75	0.05	4.05^{a}	3.20^{a}	3.40^{a}	3.30^{a}	3.50^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 20 คน
2. ตัวอักษร ^{a,b} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
   ตัวอักษร ^{a,b} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการลดระดับคาราจีแนนลง 2 ระดับทั้งหมด 3 สูตร แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.11

คุณลักษณะทางด้านสี พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่า ทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณลักษณะทางด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 3 สูตร พบว่าเป็นที่พอใจของผู้ทดสอบชิม แต่ผลการตรวจสอบหา เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณต่ำมากทำให้ คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ได้ค่อนข้างหนัก และไม่เนียนเท่าที่ควร ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการทดลองปรับปรุงสูตร โดยการใส่ไขมันเพิ่มขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่ม เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตร และทดสอบคุณสมบัติในด้านต่างๆเหมือนหัวข้อ 4.4

4.6 ผลการศึกษาการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็ง โดยการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน

จากการนำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.5 ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ อัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และอัตราส่วนของคาราจีแนน 3 ระดับ ได้แก่ 0.45 0.25 และ 0.05% โดยเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวันลงไปในปริมาณ 4% ในขั้นตอนก่อนผ่านการโฮโมจีไนซ์ ดังวิธีการผลิตตามภาพที่ 3.7 เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสและเป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) แสดงผล ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน 4% ในสูตรการผลิต

สูตรที่	ปัจจัยที่ 1 อัตราส่วนระหว่าง น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	ปัจจัยที่ 2 คาราจีแนน (%)	ผลการทดลอง									
			ค่า pH		TA(%)		TS (%)		TSS (^{o}Brix)		ค่าความหนืด (Centi poise)	% overrun
			ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก		
1	25 : 75	0.45	6.34^{b}	4.08^{a}	0.04^{b}	0.21^{b}	17.52^{a}	17.51^{a}	16^{ns}	13^{ns}	$3,675^{a}$	15.4^{a}
2	25 : 75	0.25	6.46^{a}	4.05^{a}	0.04^{b}	0.18^{c}	17.02^{b}	16.9^{b}	16^{ns}	13^{ns}	984^{b}	13.22^{ab}
3	25 : 75	0.05	6.25^{c}	3.86^{c}	0.06^{a}	0.23^{a}	17.11^{b}	16.92^{b}	16^{ns}	13^{ns}	412^{c}	11.31^{b}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

   TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

   TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากผลการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตที่มีการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน 4% (w/v) (Tamime and Robinson. 1985) ในสูตรการผลิต (ตารางที่ 4.12) พบว่า

ค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก โดยมีค่าต่ำสุดในสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของ คาราจีแนน เท่ากับ 0.05% มีค่า pH เท่ากับ 3.86 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า pH ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณกรดแลคติกที่วิเคราะห์ได้จากการวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (%TA) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการหมัก โดยมีปริมาณต่ำที่สุดในสูตรที่ 2 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาราจีแนน เท่ากับ 0.25% มี % TA เท่ากับ 0.18% และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า % TA ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก โดยมีปริมาณ TS ลดลงมากที่สุดในสูตรที่ 2 เท่ากับ 17.02% จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า TS ในโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2 และ 3

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าเท่ากันก่อนผ่านกระบวนการหมัก คือ เท่ากับ 16°Brix ซึ่งเป็นปริมาณ เริ่มต้นที่เหมาะสมกับการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต และหลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว พบว่าปริมาณ TSS มีค่าลดลงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ต ทั้ง 3 สูตร ในด้านความหนืด พบว่าค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิตลดลง ซึ่งมีค่ามากที่สุด ในสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิต 0.45% รองลงมาคือ สูตรที่ 2 ที่มีปริมาณคาราจีแนนในสูตรการผลิต 0.25% และมีค่าต่ำที่สุดในสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณคารา จีแนนในสูตรการผลิต 0.05% โดยค่าความหนืดที่วัดได้ มีค่า เท่ากับ 3,675 984 และ 412 centipoise ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรที่มีการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวัน มีค่าความหนืดต่ำกว่าโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรที่ไม่มีการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวัน ในหัวข้อ 4.5.2

จากผลการตรวจสอบหา เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง มีแนวโน้มที่จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณ คาราจีแนน ในสูตรการผลิตเพิ่มขึ้น เห็นได้จากผลการทดลองใน สูตรที่ 1 ซึ่งมีคาราจีแนนในสูตรการผลิต สูงที่สุดมีค่า เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) มากที่สุด คือ 15.4% และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2 และมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมในหัวข้อ 4.5.3 ซึ่งไม่มีการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวันลงในสูตรการผลิต ผลการตรวจสอบหา เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตรที่มีการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวัน พบว่าค่าที่ได้ตรงกันข้ามกับ ผลการตรวจสอบหาเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 3 สูตรที่ไม่มีการเติมน้ำมันจากดอกทานตะวันในหัวข้อ 4.5.3 ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

	ค่า pH	TA	TS	TSS	ความหนืด	Overrun
คาราจีแนน	-.922**	.449ns	-.745*	-	-.936**	-.797*

หมายเหตุ ปริมาณคาราจีแนน = 0.45 0.25 และ 0.05%

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\- = ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องผลการทดลองเป็นค่าคงที่

จากผลการวิเคราะห์วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.13) พบว่า

ปริมาณคาราจีแนน มีอิทธิพลต่อค่า pH และความหนืดไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณคาราจีแนนลดลง ค่า pH และความหนืดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Arbuckle (1986) ที่พบว่าค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากปริมาณสารให้ความคงตัวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการที่จากผลการทดลองตารางที่ 4.13 พบว่า เมื่อปริมาณคาราจีแนนลดลง ความหนืดก็จะลดลง และ มีอิทธิพลต่อปริมาณ TS และ %Overrun ไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณคาราจีแนนลดลง ปริมาณ TS และ %Overrun จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ปริมาณคาราจีแนนไม่มีอิทธิพลต่อ TA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณ TSS ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้คงที่ คือ 13°Brix ดังนั้นจึงไม่สามารถคำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.5 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน 4% ในสูตรการผลิต

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน 4% ในสูตรการผลิต

สูตรที่	อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง (ml.)	คาราจีแนน (%)	คุณลักษณะ				
			สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	25 : 75	0.45	3.65^{ab}	2.85^{a}	2.85^{a}	3.40^{a}	3.52^{a}
2	25 : 75	0.25	3.50^{b}	2.80^{a}	2.65^{ab}	3.00^{ab}	3.05^{ab}
3	25 : 75	0.05	3.85^{a}	2.60^{a}	2.30^{b}	2.90^{b}	2.70^{b}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 20 คน
2. ตัวอักษร ^{a,b} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
   ตัวอักษร ^{a,b} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมไขมันจากน้ำมันดอกทานตะวัน 4% ในสูตรการผลิต ทั้งหมด 3 สูตร แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.14 พบว่า

