สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

STUDY ON PROCESSING OF NON-DAIRY CANNED BEVERAGE FROM BROWN RICE MILK SOY MILK AND RICE BRAN

T043716

อรวรรณ ปานศิริ

ORAWAN PANSIRI

เลขหมู่ 25[illegible]
เลขทะเบียน 43716
วัน, เดือน, ปี 30 ก.ย. 2545

b 11235809
i 12144 [illegible]

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-760-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON PROCESSING OF NON-DAIRY CANNED BEVERAGE FROM BROWN RICE MILK SOY MILK AND RICE BRAN

ORAWAN PANSIRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

ISBN 974-648-760-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง
นักศึกษา	นางสาวอรวรรณ ปานศิริ
รหัสประจำตัว	42066004
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่60 และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันบดละเอียด ประเมินผลโดยตรวจสอบค่า pH ความหนืด ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม คือ เครื่องดื่มที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันบดละเอียด 1.0 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อในรีทอร์ต 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที หรือที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 3 นาที โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงเลือกเป็นสูตรในการศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเครื่องดื่มที่ผลิตได้ พบว่าเครื่องดื่มที่ได้ มีค่า pH ความหนืด และปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 6.38 7.12 cps. และ 10 °Brix ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เท่ากับ 65.97±0.13 0.51±0.04 และ 11.21±0.10 ตามลำดับ นอกจากนี้เครื่องดื่มที่ผลิตได้ มีค่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 1.78 1.45 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง และเลซิทิน เท่ากับ 0.16 และ 3.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเก็บรักษาเครื่องดื่มสูตรดังกล่าวไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าผู้ชิมให้คะแนนด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมโดยรับรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำเครื่องดื่มที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาจะไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study on Processing of Non-Dairy Canned Beverage from Brown Rice Milk Soy Milk and Rice Bran
Student	Miss Orawan Pansiri
Student ID	42066004
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

Study on the optimum processing of non-dairy canned beverage from the mixing of brown rice milk (Brown Kaodokmali105 Rice) soy milk (Changmai60) and milled-defatted rice bran stored at room temperature, pH, viscosity, total soluble solid and sensory evaluation were measured. The results showed that the ratio of brown rice milk : soy milk = 3 : 1 mixed with 1.0 % milled- defatted rice bran and sterilization at 115 °C for 20 min ($F_0 = 3$) was suitable. The physical and chemical characteristics of the product were shown as follow ; pH = 6.38, viscosity = 7.12 cps, total soluble solid = 10 °Brix, L = 65.97±0.13, a = 0.51±0.04, b = 11.21±0.10. Non-dairy canned beverage had 1.78% protein, 1.45% fat, 0.07% fiber, 0.16 mg./100g. vitaminB_1 and 3.81 mg./100g. lecithin. During 6 months of the storage at room temperature, the scores from the panelist showed that color, flavor, texture and overall palatability of product were non significant. Regarding with the microbial analysis of product after storage for 6 months, the *Clostridium botulinum* was not found.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบรูณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. พอใจ ถามากร และ ดร. กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้เกรียติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งให้คำแนะนำและช่วยตรวจทานแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบรูณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คุณนาฏยา บาลี และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องปิดผนึกฝากระป๋อง

ขอขอบพระคุณบริษัทคาร์โนด์เมตัลบ๊อกซ์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์กระป๋องบรรจุน้ำผลไม้ และขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ สำหรับความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอบคุณ คุณพรประพา คงตระกูล ที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ ตลอดจนขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน และบุคคลที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และญาติพี่น้องครอบครัว "ปานศิริ" ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกด้าน และให้กำลังใจมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

อรวรรณ ปานศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ข้าวกล้อง (Brown Rice).....3

2.2 รำข้าว (Rice bran).....6

2.3 ถั่วเหลือง (Soybean).....8

2.4 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว.....10

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....16

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่สำคัญ.....16

3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ.....16

3.3 สถานที่ทำการทดลอง.....17

3.4 วิธีการทดลอง.....18

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....25

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....25

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวกล้องและน้ำนมถั่วเหลือง.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม
จากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....27
4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง
น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....35
4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง
และรำข้าวบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....35

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....39

ข้อเสนอแนะ.....40

บรรณานุกรม.....41

ภาคผนวก 45
ก การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน.....45
ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี.....52
ค การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer.....59
ง การตรวจสอบทางจุลชีววิทยา.....62
จ แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส.....65
ฉ กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าว
บรรจุกระป๋อง.....67
ช ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน.....72

ประวัติผู้เขียน.....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ที่มีอยู่ในข้าวกล้องและส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสี (ไมโครกรัม/กรัมโดยน้ำหนักแห้ง).....5

2.2 ปริมาณองค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง.....8

2.3 ปริมาณกรดอะมิโนในถั่วเหลือง.....9

2.4 ปริมาณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว.....12

2.5 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญชาติสำเร็จรูป.....13

2.6 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า.....15

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ..... .25

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลือง.....26

4.3 ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตเครื่องดื่มโดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส.....28

4.4 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....29

4.5 ค่าสีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....30

4.6 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....31

4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....34

4.8 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....35

4.9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน.....36

4.10 คะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน.....37

4.11 คะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์ค่าสีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้างบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ช1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....73

ช2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดจากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....74

ช3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (ค่า L) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลืองและรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....75

ช4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดง (ค่า a) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลืองและรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....76

ช5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (ค่า b) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง.....18

3.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง.....19

3.3 การบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....21

ก1 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 115 °C เวลา 20 นาที.....48

ก2 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 115 °C เวลา 30 นาที.....50

ก3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง f_h/u กับ log g ที่ m + g เท่ากับ 160 °F.....51

ค1 เครื่องมือวัดความหนืด (Brookfield Rheometer รุ่น LVDV-III).....61

ค2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความหนืด คือ Chamber SC4-13R และเข็มวัดเบอร์ SC4-18.....61

ฉ1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง.....68

ฉ2 กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....69

ฉ3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญในวงการค้าข้าวโลกในฐานะผู้ส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ซึ่งในปี 2541 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวได้สูงสุดเป็นประวัติการณ์จำนวน 6.41 ล้านตัน แต่เนื่องจากการค้าข้าวในตลาดโลกมีการแข่งขันกันมากขึ้น รวมทั้งมาตรการการกีดกันการนำเข้าของประเทศต่างๆ ทำให้ราคาข้าวไม่แน่นอนบางปีมีราคาต่ำมาก ดังนั้นการนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ ทำให้เกษตรกรสามารถขายข้าวเปลือกได้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวให้มากขึ้นด้วยโดยเฉพาะข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือ ซึ่งเป็นข้าวที่คนไทยบริโภคมาแต่ดั้งเดิม อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกาย ไม่มีโคเลสเตอรอล มีปริมาณโปรตีน 7.20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.90 เปอร์เซ็นต์ ใยอาหาร 0.70 เปอร์เซ็นต์ และวิตามินบีหนึ่ง 0.54 เปอร์เซ็นต์ นอกจากข้าวกล้องแล้วผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปของข้าวสาร ซึ่งได้จากการนำข้าวเปลือกมาผ่านการขัดสีได้ส่วนที่เป็น ต้นข้าว (head rice) 60.00 เปอร์เซ็นต์ แกลบ (husk) 24.50 เปอร์เซ็นต์ รำ (bran) 8.80 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าว (broken) 6.20 เปอร์เซ็นต์ และสูญเสีย (loss) 0.50 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าการผลิตข้าวสารจะได้ส่วนที่เป็นรำข้าวอยู่ประมาณ 8.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยมากจะใช้รำข้าวเป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ ในรำข้าวเองมีโปรตีน 14.13 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 23.50 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหาร 9.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ และมีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถช่วยลดอาการเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ได้

ดังนั้นการนำข้าวกล้องและรำข้าวมาใช้เป็นส่วนประกอบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม จึงเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวกล้องและรำข้าวได้อีกทางหนึ่ง และเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น จึงได้มีการนำนมถั่วเหลืองมาผสมหรือเติมลงในเครื่องดื่ม เนื่องจากถั่วเหลืองประกอบไปด้วยโปรตีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่ายมีปริมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18-20 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ ไขมันในถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีโคเลสเตอรอลและมีกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) สูง นอกจากนี้ยังมีเลซิทิน (lecithin) ซึ่งเป็นไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์หุ้มสมอง และเซลล์ประสาท ช่วยในการดูดซึมและลดระดับโคเลสเตอรอล นอกจากถั่วเหลืองจะมีองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันที่สำคัญแล้ว ถั่วเหลืองยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ วิตามินบี 1 และบี 2 ในปริมาณสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มที่ผลิตได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องโดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากการยอมรับของผู้บริโภค และวิธีการทางจุลชีววิทยา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องโดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันที่เหมาะสม และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากการยอมรับของผู้บริโภค และวิธีการทางจุลชีววิทยา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีทั้งด้านโภชนาการและความปลอดภัย