คุณลักษณะทางด้านสี พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 และ 2

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่า ทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างทางทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2 และ 3

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2 และ 3

คุณลักษณะทางด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย อัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และมี ค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) มากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 15.4% มาทำการทดลองต่อในขั้นตอนต่อไป คือการ เสริมใยอาหารจาก รำข้าวสกัดไขมันลงในสูตรการผลิต รวมทั้งปรับปรุงคุณภาพทางด้านกลิ่นรสซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก เนื่องจากมีกลิ่นของถั่วเหลืองและข้าวกล้องค่อนข้างแรง

4.7 ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมันลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

นำสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้องที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.6 คือ สูตรการผลิตที่มีอัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 ที่มีปริมาณคาราจี แนน เท่ากับ 0.45% และปริมาณน้ำมันดอกทานตะวัน เท่ากับ 4% มาเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมันลงในสูตรการผลิต ตามขั้นตอนในภาพที่ 3.7 โดยเติมรำข้าวสกัดไขมันลงใน ขั้นตอนหลังจากผ่านการโฮโมจีไนซ์ โดยแบ่งอัตราส่วนของ รำข้าวสกัดไขมัน ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% รวมทั้งปรับปรุงคุณภาพทางด้านกลิ่นรส โดยการเติม กลิ่นนมสด (Fresh Milk Flavor) ปริมาณ 0.3% ลงในสูตรการผลิตในขั้นตอนการปั่นเป็น โยเกิร์ตแช่แข็ง แสดงผลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่มีการเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันลงในสูตรการผลิต

สูตรที่	รำข้าว (%)	ผลการทดลอง									
		ค่า pH		TA(%)		TS (%)		TSS (°Brix)		ค่าความหนืด (Centi poise)	% overrun
		ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก		
1	0	6.34^{e}	4.31^{e}	0.04^{ns}	0.18^{ns}	17.48^{c}	17.26^{d}	16^{c}	14^{b}	$3,877^{g}$	15.03^{a}
2	0.5	6.46^{c}	4.45^{d}	0.05^{ns}	0.17^{ns}	21.57^{b}	21.34^{b}	21^{b}	15^{a}	$3,831^{ab}$	11.87^{b}
3	1.0	6.66^{a}	4.58^{c}	0.05^{ns}	0.19^{ns}	21.83^{b}	21.0^{c}	21^{b}	15^{a}	$3,752^{b}$	10.5^{c}
4	1.5	6.45^{d}	4.59^{b}	0.05^{ns}	0.19^{ns}	21.28^{b}	21.09^{bc}	21^{b}	15^{a}	$3,636^{c}$	10.2^{c}
5	2.0	6.59^{b}	4.61^{a}	0.05^{ns}	0.19^{ns}	23.65^{a}	22.34^{a}	22^{a}	15^{a}	$3,546^{d}$	9.23^{d}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. TA = Total Acidity (ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด)

   TS = Total Solidity (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)

   TSS = Total Soluble Solid (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้)

จากผลการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตที่มีการเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมันลงในสูตรการผลิต ทั้งหมด 5 สูตร (ตารางที่ 4.15) พบว่า

ค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก โดยมีค่าต่ำสุดในสูตรที่ 5 ซึ่งมีอัตราส่วนของ รำข้าวสกัดไขมันเท่ากับ 2.0% มีค่า pH เท่ากับ 4.61 จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า pH ในโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (%TA) ของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการหมัก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS) ของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตรมีค่าลดลงหลังผ่านกระบวนการหมัก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของ โยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร หลังผ่านกระบวนการหมัก ในสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีการเสริมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันลงในสูตรการผลิต มีปริมาณ TSS ต่ำที่สุด คือ 14 °Brix ส่วนสูตรที่ 2-4 มีปริมาณ TSS เท่ากับ 21 °Brix ส่วนสูตรที่ 5 มีปริมาณ TSS เท่ากับ 22 °Brix และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าสูตรที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 2-5

จากผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ต ทั้ง 5 สูตร ในด้านความหนืด พบว่าค่าความ หนืดมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ในสูตรที่ 5 ที่มีปริมาณรำข้าวสกัดไขมันในสูตรการผลิต 2.0% และเพิ่มขึ้นตามปริมาณรำข้าวสกัดไขมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับโดยค่าความหนืดที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 3,546 3,636 3,752 3,831 และ 3,877 centipoise ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการตรวจสอบหา เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 5 สูตร พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง มีแนวโน้มที่จะมีค่าลดลง เมื่อมีปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิตเพิ่มขึ้น เห็นได้จากผลการทดลองใน สูตรที่ 5 ซึ่งมีรำข้าวสกัดไขมันในสูตรการผลิต สูงที่สุดมีค่า เปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ต่ำที่สุด คือ 9.23 % และเมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ความฟู (% Overrun) ของโยเกิร์ตแช่แข็ง ทั้ง 5 สูตร มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของ ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง

ปัจจัย	ค่า pH	TA	TS	TSS	ความหนืด	Overrun
รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน	.919**	.412ns	.803**	.707**	-.946**	-.925**

หมายเหตุ ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน = 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0%

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.17) พบว่า

ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน มีอิทธิพลต่อค่า pH, TS และ TSS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน เพิ่มขึ้นในสูตรการผลิต ค่า pH, TS และ TSS จะเพิ่มขึ้น

ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน มีอิทธิพลต่อความหนืด และ % Overrun อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน เพิ่มขึ้นในสูตรการผลิต ความหนืด และ % Overrun จะลดลง

ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ TA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.5 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิต

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิต

สูตรที่	รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน (%)	คุณลักษณะ				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	0	4.40^{a}	3.65^{a}	4.00^{a}	4.00^{a}	4.10^{a}
2	0.5	3.45^{b}	3.10^{c}	3.45^{b}	3.25^{b}	3.30^{b}
3	1.0	2.60^{c}	2.55^{cd}	2.85^{c}	2.80^{c}	2.60^{c}
4	1.5	2.00^{d}	2.75^{bc}	2.70^{c}	2.75^{c}	2.45^{c}
5	2.0	1.60^{e}	2.20^{d}	2.10^{d}	2.10^{d}	2.00^{d}

หมายเหตุ

1. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 20 คน
2. ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

   ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวผ่านการสกัดไขมันในสูตรการผลิต ทั้งหมด 5 สูตร แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.17

คุณลักษณะทางด้านสี พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรอื่นๆ โดยจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม พบว่าสามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรอื่นๆ และจากผลการทดสอบชิม พบว่ากลิ่นรสของโยเกิร์ตแช่แข็งมีกลิ่นรสที่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการเติมกลิ่นนมสด (Fresh Milk Flavor) ลงในสูตรการผลิตทั้ง 5 สูตร

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรอื่นๆ

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะทางด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสูตรอื่นๆ