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวกล้อง และรำข้าว โดยนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีปริมาณไขมันและแคลอรีต่ำ เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไป

1.4.2 ได้แนวทางในการผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง เพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวกล้อง (Brown Rice)

ข้าวกล้องได้จากข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือก ประกอบไปด้วยเซลลูโลส ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดออกไปเรียกว่า แกลบ มีอยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของข้าวเปลือก เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดขาว พบว่า ข้าวกล้องให้ผลผลิตมากกว่า ไม่ต้องใช้พลังงานในการขัดสี ลดการสูญเสียรำละเอียด และปริมาณข้าวหัก (สายสนม ประดิษฐดวง. 2541)

2.1.1 องค์ประกอบของข้าว

องค์ประกอบที่สำคัญและมีอยู่มากในเมล็ดข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสะสมอยู่ในรูปของสตาร์ช รองลงมาเป็นโปรตีนและไขมัน

2.1.1.1 คาร์โบไฮเดรต

ในเมล็ดข้าวจะมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักของสตาร์ช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อะไมโลส และ อะไมโลเพคติน ปริมาณอะไมโลสในข้าวจะมีอยู่ในช่วงประมาณ 7-33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือจะเป็นอะไมโลเพคติน อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินมีผลต่อสมบัติด้านต่างๆ ของสตาร์ช โดยมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความใส และความหนืดของ paste แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำ และมีการพองตัวของเม็ดแป้งช้าลง จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าปกติเพื่อให้เกิดการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างสมบูรณ์ (Cagampang *et al.* 1973)

2.1.1.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีในข้าวกล้องมากเป็นที่ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรต โดยมีอยู่ประมาณ 8.3-9.6 เปอร์เซ็นต์ แต่คุณภาพของโปรตีนในข้าวไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัว เช่น ไลซีน ธรีโอนีน และไอโซลูซีน ต่ำ (Prabhavat. 1989) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นอันดับแรก (first limiting amino acid) และเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย (สายสนม ประดิษฐดวง. 2541) โปรตีนที่พบแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติในการละลายในตัวทำละลาย (Chavan and Duggal. 1978) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) กลูเตลิน (glutelin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นด่างหรือเรียกว่าโอไรเนิน (oryzenin) พบในข้าวประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์

2) อัลบูมิน (albumin) ละลายได้ดีในน้ำ มีกรดอะมิโนไลซีนอยู่สูง

3) กลอบูลิน (globulin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอมโมเนียมซัลเฟต มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนร่วมกับกรดอะมิโนในโปรตีนส่วนที่เป็นอัลบูมินประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์

4) โพรลามิน (prolamin) ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์

2.1.1.3 ไขมัน

ข้าวกล้องมีปริมาณไขมันประมาณ 2.1-3.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ต่ำแต่มีสารที่มีคุณประโยชน์หลายชนิดประกอบอยู่ มีกรดไขมันอิ่มตัว 19 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันไม่อิ่มตัว 77 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย กรดโอเลอิค (oleic acid) 41 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) 34.3 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลนิค (linolenic acid) 1.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีก 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารประกอบที่ไม่ถูกสปอนนิไฟน์ (unsaponifiable matter) ได้แก่ โอไรซานอล (oryzanol) 20-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ คือ ferulic acid ester of triterpenoid alcohol ทำหน้าที่เป็น antioxidant ตามธรรมชาติ มีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดได้ เป็นส่วนที่มีคุณค่ามากและมีอยู่สูงกว่าในพืชอื่นๆ (สายสนม ประดิษฐดวง. 2541)

2.1.1.4 วิตามินและเกลือแร่

ข้าวกล้องเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบางชนิด เช่น วิตามินบี1 วิตามินบี2 และไนอาซิน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อร่างกายในการควบคุมเมตาโบลิซึมต่างๆ และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ข้าวกล้องยังเป็นแหล่งฟอสฟอรัส และเหล็ก ที่ดีแต่มีแคลเซียมค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับน้ำนม แสดงดังตารางที่ 2.1

2.1.2 โครงสร้างของเม็ดแป้ง

จากการศึกษาโดยใช้ light microscope สรุปได้ว่าโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน ภายในเมล็ดแป้งมีการจัดตัวกันเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีการจัดเรียงตัวเป็น 2 ลักษณะ คือ จัดเป็นลักษณะคล้ายผลึก เรียกว่า crystalline region เป็นส่วนที่มีการจัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบประกอบด้วยอะไมโลสเป็นส่วนใหญ่ ส่วนนี้มีการพองตัวจำกัด ไม่ค่อยมีปฏิกิริยากับสารอื่นมากนัก และเป็นส่วนที่หักเหแสงเอ็กซ์เรย์ อีกส่วนหนึ่งมีการจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบ ดูดน้ำได้ดีกว่าบริเวณผลึก ไวต่อปฏิกิริยาเคมี เรียกว่า amorphous region (Hoseney. 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง

เม็ดแป้งที่มีความสมบูรณ์จะละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติได้น้อย จะสามารถดูดน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของแป้งจะมีการสั่นอย่างรุนแรง บางส่วนของ intermolecular bond จะถูกทำลาย เฉิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบๆ ตัวมันเอง (Sterling. 1978) การที่น้ำสามารถซึมเข้าไปในเม็ดแป้งทำให้ส่วนต่างๆ ภายในเม็ดแป้งห่างกันเพิ่มขึ้น ทำให้ส่วนของบริเวณผลึกลดลงและเมื่อให้ความร้อนต่อไป ส่วนของบริเวณผลึกและไบฟรินเจนซ์จะหายไป อุณหภูมิที่ไบฟรินเจนซ์เริ่มหายไปเรียกว่า "อุณหภูมิเจลาติไนเซชัน" (Fennema. 1996)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ที่มีอยู่ในข้าวกล้องและส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสี (ไมโครกรัม/ กรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	รำหยาบ	รำละเอียด
วิตามิน				
วิตามินบี1	2.1-4.5	0.22-1.26	10.1-27.9	3.6-3.0
วิตามินบี2	0.33-0.86	0.11-0.37	1.17-3.4	1.4-3.4
ไนอาซิน	44-62	3.6-22	241-590	228-385
ไพริดอกซิน	1.6-11.2	0.37-6.2	10.3-32.1	9.6-30.8
ไบโอติน	0.065-0.13	0.005-0.07	0.16-0.47	0.14-0.57
วิตามินเอ	0.13	Trace	4.2	0.95
วิตามินอี	13.1	Trace	149.2	62.9
เกลือแร่				
แคลเซียม	65-400	46-270	140-1310	90-910
ฟอสฟอรัส	2480-2920	885-1920	14800-28680	17700-24400
เหล็ก	6.8-46	1.8-26.8	130-530	102-280
แมกนีเซียม	379-1400	229-371	8650-12300	5680-7590
โปแทสเซียม	1240-3280	577-1170	13650-22700	9500-11100
ซิลิคอน	280-1900	107-370	1700-16300	560-1200

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง นอกจากจะขึ้นกับอุณหภูมิยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีอยู่ด้วย เช่น น้ำตาล เกลือ กรด และไขมัน ดังนี้ (Osman. 1967)

2.1.3.1 ผลของน้ำตาล

น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) จะไปลดการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน โดยน้ำตาลจะแย่งน้ำจากแป้ง เนื่องจากน้ำตาลมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มากจึงดูดซับน้ำได้ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ทำให้เม็ดแป้งพองตัวถูกจำกัดทำให้แป้งสุกยากขึ้น สังเกตจากช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันจะกว้างขึ้น ผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งจะน้อยมากในสารละลายที่มีน้ำตาลเข้มข้น 5 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำ น้ำตาลประเภทไดแซคคาไรด์จะมีผลต่อการพองตัว และเกิดการเจลาติไนเซชันของแป้งมากกว่าน้ำตาลประเภทโมโนแซคคาไรด์ (Fennema. 1996)

2.1.3.2 ผลของเกลือ

เกลือจะให้ผลเช่นเดียวกับน้ำตาลโดยไปลดการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน แต่เกลือจะมีผลมากกว่าน้ำตาล โดยพบว่าเกลือ 0-6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำ สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งได้

2.1.3.3 ผลของไขมัน

ไขมันประเภทไขมันไม่อิ่มตัว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันข้าวโพด เป็นต้น มีผลทำให้อุณหภูมิที่ทำให้เกิด peak viscosity ลดลง เพราะไขมันไม่อิ่มตัวจะไปเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส เช่น การเกิดเจลาติไนเซชัน ของแป้งข้าวโพดจะมี peak viscosity อยู่ที่ 92 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเติมไขมันไม่อิ่มตัวลงไป 9-12 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะมี peak viscosity อยู่ที่ 82 องศาเซลเซียส

2.1.3.4 ผลของกรด

อาหารโดยทั่วไปซึ่งมี pH 4-7 จะมีผลกระทบต่อการเกิดเจลาติไนเซชันน้อย ในระหว่างการให้ความร้อนแป้งที่มี pH ต่ำกว่า 4 กรดจะมีผลโดยจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์ของเม็ดแป้ง โดยจะตัดพันธะกลูโคซิดิกของแป้ง ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลสั้นๆ มากขึ้น พบว่า peak viscosity จะลดลง

2.2 รำข้าว (Rice bran)

รำข้าวเป็นส่วนที่ได้จากการขัดสีข้าว เพื่อทำให้ได้ข้าวที่มีสีขาวน่ารับประทาน และหุงออกมานิ่ม รำข้าวเป็นแหล่งโปรตีน และไขมันที่ดี โดยมีองค์ประกอบทางเคมี คือ มีปริมาณความชื้น 10.73 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14.13 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 9.69 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 7.86 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Alencar and Alvarenga. 1991) รำข้าวเป็นส่วนที่สำคัญของใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และสามารถรับประทานได้ทุกวันจากการรับประทานข้าวที่ไม่ผ่านการขัดขาว ที่เรียกว่า ข้าวกล้อง ใยอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในรำข้าวเป็นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (water insoluble dietary fiber) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน คิวตินและแวกซ์ ใยอาหารประเภทนี้ช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อมะเร็งลำไส้

2.2.1 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นสายโพลิแซกคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเป็นจำนวน 1000 โมเลกุล ต่อกันแบบเบต้า-1.4 โดยเป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลักของพืชทั่วๆ ไป โดยเฉพาะผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงในอาหารจำพวกผักและธัญพืชจะมีปริมาณกลูโคสสูงถึง 20-50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แต่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว จากผลการศึกษาทดลองเชื่อว่าเซลลูโลสจะช่วยดูดซึมสารก่อมะเร็ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นในทางเดินลำไส้อันเนื่องมาจากการกินอาหารที่มีสารไนเตรท และช่วยป้องกันการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นจึงมีประโยชน์แก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน (สันทนา อมรไชย. 2527)

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยกลุ่มของน้ำตาลเชิงเดี่ยวชนิดต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน 100 โมเลกุลที่มีคุณสมบัติในการละลายเหมือนกัน คือ ละลายได้ในสารละลายด่าง น้ำตาลเชิงเดี่ยวที่พบมากในเฮมิเซลลูโลส คือ ดี-ไซแลนส์ (D-xylans) และ ดี-กลูโคแมนแนนส์ (D-glucomannans) และมี side chain เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยวอื่น ๆ เช่น แอล-อะราบิโนส (L-arabinose) เฮมิเซลลูโลสสามารถช่วยป้องกันโรคท้องผูกได้ (ประทุม พุทธิวนิช และ พิมพาภรณ์ ไตรณรงค์สกุล. 2540)

2.2.3 ลิกนิน

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน เช่น cinnamyl syringyl และ guaicyl พบในพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง พบมากในข้าว เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และรำ แป้งที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีขัดและฟอกสี ผลไม้พวกสตรอเบอรี่ ราสเบอรี่ ถั่วงอก กะหล่ำปลี และมะเขือเทศ หน้าที่ของลิกนินจะช่วยให้ความแข็งแรง และทนต่อการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะพบว่ามีปริมาณลิกนินสูงขึ้นจึงทำให้ทนต่อการย่อยสลายได้มากขึ้น ลิกนินมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดนิ่วในถุงน้ำดี (ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เข้ามาสู่ประเทศไทยโดยชาวจีนอพยพเป็นผู้นำเข้ามา เนื่องจากชาวจีนชอบบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองมาก จนกระทั่งถั่วเหลืองกลายมาเป็นส่วนหนึ่งของอาหารของคนไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ เต้าหู้แผ่น และซอส เป็นต้น องค์ประกอบของถั่วเหลืองที่สำคัญมีดังนี้ (ตารางที่ 2.2)

2.3.1 โปรตีน

โปรตีนในถั่วเหลืองมีปริมาณสูงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในเนื้อสัตว์มี 17.6-23.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 8 ชนิด มีไลซีนสูง แต่มีเมทไธโอนีน และซิสทีน ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 2.3) ซึ่งสามารถทดแทนได้โดยรับประทานร่วมกับอาหารจากธัญพืชและเนื้อสัตว์

ตารางที่ 2.2 ปริมาณองค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% ใน 100 กรัมของส่วนที่กินได้)
ความชื้น	11.10
โปรตีน	34.00
ไขมัน	19.00
ใยอาหาร	4.70
เถ้า	4.80
คาร์โบไฮเดรต	26.70
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	441.00
เกลือแร่ (มิลลิกรัม)	
แคลเซียม	245.00
ฟอสฟอรัส	900.00
เหล็ก	10.00
วิตามิน (มิลลิกรัม)	
วิตามินบี1	0.73
วิตามินบี2	0.19

ที่มา : เสาวนีย์ จักรพิทักษ์ (2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดอะมิโนในถั่วเหลือง

กรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม/100 กรัมโปรตีน)
Arginine	6.7
Cysteine	1.1
Glutamic acid	16.4
Histidine	2.3
Isoleucine	4.3
Leucine	7.2
Lysine	5.5
Methionine	1.2
Phenylalanine	4.6
Threonine	3.3
Tryptophan	1.1
Valine	4.4

ที่มา : Garcia *et al.* (1997)

2.3.2 ไขมัน

ไขมันในถั่วเหลืองมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ไม่มีโคเลสเตอรอล และมีกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดลิโนเลอิค 45-62 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิค 43-56 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิค 15-33 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นประกอบไปด้วยเลซิทิน 2 เปอร์เซ็นต์ (Smith and Circle. 1978) ซึ่งเป็นไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์สมองและเซลล์ประสาท ช่วยในการดูดซึมและขนส่งไขมัน ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ช่วยป้องกันโรคหัวใจ

2.3.3 คาร์โบไฮเดรต

ถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบไปด้วย 2 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ (Soluble Carbohydrate) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Carbohydrate) โดยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยไดแซคคาไรด์ และโอลิโกแซคคาไรด์ ได้แก่ ซูโครส 2.5-8.2 เปอร์เซ็นต์ ราฟฟิโนส 0.1-0.9 เปอร์เซ็นต์ และสตาชิโอส 1.4-4.1 เปอร์เซ็นต์ (Garcia *et al.* 1997) สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคทิน และสตาร์ชปริมาณเล็กน้อย โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เรียกว่า ใยอาหาร (dietary fiber)

2.3.4 วิตามินและเกลือแร่

ถั่วเหลืองประกอบด้วยวิตามินบี1 และบี2 ในปริมาณสูง แต่เมื่อนำถั่วเหลืองมาผ่านการให้ความร้อนสูงจะทำวิตามินลดลงครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าถั่วเหลืองมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ ไอโซฟลาโวน (isoflavones) และสารที่พบในสัดส่วนที่สูงในบรรดาสารไอโซฟลาโวนทั้งหมด คือ genistein ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ มะเร็งเต้านม และมะเร็งต่อมลูกหมาก เป็นต้น

2.4 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวหรือนมข้าวมีการผลิตกันมานานแล้วในหลายประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง และไต้หวัน โดยใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่า "Rice Milk" (Lin *et al.* 1988) และทางประเทศแถบอเมริกาใต้ เช่น เวเนซูเอล่า ซึ่งมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวนี้เป็นเครื่องดื่มพื้นบ้าน มีการผลิตมาตั้งแต่สมัยโบราณ และนิยมบริโภคกันมาก โดยเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ว่า "Rice Chicha" (Guerra *et al.* 1981) ในสหรัฐอเมริกาก็มีการผลิตผลิตภัณฑ์นี้ออกจำหน่ายเช่นกัน โดยใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่า "Non – Dairy Rice Drink"

การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวในต่างประเทศนั้นนิยมผลิตเป็นเครื่องดื่มในครัวเรือน มีส่วนผสม คือ ข้าว 1 ถ้วย น้ำร้อน 4 ถ้วย น้ำตาล กลิ่นวานิลา โดยทำการแช่ข้าวในน้ำอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หรือแช่ค้างคืนในตู้เย็น จากนั้นสะเด็ดน้ำออก และเติมน้ำ 4 ถ้วย นำมาปั่นให้ละเอียดประมาณ 1 นาที กรองเอาข้าวออก เก็บส่วนที่เป็นสารละลายไว้ จากนั้นเติมน้ำตาลหรือน้ำผึ้ง และกลิ่นวานิลา อาจมีการเติมผลไม้ตามชอบ ทำการปั่นอีกครั้ง ก็จะได้เครื่องดื่มข้าวแช่ตู้เย็นพร้อมรับประทาน สามารถเก็บได้นาน 2 วัน การเติมกลิ่นอาจมีการใช้ช็อกโกแลต บางสูตรอาจมีการลดปริมาณน้ำแต่เติมน้ำนมวัวแทนเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

สำหรับการผลิตเครื่องดื่มข้าวมีการใช้วัตถุดิบในการผลิตหลายชนิด เช่น ข้าวเจ้า สามารถใช้ได้ทั้งชนิดที่เป็นข้าวกล้องและข้าวสาร โดยผลิตเป็นเครื่องข้าวโดยตรง ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้โดยทั่วไปจะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในน้ำนมวัว ในช่วงระยะหลังมานี้การผลิตมักมีการเติมโปรตีนจากพืช (เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง และลูกเดือย เป็นต้น) และโปรตีนจากสัตว์ (เช่น น้ำนมวัว และหางนมผง เป็นต้น) ลงไปในผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเครื่องดื่มข้าวที่จะกล่าวถึงนี้จะแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาเติมลงไปในเครื่องดื่ม ซึ่งมีการศึกษาและผลิตกันมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าว

Lin *et al.* (1988) ศึกษากระบวนการแปรรูปนมข้าว โดยการนำข้าวมาแช่น้ำ 1-2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาโม่เป็นแป้ง นำแป้งที่ได้มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม และคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปให้ความร้อนเบื้องต้น คนอย่างสม่ำเสมอ เติมน้ำตาลทรายในอัตราส่วนที่เหมาะสม เติมน้ำมันพืช ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ 7000 รอบ/นาที นาน 2 นาที นำมาบรรจุในขวดแก้ว ฆ่าเชื้อโดยใช้รีทอร์ต ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 20 นาที จะได้นมข้าวซึ่งมี pH อยู่ในช่วงประมาณ 6.20-7.20 ความหนืดประมาณ 15-20 cps. ค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 9-12 °Brix

Mitchell *et al.* (1990) ศึกษากระบวนการผลิตนมข้าวโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ผลิตได้จากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เพื่อย่อยข้าวให้เป็นของเหลว และเอนไซม์กลูโคซิเดส (glucosidase E.C.3.2.1.3, 1,4-alpha-D-Glucan glucohydrolase) ในขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต คือ นำข้าวมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 เมช เติมน้ำและผสมใน steam jacketed เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในขั้นตอนแรก เพื่อย่อยข้าวให้เป็นของเหลว ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมเอนไซม์กลูโคซิเดสในขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้ นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรอง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 2.4

Lee *et al.* (1996) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปเครื่องดื่มจากข้าว โดยการนำมอลท์มาสกัดที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาสเตอร์ริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำ : มอลท์ เท่ากับ 10 : 1 โดยใช้ ข้าวสุก 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับมอลท์สกัด ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดในการแซคคาริฟิเคชัน คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นอกจากนี้ Takubo (1997) ศึกษากระบวนการผลิตนมข้าว โดยใช้มอลท์ข้าวท่อน นำมานึ่ง และผ่านขั้นตอนแซคคาริฟิเคชันของมอลท์ที่อุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมกับน้ำร้อนจนเกิดเป็นอิมัลชัน แล้วนำมากรอง เครื่องดื่มที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้านรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยไม่สูญเสียสารอาหาร

Nam *et al.* (2001) ศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มข้าว โดยใช้ทั้งข้าวกล้องและข้าวสารเป็นวัตถุดิบ มีขั้นตอนดังนี้ คือ ขั้นตอนแรกนำข้าวมาอบที่อุณหภูมิ 150-200 องศาเซลเซียส นาน 10-20 นาที แล้วนำมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 50 เมช ผสมข้าวกล้องและข้าวสารในอัตราส่วนข้าวกล้อง : ข้าวสาร เท่ากับ 1 : 9 เติมน้ำในปริมาณ 4 เท่าของน้ำหนักข้าว นำมาผ่านการย่อยด้วยแบคทีเรียแอลฟาอะไมเลส (0.02-0.06 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 10-30 นาที จากขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวที่มีความหวาน 6-11 °Brix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่สอง นำของเหลวที่ได้จากขั้นตอนแรกมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (0.05-0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) เอนไซม์โปรติเอส (0.10-0.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) และเอนไซม์เพคติเนส (0.05-0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) นาน 3-8 ชั่วโมง จากขั้นตอนนี้ทำให้มีความหวาน 8-13 °Brix นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ จากนั้นนำของเหลวที่ได้มาผ่านเครื่องกรอง (ขนาด 120 เมช) แล้วจึงนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ของเหลวที่ผ่านการกรองแล้ว 40-65 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำ 30-50 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 2-6 เปอร์เซ็นต์ วิตามินซี 0.002-0.2 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วเหลือง 0.1-0.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์ม 0.08-0.25 เปอร์เซ็นต์ และนำมาโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 130-150 บาร์ บรรจุขวด ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115-128 องศาเซลเซียส นาน 20-40 วินาที

สำหรับในประเทศไทยก็มีการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวนี้ออกจำหน่ายเช่นกัน โดยใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่า "น้ำนมข้าวยาคู" (young rice milk) ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ น้ำนมข้าวยาคู 92.95 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนถั่วเหลือง 2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.4 ปริมาณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% of solids)
Soluble Complex Carbohydrate	10-70
Maltose	0-70
Glucose	5-70
Ash or Minerals	0.1-0.6
Protein and Fat	1.0-3.5
Fiber	0.05-0.40

ที่มา : Mitchell *et al.* (1990)

2.4.2 เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวผสมธัญพืชอื่น

Santos *et al.* (1993) ศึกษาผลของขบวนการเอกซ์ทรูดชันต่อคุณภาพโปรตีนในนมข้าวผสมถั่วเขียว โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าว : ถั่วเขียว : นม เท่ากับ 70 : 25 : 5 ซึ่งเป็นการหา nitrogen balance (ทำการทดลองกับหนู) แบ่งเป็น 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 นำข้าวและถั่วเขียวผ่านการเอกซ์ทรูดแล้วเติมนม สูตรที่ 2 นำข้าวผสมกับถั่วเขียวและนมมาผ่านการเอกซ์ทรูด และสูตรที่ 3 นำข้าวผสมกับถั่วเขียวและนมมาผ่านการเอกซ์ทรูดแล้วจึงเติมไลซีน จากการศึกษา พบว่า สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีค่า PER เท่ากับ 2.25 1.93 และ 2.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรวิภา ฉิมโฉม และสุพร กาญจนกิจสกุล (2538) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญชาติ โดยใช้วัตถุดิบ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มธัญชาติ ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวโพด และลูกเดือย กลุ่มถั่ว ได้แก่ ถั่วเขียวซีก ถั่วแดงหลวง และถั่วเหลือง เมื่อสุกแล้วทำให้เป็นเฟลค (flake) ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) นำเฟลคที่ได้มาผสมกับหางนมผง ครีมเทียม และน้ำตาลทราย ในอัตราส่วน เฟลค : หางนมผง : ครีมเทียม : น้ำตาลทราย เท่ากับ 5.00 : 6.20 : 3.20 : 4.60 ชงในน้ำต้มสุก 80 มิลลิลิตร ทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเครื่องดื่มธัญชาติที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดผลิตจากเฟลคมีส่วนผสมของ ข้าวโพด 28.85 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเจ้า 7.69 เปอร์เซ็นต์ ลูกเดือย 15.38 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเขียวซีก 19.23 เปอร์เซ็นต์ ถั่วแดงหลวง 19.23 เปอร์เซ็นต์ และถั่วเหลือง 9.62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปดังกล่าวมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 2.5