จากผลการทดลองในด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 5 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย อัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 และปริมาณคาราจีแนน เท่ากับ 0.45% และไม่มีการใส่รำข้าวสกัดไขมันเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วย รำข้าวสกัดไขมัน 0.5% ในสูตรการผลิตดังนั้นจึงกล่าว ได้ว่าในการเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมัน ลงในสูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง สามารถทำได้ โดยสามารถเสริมลงได้ไม่เกิน 0.5% จึงจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีคุณลักษณะใกล้เคียงกับ โยเกิร์ตแช่แข็งในสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีการเติมรำข้าวสกัดไขมัน มากที่สุด และเมื่อนำโยเกิร์ตในสูตรที่ 1 และ 2 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่ไม่มีการเติมรำข้าวสกัดไขมันในสูตรการผลิต และสูตรที่มี การเติมรำข้าวสกัดไขมัน 0.5%

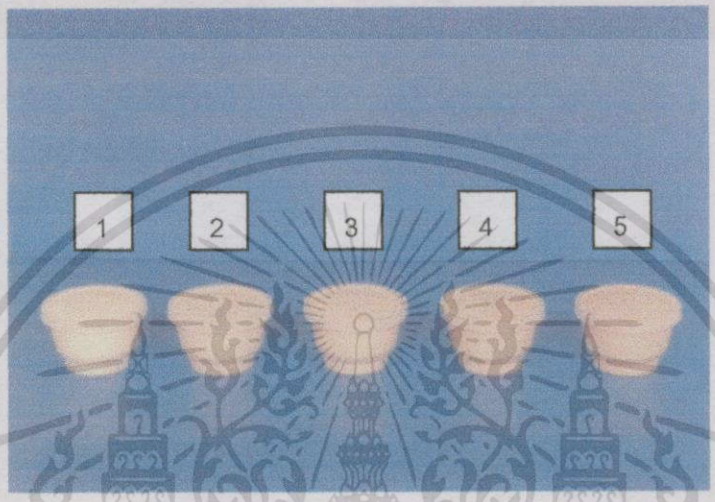
สูตรที่	รำข้าวผ่านการสกัดไขมัน (%)	องค์ประกอบทางเคมี				
		โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	วิตามินบีหนึ่ง (กรัม/100 มล.)	เลซิทิน (มก./100 มล.)
1	0	1.21±0.05	2.76±0.08	0.03±0.01	0.16±0.02	9.16±0.16
2	0.5	1.33±0.06	2.88±0.04	0.07±0.01	0.25±0.04	11.62±0.82

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งที่ไม่มีการเติมรำข้าวสกัดไขมันในสูตรการผลิต และที่มี การเติมรำข้าวสกัดไขมัน 0.5% (ตารางที่ 4.18) พบว่าองค์ประกอบทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโยเกิร์ตแช่แข็งทั้ง 2 สูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในสูตรที่ 2 จะมีองค์ประกอบทางเคมี มากกว่าสูตรที่ 1 ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร วิตามินบีหนึ่ง และเลซิทิน



ภาพที่ 4.1 แสดงโยเกิร์ตแช่แข็งที่มีการเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันทั้ง 5 สูตร

ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำนมข้าวกล้อง จะต้องมีอัตราส่วนของ น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง เท่ากับ 25 : 75 ฟรุคโตสไซรัป 10% (w/v) น้ำมันดอกทานตะวัน 4% (w/v) คาราจีแนน 0.45% (w/v) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน 0-0.5% เพราะฉะนั้นเมื่อนำส่วนประกอบทั้งหมดมาคำนวณในรูปร้อยละ สูตรที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้นก็จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ คิดเป็นร้อยละ ดังนี้

น้ำนมถั่วเหลือง	21.22%
น้ำนมข้าวกล้อง	83.67%
ฟรุคโตสไซรัป	10.62%
น้ำมันดอกทานตะวัน	4.04%
คาราจีแนน	0.45%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองทั้งหมดของโยเกิร์ตแช่แข็ง จากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้องที่ผ่านการสกัดไขมัน ในด้านคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส พบว่าสิ่งที่ทำให้โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง แตกต่างจาก โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมวัวมากที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) โดยโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมวัว จะมีเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) สูงกว่า โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง คือมีค่าอยู่ระหว่าง 50-60% สำหรับโยเกิร์ตแช่แข็งชนิดนุ่ม และ 70-80% สำหรับโยเกิร์ตแช่แข็งชนิดแข็ง (Tammie A.Y. and Robinson R.K. 1985) ซึ่งก็เป็นสาเหตุมาจากปัจจัยหลายๆ ปัจจัยได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมวัว มีปริมาณโปรตีนอยู่สูงกว่าโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นไอศกรีมในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง เป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีระบบจัดอากาศ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) ต่ำ นอกจากนั้นแล้ว โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมวัว ยังมีปริมาณไขมันอยู่สูงกว่าโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้อง จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) สูงกว่า แต่ในการศึกษากระบวนการในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและเสริมใยอาหารจากรำข้าวนี้ไม่สามารถที่จะนำคุณสมบัติในด้าน เปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) มาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญได้ เนื่องจาก โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวและเสริมใยอาหารจากรำข้าว มีเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) ต่ำ แต่จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิม ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองน้ำนมข้าวกล้องและเสริมใยอาหารจากรำข้าว ที่ทำการผลิตได้ก็ยังเป็นที่ยอมรับของ ผู้ชิมค่อนข้างสูงในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม

นอกจากนี้แล้วผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองน้ำนมข้าวกล้องและเสริมใยอาหารจากรำข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำอยู่แล้วดังนั้นคุณสมบัติในด้านเปอร์เซ็นต์ความฟู (%overrun) จึงไม่จำเป็นมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว พบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำน้ำนมถั่วเหลืองและ น้ำนมข้าวกล้องมาใช้ทดแทน น้ำนมวัวในสูตรการผลิต เพื่อเป็นการคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้

2. สูตรการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้อง ประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

น้ำนมถั่วเหลือง	21.22 %
น้ำนมข้าวกล้อง	63.67 %
ฟรุคโตสไซรัป	10.62 %
น้ำมันดอกทานตะวัน	4.04 %
คาราจีแนน	0.45 %

อัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง : น้ำนมข้าวกล้อง ในสูตรการผลิตไม่ควรเกิน 25 : 75 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ถ้าปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองสูงกว่านี้จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากกลิ่นของถั่วเหลืองที่ไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันที่ผู้บริโภคยอมรับได้มากที่สุดในการเสริมลงในผลิตภัณฑ์ คือ 0.5%

3. กลิ่นของผลิตภัณฑ์เป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นผลมาจากกลิ่นของถั่วเหลือง ดังนั้นในการแก้ไขปัญหานี้เพื่อสามารถทำให้ผู้บริโภคยอมรับได้มากที่สุด คือการเพิ่มปริมาณน้ำนมข้าวกล้อง และเติมสารให้กลิ่นรสนมสด (Fresh Milk Flavor) 0.3% สามารถช่วยกลบกลิ่นของถั่วเหลืองจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

4. องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันที่ดีและเหมาะสมที่สุดประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

โปรตีน	1.33 %
ไขมัน	2.88 %
ใยอาหาร	0 - 0.07 %
วิตามินบีหนึ่ง	0.07 %
เลซิทิน	11.62 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ เปอร์เซ็นต์ความฟู (% overrun) ของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลืองและเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน มีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็งที่ผลิตจากน้ำนมวัว ซึ่งสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ เครื่องมือที่ใช้ในการปั่นไอศกรีมในงานวิจัยชิ้นนี้ไม่มีระบบอัดอากาศ จึงทำให้อากาศภายนอกไม่สามารถถูกอัดเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไปจึงควรมีการเลือกใช้เครื่องมือที่ใช้ในการปั่นไอศกรีมที่มีระบบอัดอากาศ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ความฟู (% overrun) เพิ่มขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2528. **โยเกิต**. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

กองโภชนาการ. 2535. **คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กระทรวงสาธารณสุข.

คัคนางค์ ทองสุก. 2542. ถั่วเหลือง..อาหารสุขภาพ. **วารสารอาหาร**. 29(3) : 212-213.

ทศพร ยศสมบัติ. 2527. "การกำจัดกลิ่นถั่วของถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัทกาญจน์ กองศรีมา. 2541. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มธัญพืช." รายงานปฏิบัติการสหกิจศึกษา. สาขาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นิรนาม. 2543. **มหัศจรรย์อาหารยุค 2000**. ประชาชาติ ฉบับพิเศษ. หน้า 9-10.

บวร ภักดีสู่สุข. 2539. "การกำจัดกลิ่นถั่วในนมถั่วเหลืองเพื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต." เทคนิควิจัยปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทุม พุทธิวนิช และ พิมพาภรณ์ ไตรณรงค์สกุล. 2540. ใยอาหารสารที่ไม่มีคุณค่าแต่น่าสนใจ. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 45(145) : 26-32.

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539. "เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต" ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

ลินจง สุขลำภู. 2540. "การศึกษากรรมวิธีการทำโยเกิร์ตถั่วเหลืองเพื่อพัฒนาคุณภาพทางด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สันทนา อมรไชย. 2537. "ใยอาหาร." **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 42(135) : 27-33.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2541. "อาหารป้องกันโรค : ข้าวกล้องและรำข้าว." **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร**. 9(2) : 38-41.

สุพัตรา โปรณานันท์ และ อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์. 2535. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแช่แข็ง." ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. **สถิติ การวางแผนการทดลองเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. **เทคโนโลยีธัญพืช**. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Allen J.C. and Hamilton R.J. 1994. **Rancidity In Foods**. 3rd ed. Blackie Acadamic&Professional. p. 7.

AOAC. **Official Method of Analysis**. 1995. 16th ed. Association of Official Analysis Chemists. Virginia, 1995.

Arbuckle W.S. 1977. **Ice Cream**. 3rd ed. U.S.A. : AVI Publishing.

Buono M.A. *et al.* 1990. "Soy milk yogurt : sensory evaluation and chemical measurement." **J. Food Sci.** 55 : 528-531.

Chang H.S. *et al.* 1999. "Effect of yogurts partially replaced by soymilk on growth of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*." **Food Science-Taiwan.**

Chavan J.K. and Duggal S.K. 1978. Studies on the Essencial Amino Acids Composition, Protein Fraction and Biological Value of Some New Varieties of Rice. **J. Sci. Food Agric.** 29 : 325.

Cheng Y.J. 1990. Sogurt, a Yogurt-like Soybean Product : Development and Properties. **J. Food Sci.** 55(4) : 1178-1179.

Deng *et al.* 1986. **Yaoxue Tongbao**. [CD-ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

Garcia M.C. *et al.* 1997. "Composition and Characterization of Soybean and Related Products." Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 37(4) : 361-391.

Garcia M.C. *et al.* 1998. "Characterization of Commercial Soybean Products." **Food Chem.** 62(3) : 325-331.

Huang L. 1999. "Development of soy milk yoghurt." **Liquor making Science&Technology**. [CD ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRRI. 1974. **Annual Report.** International Rice Research Institute, Manila Philipines. 102 p.

Jae K.J. and Seung H.Y. 1997. "Preparation of soy yogurt using isolated soybean protein and whey powder." **J. of the Korean Society of Food Science and Nutrition.** [CD ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

Kosikowski F.V. 1980. "Properties of Commercial Flavored Frozen Yogurts." **J. Food Protection.** 44(11) : 853-856.

Lathia D. *et al.* 1997. "Nutritional quality and therapeutic significance of new fermented soymilk desserts." **Zeitschrift-fuer- Ernaehrungswissen schaft.** [CD ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

Mital B.K. and Steinkraus K.H. 1975. Utilization of Oligosaccharides by Lactic Acid Bacteria During Fermentation of Soy Milk. **J. Food Sci.** 40 : 114-118.

Nelson *et al.* 1976. Illinois Process For Preparation of Soymilk. **J. Food Sci.** 41 : 57-61.

Permeranz Y. and Ory R.I. 1982. **Rice Processing and Utilization.** In Handbook of Processing in Agricultural edited by Wolff I.A. Vol.2 Part 1, Plant Product. CRC Press. 139p.

Pinthong R. *et al.* 1980a. "The development of soya-based yogurt.I. Acid production by lactic acid bacteria." **J. Food Technol.** 15 : 647-652.

Pinthong R. *et al.* 1980b. "The development of soya-based yogurt.II. Sensory evaluation and analysis of volatiles. **J. Food Technol.** 15 : 563-659.

Pinthong R. *et al.* 1980c. "The development of soya-based yogurt.III. Analysis of oligosaccharides. **J. Food Technol.** 15 : 661-667.

Robinson D.S. *et al.* 1995. Lipoxygenases and the quality of foods. **Food Chem.** 54 : 33-43.

Ruan Z. *et al.* 1997. "Factors influencing quality of soybean yoghurt of Lactobacillus acidophilus." **China Dairy Industry** [CD ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

Saio K. 1994. Soybean Foods : Nutritionally and Industrially Valuable. Paper of Proceeding World Soybean Research Conference V. Chaing Mai, 21-27 February.

Smith A.K. and Circle S.O. 1978. **Soybean : Chemistry and Technology** .Vol.1 : Protein Westport Connect cut. AVI Publishing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tamime A.Y. and Deeth H.C. 1980. Yogurt : Technology and Biochemistry. J. Food Protection. 43(12) : 939-977.

Tamime A.Y. and Robinson R.K. 1985. Yoghurt Science and Technology.1st ed. Pergamon Press. 431 p.