นัทกาญจน์ กองศรีมา (2541) ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มข้าว โดยนำปลายข้าวกล้องมาแช่น้ำ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาปั่นกับน้ำอัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 ผสมกับน้ำนมถั่วเหลือง (อัตราส่วน ถั่วเหลือง : น้ำ เท่ากับ 1 : 4) และน้ำลูกเดือย (อัตราส่วน ลูกเดือย : น้ำ เท่ากับ 1 : 5) ตามอัตราส่วนที่กำหนด ปรับให้มีปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ 11-12 °Brix นำมาให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นำมาบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อโดยใช้รีทอร์ต ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำข้าว : น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำลูกเดือย เท่ากับ 1 : 4 : 0.5 จะได้เครื่องดื่มข้าวซึ่งมี pH เท่ากับ 6.63 ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ 12 °Brix

ตารางที่ 2.5 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญชาติสำเร็จรูป

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
ความชื้น	6.02
คาร์โบไฮเดรต	17.05
โปรตีน	2.41
ไขมัน	13.68
เยื่อใย	3.37
เถ้า	57.47

ที่มา: กรวิภา ฉิมโฉม และสุพร กาญจนกิจสกุล (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวผสมนมวัว

Shepherd *et al.* (1981) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มข้าวหรือนมข้าว โดยใช้ข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์ และเสริมด้วยแป้งถั่วเหลือง (defatted soy flour) นมผงพร่องมันเนย (nonfat dry milk) 5-20 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วเหลือง วิตามิน และเกลือแร่ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการใช้เป็นอาหารเสริมแก่ทารกที่กำลังจะหย่านม เด็กก่อนวัยเรียน หญิงมีครรภ์ และหญิงที่ให้นมบุตร โดยเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า "Rice – Soya – Milk. RSM" ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 18.80 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเครื่องดื่มจากข้าวเพียงอย่างเดียวถึง 2.70 เท่า มีวิตามิน และเกลือแร่ในปริมาณที่คนส่วนใหญ่ต้องการ

Prabhavat (1989) ศึกษาการผลิตนมข้าวเจ้าผสมนมวัว โดยใช้ข้าวเจ้าพันธุ์นางมลเอส–4 ในรูปของข้าวสารและข้าวกล้อง ใช้อัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1 : 13 (โดยน้ำหนัก) ผสมน้ำตาลทราย 2.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และเติมน้ำมันถั่วเหลือง 2.50 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) นมข้าวเจ้าที่ได้นี้เมื่อนำมาผสมกับนมวัวในอัตราส่วน นมข้าวเจ้า : นมวัว เท่ากับ 2.50 : 1 (โดยปริมาตร) พบว่านมข้าวเจ้าผสมที่ทำจากข้าวพันธุ์นางมลเอส–4 ชนิดข้าวสารจะมีการยอมรับในการบริโภคทางด้านสี กลิ่น และรส มากกว่าข้าวกล้อง มีปริมาณโปรตีน 1.32 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.35 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 7.45 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 65 แคลอรี ต่อ 100 กรัม ซึ่งการเติมนมวัวลงไปในอัตราส่วนดังกล่าวนี้จะช่วยเพิ่มปริมาณของไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนตัวจำเป็นต่ำสุดของโปรตีนในนมข้าวเจ้าให้สูงขึ้น

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์ (2540) ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า โดยใช้ปลายข้าวเจ้าที่มีระดับอะมิโลสต่างกัน 3 พันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง17 และข้าวกข25 พบว่าปลายข้าวที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม คือ ปลายข้าวขาวดอกมะลิ105 อัตราส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 1 : 14 (โดยน้ำหนัก) อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้น 65 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที ปริมาณน้ำตาลทราย 2.50 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันถั่วเหลือง 3.00 ปอร์เซ็นต์ ได้ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการเติมโซเดียมเคซีเนต 3.00 เปอร์เซ็นต์ และใช้ RECODAN-RS VEG® (ประกอบด้วย mono-diglycerides. sodium alginate. carrageenan และ guar gum) 0.18 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เพื่อปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัว ทำให้เครื่องดื่มมีความคงตัวดีไม่เกิดการแยกชั้นและตกตะกอน องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มชนิดนี้แสดงดังตารางที่ 2.6

จรรยา และคณะ (2539) ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มเสริมสุขภาพจากมอลต์ข้าวเจ้า โดยทำการทดสอบข้าว 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์กข23 เหลืองประทิว123 สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี2 และขาวดอกมะลิ105 โดยนำข้าวแต่ละพันธุ์มาทำให้งอกแล้วคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด ซึ่งได้แก่ ขาวดอกมะลิ105 จากการศึกษา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำมอลต์ คือ เวลาในการงอก 4 วัน 5 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการอบแห้ง 85 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำมอลต์ที่ได้มาบด แล้วผ่านเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเพื่อทำให้แห้ง บดอีกครั้งให้เป็นผงแล้วนำไปทำเครื่องดื่มที่มีส่วนผสม คือ น้ำตาล นมผงขาดมันเนย และมอลต์ผง นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้สูตรที่เหมาะสม คือ มอลต์ : นมผง เท่ากับ 1 : 1 มีองค์ประกอษทางเคมีดังนี้ โปรตีน 20.24 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.49 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 77.64 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
ความชื้น	87.53
คาร์โบไฮเดรต	6.84
โปรตีน	2.79
ไขมัน	2.28
เยื่อใย	0.18
เถ้า	0.38

ที่มา : สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์ (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่สำคัญ

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จากโรงสีข้าวสวนจิตรลดา

3.1.1.2 รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน จากบริษัท อมรชัย จำกัด (โรงงานกมลกิจ) นำมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง (sieve) ขนาด 100 เมช

3.1.1.3 ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่60 จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

3.1.1.4 ฟรุคโตสไซรัป จากบริษัท เจ้าคุณเกษตรพืชผล

3.1.2 สารเคมีที่สำคัญ

3.1.2.1 Ammonium metavanadate	J.T.	อเมริกา
3.1.2.2 Ammonium molybdate	J.T.	อเมริกา
3.1.2.3 Phosphate	Ajax	ออสเตรเลีย
3.1.2.4 Sodium bicarbonate	Merck	เยอรมัน
3.1.2.5 Thiamine hydrochloride	Merck	เยอรมัน

3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำนมข้าวกล้องและน้ำนมถั่วเหลือง

3.2.1.1 เครื่องโม่แยกเปลือกถั่ว		
3.2.1.2 เครื่องชั่งชนิดหยาบ	Mettler. AE 204	สวิสเซอร์แลนด์
3.2.1.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร	Mx-T1PN(G) National	ไต้หวัน
3.2.1.4 เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์	Armfield	อังกฤษ

3.2.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.2.1 กระป๋องขนาด 200 × 504 พร้อมฝาปิดแบบ Easy open		
3.2.2.2 เครื่องชั่งชนิดหยาบ		
3.2.2.3 เครื่องผนึกฝากระป๋อง	YTC	ไทย
3.2.2.4 เครื่องไล่อากาศ	BWS	ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.2.5 เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน	BWS	ไทย
3.2.2.6 เครื่องอ่านอุณหภูมิระบบดิจิตอล	Ellab a-s copenhagen	เดนมาร์ก
3.2.2.7 เทอร์โมคับเปิ้ล	Ellab a-s copenhagen	เดนมาร์ก

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.2.3.1 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	WTW	เยอรมัน
3.2.3.2 เครื่องวัดสี	Minolta, CR-30D	ญี่ปุ่น
3.2.3.3 เครื่องวัดความหนืด	Brookfield, LVDV-III	อเมริกา
3.2.3.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (cooling bath)		
3.2.3.5 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง		
(Spectrophotometer)	Shimadzu-UV 1601	ญี่ปุ่น
3.2.3.6 เครื่องหมุนเหวี่ยง	Centrikon, T-42 K	อิตาลี
3.2.3.7 รีแฟรคโตมิเตอร์	ATAGO, N-1E	ญี่ปุ่น
3.2.3.8 ชุดวิเคราะห์โปรตีน	Buchi B-316	เยอรมัน
3.2.3.9 ชุดวิเคราะห์ไขมัน	Buchi 810	เยอรมัน
3.2.3.10 ชุดวิเคราะห์เยื่อใย		
3.2.3.11 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	Memmert	เยอรมัน
3.2.3.12 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ	Memmert	เยอรมัน
3.2.3.13 เครื่องแก้วต่างๆ		

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการอาคารแปรรูป โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2 ห้องปฏิบัติการอาคารเจ้าคุณทหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

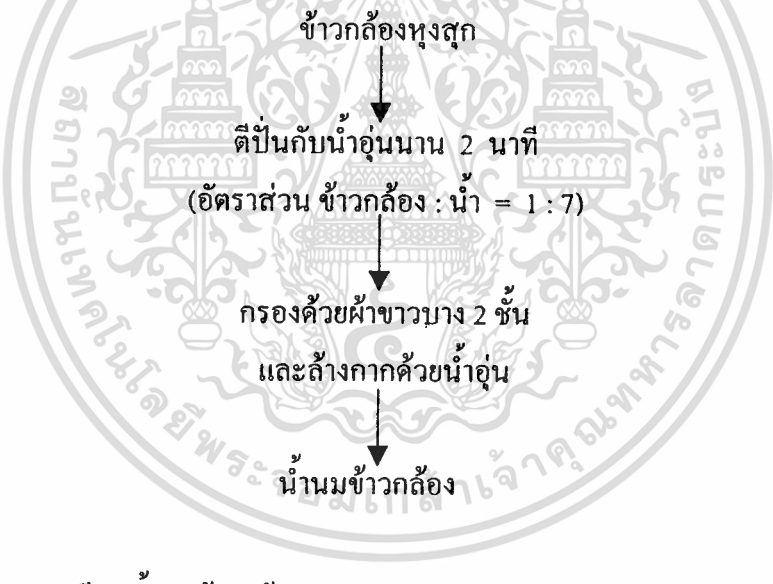
3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ ได้แก่ ข้าวกล้อง (พันธุ์ขาวดอกมะลิ105) ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่60) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน โดยนำมาบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง โดยใช้ sieve ขนาด 100 เมช และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) โปรตีน (Crude Protein) ไขมัน (Crude Fat) เยื่อใย (Crude Fiber) เถ้า (Ash) วิเคราะห์หาปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995) และวิตามินบีหนึ่ง โดยดัดแปลงจากวิธีของ Deng *et al.* (1986) วิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ข

3.4.2 วิธีการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลือง

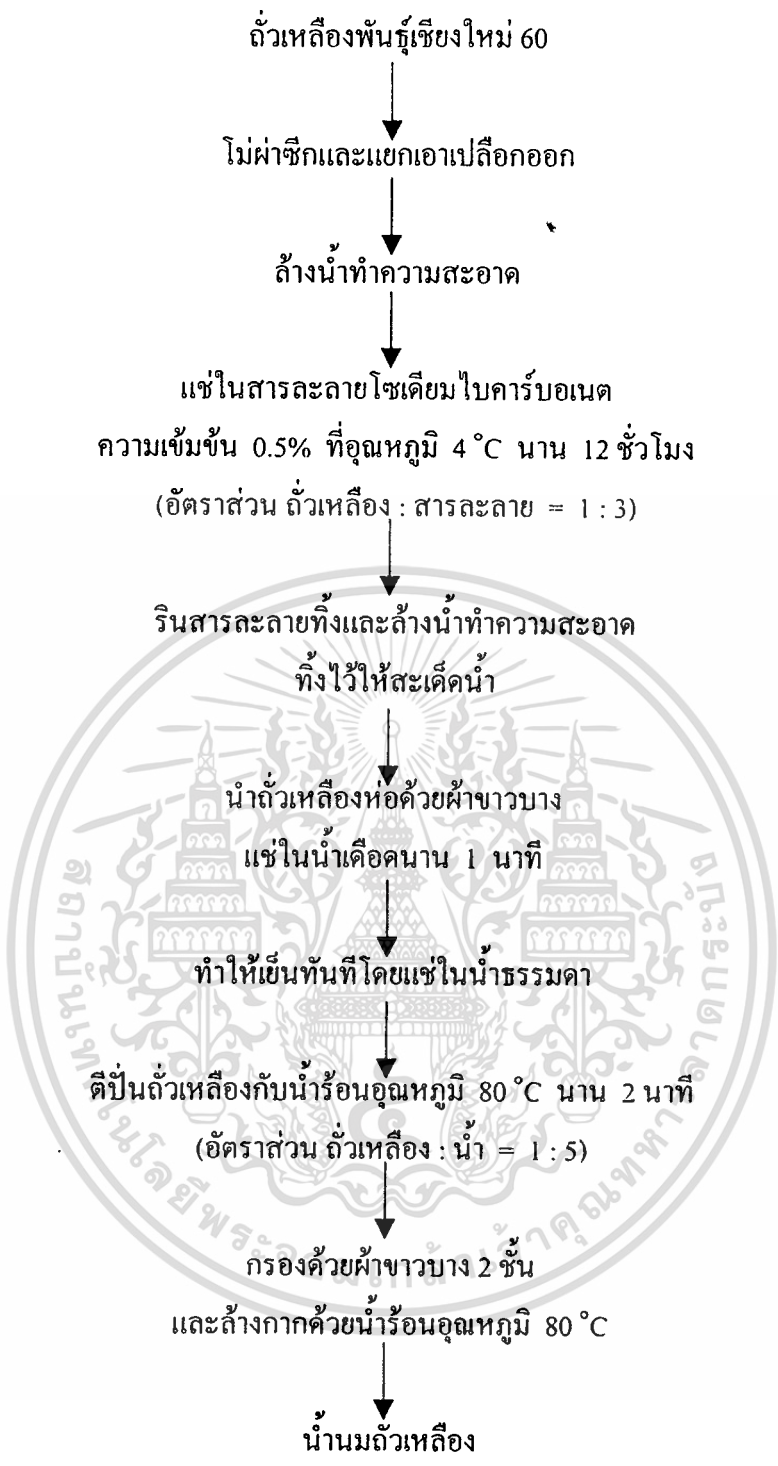
นำวัตถุดิบจากข้อ 3.4.1 ได้แก่ ข้าวกล้อง และถั่วเหลือง มาเตรียมเป็นน้ำนมข้าวกล้องและน้ำนมถั่วเหลือง แสดงดังภาพที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง

ที่มา : ดัดแปลงจากวิธีของ นัทกาญจน์ กองศรีมา (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจากวิธีของทศพร ยศสมบัติ (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลือง ตามขั้นตอนดังกล่าวแล้วจึงนำมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เลซิทิน (AOAC. 1995) และวิตามินบี1 โดยดัดแปลงจากวิธีของ Deng *et al.* (1986) ดังภาคผนวก ข

3.4.2.2 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid,TSS)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์

3.4.2.3 วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้พีเอชมิเตอร์

3.4.3 ศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

3.4.3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

การทดลองในขั้นตอนนี้วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design ขนาด $3 \times 2 \times 2$

ปัจจัยที่ 1 อัตราส่วนระหว่าง น้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับ คือ 3 : 1, 5 : 1 และ 7 : 1

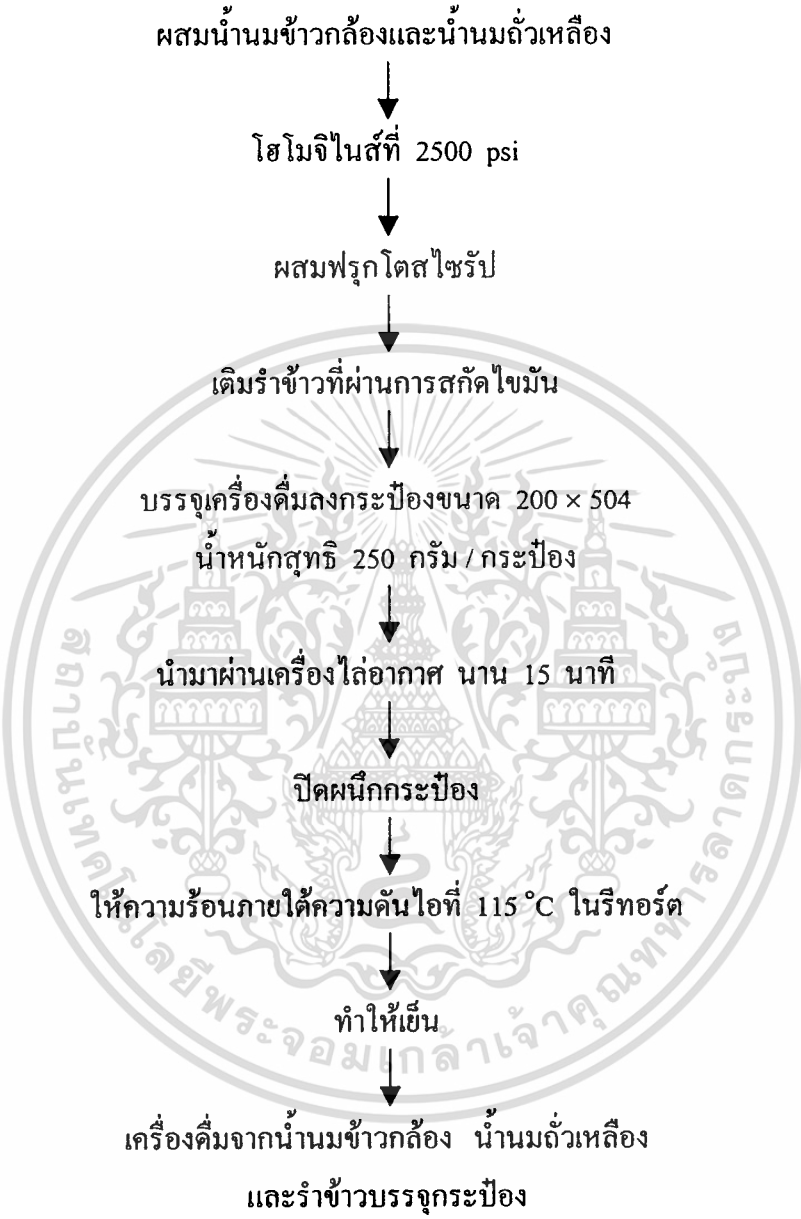
ปัจจัยที่ 2 ปริมาณรำข้าว 2 ระดับ คือ 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 3 ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 2 ระดับ คือ 3 และ 5 นาที