Tuitemwong P. *et al.* 1993. "Sensory Analysis of Soy Yogurt and Frozen Soy Yogurt Produced from Rapid Hydration Hydrothermal Cooked Soy Milk." J. of Quality Foods. 16 : 223-239.

Tuitemwong P. *et al.* 1994. Development of Value-Added Soybean Food Products. Paper Presented of Proceeding World Soybean Research Conference v. Chaing Mai, 21-27 February.

Wilken W.F. *et al.* 1967. Effect of processing method on oxidative off flavor of soybean milk. Food Technol. 21 : 86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ใยอาหารหยาบ วิตามินบีหนึ่งและ เลซิทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์โปรตีนแบบ Buchi – Kjeldahl – System (AOAC. 1995)

เครื่องมือ

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน
2. หลอดย่อยโปรตีน

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. กรดบอริก ความเข้มข้น 2%
3. กรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32%
5. Catalyst : ผสมซีลีเนียมไดออกไซด์ (SeO_2) 2.5 กรัม โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 5H_2O$) 20 กรัม เข้าด้วยกัน
6. อินดิเคเตอร์ผสม
   ก. เตรียม Bromo cresol green ความเข้มข้น 0.1% ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95%
   ข. ผสม 10 มิลลิลิตร Bromo cresol green กับ 2 มิลลิลิตร Methyl red ในขวดหยด

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่าง 2 มิลลิลิตรลงใน digestion vessels
2. เติม catalyst 5 กรัม กรดซัลฟุริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร และ glass beads
3. นำ digestion vessels ตั้งในชุดย่อยจนได้สารละลายสีฟ้า
4. เทสารละลายทั้งหมดลงในบีกเกอร์แล้วนำไปใส่ในเครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi) เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 32% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการกลั่นโดยตั้งเวลาไว้ประมาณ 4 – 5 นาที เก็บก๊าซแอมโมเนียที่ได้ในสารละลายกรดบอริก ความเข้มข้น 2% ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ที่มีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ 2 – 3 หยด ในฟลาสก์ลูกชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. นำส่วนที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล จนกระทั่งสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีใสหรือไม่มีสี

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{N.HCl \times ml.HCl \times 14 \times 6.25 \times 100}{ml. \text{ ของตัวอย่าง} \times 1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC. 1995)

เครื่องมือ

1. ชุดวิเคราะห์ไขมัน
2. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
3. Desicator

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 5 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่
2. นำของแข็งจากข้อ 1 ใส่ลงในทิมเบอร์ (thimble) ให้หมด ปิดด้วยสำลีที่สกัดเอาไขมันออกแล้ว
3. นำทิมเบอร์ใส่ในชุดแยกสกัดของเครื่องสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ใส่ลงในฟลาสก์ (ให้มีปริมาณเพียงพอที่จะให้เกิดการสกัดอย่างสมบูรณ์) ต่อฟลาสก์ก้นกลมและชุดแยกสกัดให้เข้ากับคอนเดนเซอร์ ทำการสกัดโดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
4. แยกฟลาสก์ก้นกลมและคอนเดนเซอร์ออกจากชุดสกัด
5. ใช้คีมคีบสำลีและทิมเบอร์ที่ใส่อาหารตัวอย่างออกมา เทของแข็งออกจากทิมเบอร์ นำมาผสมกับปิโตรเลียมอีเทอร์อีกครั้งเพื่อสกัดไขมันในของแข็งออกให้ได้มากที่สุด
6. เทของแข็งที่สกัดแล้วเข้าทิมเบอร์อีกครั้งหนึ่ง แล้วเริ่มสกัดเช่นเดิม โดยเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงไปอีก ใช้สำลีที่สกัดเอาไขมันออกแล้วปิดด้านบนของทิมเบอร์เพื่อสกัดต่ออีกครั้งประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง
7. นำฟลาสก์ก้นกลมไประเหยอีเทอร์ออก แล้วอบในตู้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 45 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

$$\text{ร้อยละไขมันต่อน้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้}}{100 - \text{ปริมาณความชื้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารหยาบ (AOAC. 1995)

เครื่องมือ

1. ชุดเครื่องย่อย (Digestion Apparatus)
2. ชุดกรอง Buchner funnel
3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
4. Muffle Furnace

สารเคมี

1. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.25%
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25%
3. แอลกอฮอล์ 95%

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน)
2. นำตัวอย่างมาสกัดไขมันออกด้วย อีเทอร์หรือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (ถ้าไขมัน น้อยกว่า 1% ไม่ต้องสกัด)
3. ใส่ตัวอย่างที่ปราศจากไขมันลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
4. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.25% จำนวน 200 มิลลิลิตรต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที
5. กรองผ่านกระดาษกรอง (Filter paper) ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
6. ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนหมดกรด ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส
7. ล้างกระดาษกรองอีกครั้งด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25% จำนวน 200 มิลลิลิตร และนำไปต้มให้เดือดอีก 30 นาที ล้างด้วยด่างอีกครั้ง
8. ล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 95%
9. นำกระดาษกรองที่มีเยื่อใยนี้อบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาในครูซิเบิล (crusible) จนหมดควัน
10. นำมาเผาในเตาเผา (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนเป็นเถ้าสีขาว
11. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเยื่อใย

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใย} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng. *et. al*)

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
2. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

สารเคมี

1. ไทอามีน ไฮโดรคลอไรด์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. โบรโมไทมอลบลู

วิธีวิเคราะห์

1. การทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย ไทอามีน ไฮโดรคลอไรด์
   1.1 ไทอามีน ไฮโดรคลอไรด์ 0.001 – 0.026 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น
   1.2 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล 20 มิลลิลิตรและ โบรโมไทมอลบลู 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร
   1.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 429 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่าง จำนวนกรัมของ ไทอามีน ไฮโดรคลอไรด์ กับ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 429 นาโนเมตร
2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง
   2.1 ชั่งหรือตวงปริมาตรตัวอย่าง 100 กรัม (มิลลิลิตร) ละลายด้วยน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร
   2.2 กรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอน (Centrifugation) ด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
   2.3 นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้งนำสารละลายใสที่ได้ มากรองผ่านเครื่องกรองเมมเบรนอีกครั้งหนึ่ง
   2.4 นำสารละลายที่ได้ไปตรวจหาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง ตามวิธีการในข้อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995)

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
2. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)
3. เครื่องเขย่า (Shaker)

สารเคมี

1. แอมโมเนียมโมลิบเดต
2. แอมโมเนียมเมตาวานาเดต
3. คลอโรฟอร์ม
4. แอลกอฮอล์ เข้มข้น 99.8% (Absolute Alcohol)
5. กรดไนตริก
6. โพแทสเซียมฟอสเฟต
7. กรดไฮโดรคลอริก

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 การเตรียมสารละลายโมลิบโดวานาเดต

1.1.1 ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 60 กรัมในน้ำร้อน 900 มิลลิลิตร ทำให้เย็นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1000 มิลลิลิตร