นำน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลืองมาผสมกันตามอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วจึงนำมาโฮโมจิไนส์ที่ 2500 psi ผสมฟรุกโตสไซรัปเพื่อปรับให้มีปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10°Brix จากนั้นนำมาเติมรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันบดละเอียดตามอัตราส่วนต่างๆ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องผสมอาหาร (mixer) ที่ความเร็วระดับ 1 แล้วจึงบรรจุลงกระป๋องขนาด 200×504 น้ำหนักสุทธิ 250 กรัม/กระป๋อง จากนั้นนำมาผ่านเครื่องไล่อากาศนาน 15 นาที แล้วปิดผนึกกระป๋อง นำเข้ารีทอร์ต เพื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 (F_0 = 3) และ 30 (F_0 = 5) นาที โดยบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของเครื่องดื่มภายในกระป๋องบริเวณจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุด (Cold point) ก่อนให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ และเมื่ออุณหภูมิรีทอร์ตเป็น 115 องศาเซลเซียส จึงเริ่มจับเวลาการฆ่าเชื้อเป็น 20 และ 30 นาที บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 2 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วทำให้เย็นทันที แสดงดังภาพที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลไปคำนวณเพื่อตรวจสอบค่า F_0 โดยใช้ Formula method โดยให้อุณหภูมิอ้างอิง (Temperature reference) เท่ากับ 121 องศาเซลเซียส หรือ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (ภาคผนวก ก) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป



ภาพที่ 3.3 กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

นำเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง จากข้อ 3.4.3.1 มาศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ค่า pH

เขย่าตัวอย่างเครื่องดื่มผสมให้เข้ากัน จนมีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH

2) การวัดความหนืด

วัดความหนืดด้วย Brookfield Viscometer รุ่น LVDV-III (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด

นำตัวอย่างเครื่องดื่มผสมให้เข้ากัน วัดปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์

4) การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma Meter โดยค่า L = ความสว่าง (brightness) ค่า a = ความเป็นสีแดง (redness) และค่า b = ความเป็นสีเหลือง (yellowness)

3.4.3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

นำเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในข้อ 3.4.3.1 มาทดสอบการยอมรับเครื่องดื่ม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกชิมจำนวน 20 คน โดยเป็นกลุ่มนักศึกษาปริญญาโทของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิธีการทดสอบใช้แบบ 5-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม เพื่อสรุปหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยเลือกจากตัวอย่างที่ได้รับคะแนนสูงสุด เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาขั้นตอนต่อไป แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก จ

เตรียมตัวอย่างในข้อ 3.4.3.1 ทำโดยกำหนดรหัสตัวอย่างแบบสุ่ม เสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบชิมครั้งละ 4 ตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างประมาณ 30 มิลลิลิตร ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส ในภาชนะแก้วใสไม่มีสีขนาดความจุ 50 มิลลิลิตร ทำการทดสอบในช่วงเวลา 10.00-11.30 น. หรือ 14.00-15.30 น. โดยให้ผู้ทดสอบชิมบ้วนปากด้วยน้ำระหว่างการชิมแต่ละตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองในขั้นตอนนี้วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (Analysis of variance. ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 7.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทดลอง 2 ซ้ำ

3.4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

นำเครื่องดื่มสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย เลซิทิน (AOAC. 1995) และวิตามินบีหนึ่ง โดยดัดแปลงจากวิธีของ Deng *et al.* (1986) ดังภาพผนวก ข

3.4.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

นำเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในข้อ 3.4.3.1 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด ที่ระยะเวลา 0 3 และ 6 เดือนของการเก็บที่อุณหภูมิห้อง มาศึกษาในด้านต่างๆ ดังนี้

3.4.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

นำตัวอย่างเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกชิมจำนวน 20 คน โดยเป็นกลุ่มนักศึกษาปริญญาโทของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิธีการทดสอบใช้แบบ 5-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก จ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 7.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

1) การวิเคราะห์ค่า pH

เขย่าตัวอย่างเครื่องดื่มผสมให้เข้ากัน จนมีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH

2) การวัดความหนืด

วัดความหนืดด้วย Brookfield Viscometer รุ่น LVDV-III (ภาคผนวก ค)

3) ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด

นำตัวอย่างเครื่องดื่มผสมให้เข้ากัน วัดปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์

4) การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma Meter โดยค่า L = ความสว่าง (brightness) ค่า a = ความเป็นสีแดง (redness) และค่า b = ความเป็นสีเหลือง (yellowness)

3.4.5.3 การตรวจสอบด้านจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา โดยตรวจสอบ ดังนี้

1) การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC. 1995) แสดงดังภาคผนวก ง

2) การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* (AOAC. 1995) แสดงดังภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

จากการนำวัตถุดิบ ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่60 และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันบดละเอียด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมี (%)	วัตถุดิบ[1)]		
	ข้าวกล้อง (พันธุ์ขาวดอกมะลิ105)	ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่60)	รำข้าวสกัดไขมันบดละเอียด
ความชื้น	12.89±0.12	12.68±0.25	6.69±0.10
โปรตีน	6.27±0.10	37.80±0.39	16.57±0.37
ไขมัน	3.23±0.12	22.75±0.18	2.91±0.04
เยื่อใย	1.18±0.06	6.86±0.08	14.68±0.19
เถ้า	1.32±0.11	3.69±0.15	11.10±0.23
เลซิทิน (mg./100 g.)	4.27±0.09	14.58±0.06	6.54±0.04
วิตามินบี1 (mg./100 g.)	0.16±0.02	1.18±0.06	0.37±0.06

หมายเหตุ : 1) ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการทดลอง พบว่าถั่วเหลืองมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด รองลงมา คือ รำข้าว และข้าวกล้อง มีปริมาณ 37.80 16.57 และ 6.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งโปรตีนที่มีอยู่ในถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 8 ชนิด แต่มีปริมาณเมทไทโอนีนต่ำ ในขณะที่ข้าวกล้องมีปริมาณเมทไทโอนีนสูงกว่าในถั่วเหลือง แต่มีปริมาณไลซีนต่ำ ดังนั้นการนำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด คือ ข้าวกล้อง และถั่วเหลือง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ ส่วนปริมาณไขมัน พบว่า ในถั่วเหลือง มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือ ข้าวกล้อง และรำข้าว มีปริมาณ 22.75 3.23 และ 2.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ เยื่อใย เลซิทิน และวิตามินบี1 พบว่า รำข้าวมีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา คือ ถั่วเหลือง และข้าวกล้อง มีอยู่ในปริมาณ 14.68 6.86 และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบอยู่นี้เป็นเยื่อใยชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ คือ เฮมิเซลลูโลส เป็นสารที่ให้แคลอรี่ต่ำ มีประโยชน์ต่อร่างกายช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ป้องกันโรคท้องผูก และโรคมะเร็งลำไส้ได้ (สุรัตน์ โดมินทร์. 2543) ดังนั้นการนำรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม น่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณเยื่อใยในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มได้ โดยรำข้าวที่ใช้จะต้องเป็นรำข้าวที่ใหม่สด และสะอาด ไม่เหม็นหืน (สมชาย ประภาวัติ. 2523) ส่วนเลซิทิน พบว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณเลซิทินสูงที่สุด รองลงมา คือ รำข้าว และข้าวกล้อง มีปริมาณ 14.58 6.54 และ 4.27 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ สำหรับวิตามินบี1 พบว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามินบี1 สูงที่สุด รองลงมา คือ รำข้าว และข้าวกล้อง โดยมีปริมาณ 1.18 0.37 และ 0.16 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวกล้องและน้ำนมถั่วเหลือง