1.1.2 ละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต 1.5 กรัมในน้ำร้อน 690 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริก 150 มิลลิลิตร ทำให้เย็นและปรับ ปริมาตรสารละลายเป็น 1000 มิลลิลิตร

1.1.3 ผสมสารละลายในข้อ 1.1.1 และ 1.1.2 เข้าด้วยกัน ใส่ขวดโพลีเอทธิลีน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

1.2.1 Stock Solution : ละลายโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.2397 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 250 มิลลิลิตร

1.2.2 Working Solution : ปิเปตสารละลายในข้อ 1.2.1 มา 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 มิลลิกรัมของ ฟอสเฟตต่อ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน
   2.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 10 มิลลิลิตรแต่ละความเข้มข้นตามลำดับลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร
   2.2 ปิเปตสารละลายโมลิบโดวานาเดต ลงในขวดรูปชมพู่แต่ละขวด เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร (อ่านค่าภายใน 1 ชั่วโมง)
   2.3 นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานของเลซิทิน
3. การเตรียมสารละลายตัวอย่างและการวิเคราะห์หาปริมาณเลซิทินในสารละลายตัวอย่าง
   3.1 ชั่งตัวอย่าง 5 กรัมลงในฟลาสก์ขนาด 200 มิลลิลิตร
   3.2 ใส่สารละลายผสมของ คลอโรฟอร์ม และ Absolute Alcohol (1 : 1) 150 มิลลิลิตร
   3.3 เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (shaker) ตลอดทั้งวัน
   3.4 ปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตรโดยใช้ คลอโรฟอร์ม และ Absolute Alcohol (1 : 1)
   3.5 เก็บข้ามคืนในหลอด Centrifuge
   3.6 นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอน (Centrifugation) ด้วยความเร็ว 1800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
   3.7 ปิเปตส่วนใสมา 100 มิลลิลิตร ระเหยสารละลายออกบน Steam bath
   3.8 ละลายส่วนที่เหลือด้วยกรดไฮโดรคลอริก (1 : 3) 10 มิลลิลิตร และระเหยต่อบน Steam bath
   3.9 ละลายส่วนที่เหลือด้วยกรดไฮโดรคลอริก (1 : 9) 10 มิลลิลิตร บน Steam bath และใส่ลงใน Volume flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
   3.10 ทำให้เย็น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
   3.11 นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรอง (ถ้ามีส่วนที่ไม่ละลายเหลืออยู่)
   3.12 ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่สารละลายโมลิบโดวานาเดต 5 มิลลิลิตร
   3.13 ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
   3.14 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ภายใน 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์ความฟู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC. 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. Calibrate เครื่อง pH meter ด้วย Standard pH 4 และ pH 7
2. เตรียมตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร
3. วัดด้วยเครื่อง pH meter แล้วบันทึกผล
4. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์
2. ใช้แท่งแก้วคนจุ่มในน้ำนม และนำมาแตะที่ Refractometer
3. อ่านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยมีหน่วยเป็น ^{o}Brix

3. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC. 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2.5-3 กรัม ลงใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
2. นำไประเหยส่วนที่เป็นของเหลวโดยการให้ความร้อนด้วย steam bath เป็นเวลา 10 – 15 นาที
3. นำไปอบต่อในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 98 – 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
5.. ชั่งน้ำหนัก moisture can หลังอบ

ปริมาณร้อยละของของแข็ง = $\frac{\text{น.น.can พร้อมตัวอย่างหลังอบ – น.น.can เปล่า}}{\text{น.น ตัวอย่าง}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ดัดแปลงจาก AOAC. 1995) คิดในรูปกรดแลคติก**

$CH_3CH(OH)COOH$ MW = 90.00

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
2. สารละลายฟีนอฟธาลีน

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนำน้ำกลั่นมาต้มเดือดนาน 20 นาที
2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล
   2.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร เก็บในขวดแก้วที่ทนด่างก่อนนำมาใช้
   2.2 นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาหาความเข้มข้นมาตรฐาน โดยมีวิธีดังต่อไปนี้
      2.2.1 อบ acid potassium phathalate (potassium hydrogen phathalate $COOH.C_6H_4.COOK$ analytical reagent) ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส
      2.2.2 ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)
      2.2.3 ชั่งน้ำหนัก 0.3 กรัมลงในฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 90 – 100 มิลลิลิตร
      2.2.4 เติมสารสารละลายฟีนอฟธาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล คำนวณหาความเข้มข้นมาตรฐาน

$$\text{ความเข้มข้นมาตรฐาน (N)} = \frac{\text{กรัมของ } COOH.C_6H_4.COOK \times 1,000}{\text{มิลลิลิตรของ NaOH} \times 204.22}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด
   4.1 นำตัวอย่าง 20 มิลลิลิตรหรือ 20 กรัมมาเจือจางด้วยน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 2 เท่า
   4.2 เติมสารละลายฟีนอฟธาลีน 2 มิลลิลิตร
4. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติ(สีชมพู) และคำนวณปริมาณกรดเป็นกรดแลคติก

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{\text{มิลลิลิตรของ NaOH} \times \text{นอร์มัลของโซเดียมไฮดรอกไซด์} \times 90.00 \times 100}{1000 \times 20}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **การหาค่าความฟูของผลิตภัณฑ์** (% Overrun) (**วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลศักดิ์ กาวิละ. 2531**)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักโยเกิร์ต 1 ถ้วย ก่อนนำไปปั่นเป็น โยเกิร์ตแช่แข็ง
2. ชั่งน้ำหนักโยเกิร์ตแช่แข็ง ที่ผ่านขั้นตอนการปั่นแล้ว 1 ถ้วย โดยชั่งน้ำหนักของตัวอย่างขณะออกจากเครื่องปั่น
3. คำนวณหาความฟูของผลิตภัณฑ์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความฟู} = \frac{\text{น้ำหนักต่อปริมาตรของโยเกิร์ต} - \text{น้ำหนักต่อปริมาตรของโยเกิร์ตแช่แข็ง}}{\text{น้ำหนักต่อปริมาตรของโยเกิร์ตแช่แข็ง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์

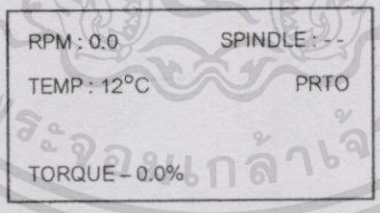
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด Brookfield Digital Rheometer รุ่น DV – III (ภาพที่ ค-1)
2. Power Supply
3. หัวเข็มเบอร์ 3
4. บีกเกอร์ ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. เช็คระดับลูกน้ำและ เปิด Power Switch ด้านหลังฐานของเครื่อง โดยเครื่องจะแสดง ดังรูป

2. ถอดเข็มออก กดปุ่ม "Motor on/off" เครื่องจะปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ ใช้เวลาประมาณ 15 วินาที
3. เครื่องจะโชว์ "AUTOZERO IS COMPLETE REPLACE SPINDLE AND PRESS NEXT KEY" ให้กด "NEXT" หลังจากนั้น เครื่องจะแสดง ดังรูป



4. ใส่เข็มเบอร์ที่ต้องการ เตรียมตัวอย่างใส่บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร (ภาพที่ ค-2) และจุ่มเข็มลงในตัวอย่าง (ภาพที่ ค-3) จนมีรอย Mark ที่กึ่งกลางเข็ม (อุณหภูมิตัวอย่าง ประมาณ 10 -12 °C)
5. ป้อนข้อมูลของเข็มที่ใช้วัดตัวอย่าง โดย
   - กดปุ่ม "SELECT SPINDLE" เครื่องจะแสดง ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPINDLE ENTRY
ENTER SPINDLE : 63

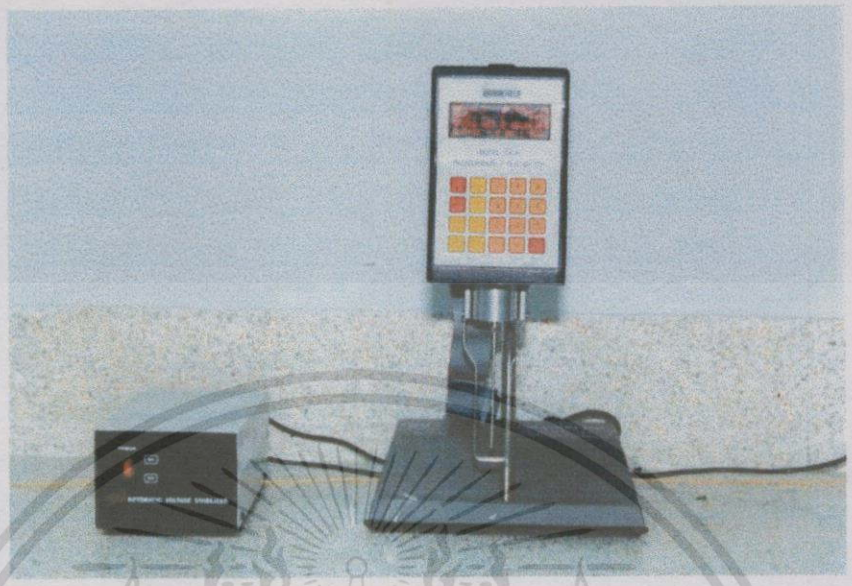
- กดตัวเลขเพื่อใส่รหัสของเข็มที่ใช้ (ใช้ เบอร์ 3 โดยใส่รหัสเป็น 63)
- กดปุ่ม "SELECT SPINDLE" อีกครั้ง เมื่อได้รหัสเข็มที่ต้องการ

6. เลือกความเร็วที่จะใช้โดย
   - กดตัวเลขความเร็วที่จะใช้ (ใช้ที่ความเร็ว 10 RPM) ดังรูป

RPM : 00.0	SPINDLE : 63
TEMP : 12 °C	PRTO
ENTER NEW RPM : 10	
TORQUE = 00.0%	

   - กด "NEXT" เพื่อให้เครื่องรับข้อมูล และเครื่องจะทำงานทันที
7. ถ้าต้องการอ่านค่า Viscosity หรือ Torque % หรือ Shear Stress หรือ Shear Rate ให้กดที่ปุ่ม "SELECT DISP" เพื่อเลือกอ่านค่าที่ต้องการ
8. ถ้าต้องการเลิกการทำงาน ให้กดปุ่ม "Motor on/off" หรือใส่ค่าความเร็วเท่ากับศูนย์รอบต่อนาที

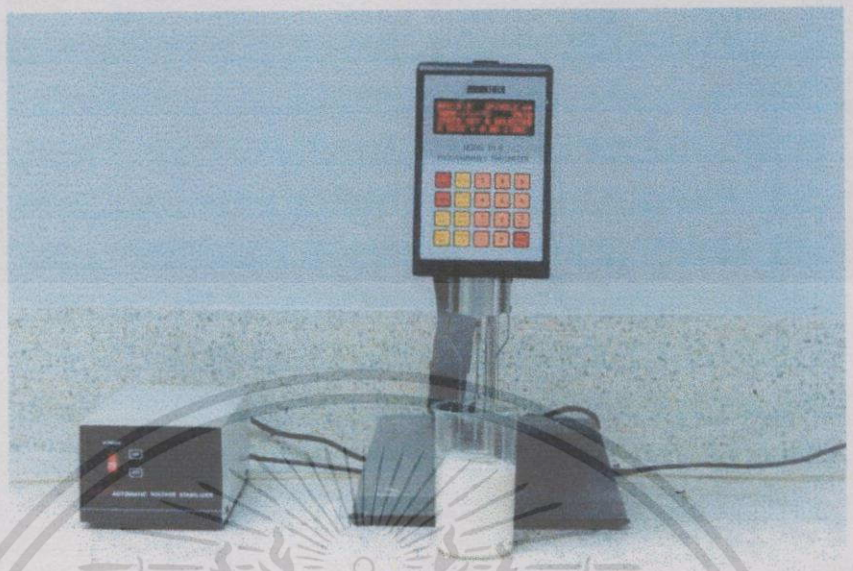
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค-1 แสดงเครื่องวัดความหนืด Brookfield Digital Rheometer

ภาพที่ ค-2 แสดงตัวอย่างโยเกิร์ตที่ใช้ในการวัดความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค-3 แสดงการวัดความหนืดของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

วันที่ _____

เพศ _____ อายุ _____

เคยรับประทานโยเกิร์ตแช่แข็งหรือไม่ ☐ เคย ☐ ไม่เคย

ชื่อผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตแช่แข็ง

คำสั่ง ชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนตามความชอบ – ไม่ชอบ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดให้

ชอบมาก (like very much) = 5

ชอบ (like) = 4

เฉยๆ (Indifferent) = 3

ไม่ชอบ (dislike) = 2

ไม่ชอบมาก (dislike very much) = 1

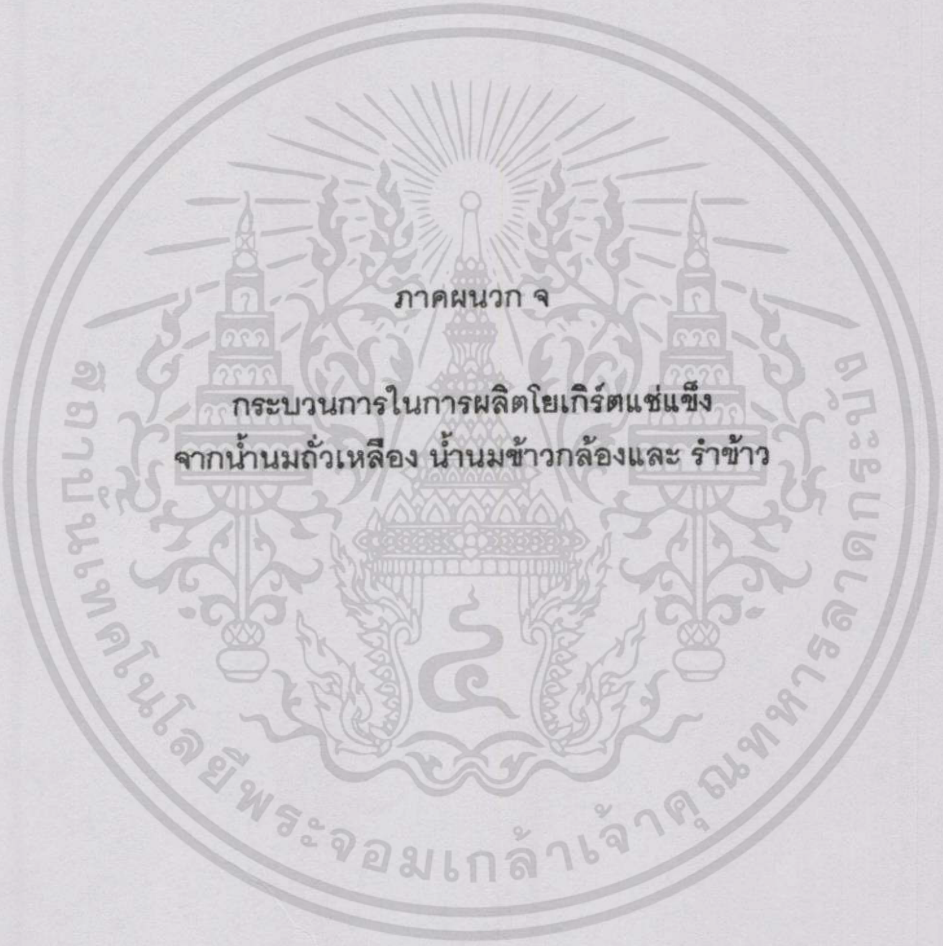
คุณลักษณะ	ตัวอย่าง				
	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะเนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ _____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

กระบวนการในการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง จากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและ รำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ-1 แสดงกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและ รำข้าว

กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและ รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน ประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ จ-1 มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง (ภาพที่ 1 - 5)

ภาพที่ 1 แช่ถั่วเหลืองลงในสารละลาย โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ความเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4-5 °C (อัตราส่วน ถั่ว : สารละลาย เท่ากับ 1 : 3)

ภาพที่ 2 รินสารละลายทิ้ง ล้างถั่ว นำถั่วที่ผ่านการล้าง ห่อด้วยผ้าขาวบางแช่ในน้ำเดือด 1 นาที และทำให้เย็นทันทีในน้ำกรอง

ภาพที่ 3 นำไปบดกับน้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 นาที ((อัตราส่วน ถั่ว : น้ำ เท่ากับ 1 : 5)

ภาพที่ 4 และ 5 กรอง ล้างกากด้วยน้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 80 °C และแยกส่วนที่ไม่ละลายออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

2. ขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าวกล้อง (ภาพที่ 3 - 5)

ภาพที่ 3 นำข้าวกล้องหุงสุก มาปั่นผสมกับน้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 นาที ((อัตราส่วน ข้าวกล้อง : น้ำ เท่ากับ 1 : 6)

ภาพที่ 4 และ 5 กรอง ล้างกากด้วยน้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 80 °C และแยกส่วนที่ไม่ละลายออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

3. ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งจากน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้องและ รำข้าว (ภาพที่ 6 - 10)

ภาพที่ 6 ผสมน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าวกล้อง ฟรุคโตสไซรัป และคาราจีแนน ในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดจากผลการทดลอง นำไปโฮโมจีไนซ์ที่ ความดัน 2,500 psi

ภาพที่ 7 พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 40 - 45 °C

ภาพที่ 8 ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ตรสธรรมชาติ (Plain Yogurt) 1% และใส่รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันหมักในตู้บ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปบ่ม (aging) ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 5°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 9,10 นำโยเกิร์ตที่ผลิตได้มาเติมสารให้กลิ่นรสนมสด (Fresh Milk Flavor) หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นไอศกรีม เพื่อปั่นเป็น โยเกิร์ตแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คำนิยามของคอร์รีเลชั่น
(Definition of Correlation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอร์รีเลชั่น
(Correlation)

คอร์รีเลชั่น (Correlation) หรือ สหสัมพันธ์ คือ วิธีการศึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลหรือบันทึกข้อมูลหลายๆ ลักษณะนั้นผู้ทดลองอาจสนใจถึงความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ ในกรณีที่สนใจเฉพาะความใกล้ชิดของความสัมพันธ์ (closeness of the relation) ระหว่างลักษณะหรือสิ่งที่วัดผลนั้น โดยไม่คำนึงถึงเหตุผลและผลหรือรูปแบบของความสัมพันธ์ (nature of the relationship)

สหสัมพันธ์เส้นตรงของ 2 ลักษณะ (Simple Linear Correlation)

ในการศึกษาสหสัมพันธ์นั้น จะต้องพิจารณาว่าลักษณะหรือสิ่งต่างๆ นั้นควรจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ มีขนาดมากน้อยแค่ไหน คือจะต้องมีเหตุผลที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าการวิเคราะห์สหสัมพันธ์บางครั้งจะพบว่า ลักษณะหรือสิ่งทั้งสองนั้นแสดงความสัมพันธ์กันอย่างสูง คือ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) สูงเกินกว่าค่า r จากตารางสถิติ แต่อันที่จริงแล้วปรากฏว่าแต่ละลักษณะหรือสิ่งสัมพันธ์กับอีกลักษณะหนึ่ง (หรือลักษณะที่สาม) จึงเป็นผลให้ดูเหมือนว่าลักษณะหรือสิ่งทั้งสองนั้นสัมพันธ์กัน โดยในการศึกษาวิเคราะห์สหสัมพันธ์นั้น ดูจากค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r)

ค่าที่เกี่ยวข้องมากกับสหสัมพันธ์อีกค่าหนึ่ง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Correlation of determination, r^2) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องจากลักษณะหรือสิ่งทั้งสอง (คือตัวแปรปรวนอิสระ และแปรปรวนตาม) (สุรพล อุปดิสสกุล. 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกุณฑลิยา ครุฑกะ เกิดเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2518. ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขา เทคโนโลยีการอาหาร จากมหาวิทยาลัย อัสสัมชัญ (ABAC) ปีการศึกษา 2539. เข้าปฏิบัติงานในตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) บริษัท ซี.พี. ค้าปลีกและการตลาด จำกัด เป็นระยะเวลา 1 ปี หลังจากนั้น ศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขา วิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2541. และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2544. ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่ง QA. Executive บริษัท เค เอฟ ซี เดเวลอปเม้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้