จากการนำน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากข้อ 3.4.2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวกล้อง และน้ำนมถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	วัตถุดิบ[1]	
	น้ำนมข้าวกล้อง	น้ำนมถั่วเหลือง
โปรตีน	0.28±0.04	3.76±0.40
ไขมัน	0.14±0.02	2.30±0.05
เยื่อใย	0.05±0.01	0.12±0.03
เลซิทิน (mg/100g)	0.37±0.05	6.51±0.23
วิตามินบี1 (mg/100g)	0.06±0.01	0.14±0.02
Total soluble solid (°Brix)	4	9
pH	7.91	6.75

หมายเหตุ : 1) ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำนมข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 0.28 0.14 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเลซิทิน และวิตามินบี1 เท่ากับ 0.37 และ 0.06 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 4 °Brix และค่า pH เท่ากับ 7.91 สำหรับน้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 3.76 2.30 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเลซิทิน และวิตามินบี1 เท่ากับ 6.51 และ 0.14 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 9 °Brix และค่า pH เท่ากับ 6.75

4.3 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

4.3.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการแปรรูปของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการทดลองผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาปัจจัยของอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง (3 : 1. 5 : 1 และ 7 : 1) ปริมาณรำข้าว (1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0 = 3 และ 5) ทำการวัดค่า pH ค่าความหนืด และค่าสี แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยแผนการทดลองแบบ Factorial in Complete Randomized Design แสดงดังภาคผนวก ช

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลืองกับปริมาณรำข้าวต่อค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ($P>0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลืองกับระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อค่า pH ค่าความหนืด ค่าความสว่าง และค่าสีแดง ($P\leq0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณรำข้าวกับระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อค่า pH ค่าความหนืด ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ($P\leq0.05$) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง ปริมาณรำข้าว และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ พบว่าจะมีผลต่อค่า pH ค่าความหนืด ค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง ($P\leq0.05$)

เมื่อตรวจสอบการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอแก่เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 20 นาที (F_0 = 3) และ 30 นาที (F_0 = 5) กราฟการให้ความร้อน (Heating curve) เป็นเส้นตรงทั้งหมด โดยค่า F_0 ที่คำนวณได้จากวิธี Formula Method ใกล้เคียงกับ F_0 ที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการให้ความร้อนในการผลิตเครื่องดื่ม โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์	ปัจจัยในการส่งผ่านความร้อน[1]				F_0 คำนวณ[2]	F_0 กำหนด
สูตรที่	IT (°C)	f_h (นาที)	f_h/u	Fi (นาที)	(นาที)	(นาที)
1	57.2	14.0	1.0966	4.08	3.13	3
2	56.8	13.5	1.0488	4.08	3.15	3
3	50.3	18.0	0.8569	4.08	5.15	5
4	56.9	15.0	0.6694	4.08	5.49	5
5	63.2	14.0	1.1320	4.08	3.03	3
6	62.9	13.5	1.0378	4.08	3.19	3
7	56.9	17.5	0.8000	4.08	5.36	5
8	57.2	15.5	0.7120	4.08	5.34	5
9	66.0	15.0	1.2183	4.08	3.02	3
10	64.0	14.5	1.1822	4.08	3.01	3
11	57.5	15.5	0.7009	4.08	5.42	5
12	59.5	17.0	0.8143	4.08	5.12	5

หมายเหตุ : 1) ความหมายของสัญลักษณ์ แสดงดังภาคผนวก ก
2) แสดงตัวอย่างการคำนวณดังภาคผนวก ก

ในการผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันไอนั้น นอกจากจะต้องให้ความร้อนอย่างเหมาะสมและเพียงพอในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียหรือที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะเชื้อ *Cl. botulinum* เพราะเชื้อนี้สามารถต้านทานความร้อนได้สูง และสามารถเจริญได้ในระดับ pH > 4.6 ซึ่งเครื่องดื่มที่ผลิตได้นี้ก็จัดเป็นอาหารในกลุ่มที่มี pH > 4.6

Pflug (1987) ศึกษาพบว่า $F_{250\,F}$ ของ *Cl. botulinum* เท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งเป็นระดับความร้อนที่มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลงในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มี pH สูง เมื่อพิจารณา F_0 ทั้ง 2 ค่า คือ 3 และ 5 นาที ที่กำหนดในการทดลองนี้จะเห็นว่าเป็น F_0 ที่พอเพียงในการลดปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง (จากกระบวนการแปรรูปข้อ 3.4.3.1) ได้แก่ ค่า pH ความหนืด ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) แสดงดังตารางที่ 4.4 และค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	pH	ความหนืด (cps.)	TSS (°Brix)
$R_3Rb_1F_3$	6.38[a]	7.12[g]	10
$R_3Rb_2F_3$	6.24[b]	7.21[g]	10
$R_3Rb_1F_5$	6.19[c]	7.65[f]	10
$R_3Rb_2F_5$	6.18[c]	7.91[e]	10
$R_5Rb_1F_3$	6.23[b]	8.20[d]	10
$R_5Rb_2F_3$	6.13[d]	10.53[c]	10
$R_5Rb_1F_5$	6.13[d]	10.60[c]	10
$R_5Rb_2F_5$	6.16[c]	11.31[b]	10
$R_7Rb_1F_3$	6.19[c]	11.26[b]	10
$R_7Rb_2F_3$	6.17[c]	11.43[b]	10
$R_7Rb_1F_5$	6.18[c]	11.74[a]	10
$R_7Rb_2F_5$	6.08[e]	11.81[a]	10

หมายเหตุ : a.b.c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

R_3 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1

R_5 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 5 : 1

R_7 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 7 : 1

Rb_1 = ปริมาณรำข้าว 1 %

Rb_2 = ปริมาณรำข้าว 2 %

F_3 = ค่า F_0 เท่ากับ 3 นาที

F_5 = ค่า F_0 เท่ากับ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ค่า pH และค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.08-6.38 และค่าความหนืดอยู่ในช่วง 7.12-11.81 cps. ส่วนค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการปรับค่าดังกล่าวในทุก ๆ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้มีค่าเท่ากับ 10 °Brix

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	L	a	b	Tan^{-1} (b/a)	ΔE
$R_3Rb_1F_3$	65.97±0.13^{a}	0.51±0.04^{e}	11.21±0.10^{e}	87.40	0
$R_3Rb_2F_3$	63.78±0.07^{b}	1.19±0.10^{c}	11.54±0.05^{de}	84.11	2.32
$R_3Rb_1F_5$	63.98±0.03^{b}	1.47±0.03^{b}	13.25±0.06^{a}	83.67	2.92
$R_3Rb_2F_5$	63.00±0.11^{c}	1.81±0.03^{a}	12.67±0.54^{b}	81.87	3.56
$R_5Rb_1F_3$	61.25±0.10^{e}	0.63±0.04^{e}	10.44±0.03^{f}	86.55	4.78
$R_5Rb_2F_3$	59.73±0.07^{f}	1.30±0.04^{c}	10.83±0.09^{f}	83.16	6.30
$R_5Rb_1F_5$	58.45±0.18^{h}	1.42±0.03^{b}	12.67±0.09^{b}	83.61	7.71
$R_5Rb_2F_5$	61.99±0.14^{d}	1.80±0.07^{a}	11.97±0.06^{c}	81.45	4.25
$R_7Rb_1F_3$	58.36±0.11^{h}	0.59±0.01^{e}	10.18±0.05^{f}	86.68	7.68
$R_7Rb_2F_3$	59.07±0.13^{g}	1.11±0.04^{d}	10.31±0.04^{f}	83.86	6.99
$R_7Rb_1F_5$	59.07±0.13^{g}	1.43±0.03^{b}	11.87±0.11^{cd}	83.13	6.99
$R_7Rb_2F_5$	55.67±0.08^{i}	1.87±0.10^{a}	12.26±0.08^{c}	81.33	10.44

หมายเหตุ : a.b.c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

R_3 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1

R_5 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 5 : 1

R_7 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 7 : 1

Rb_1 = ปริมาณรำข้าว 1 %

Rb_2 = ปริมาณรำข้าว 2 %

F_3 = ค่า F_0 เท่ากับ 3 นาที

F_5 = ค่า F_0 เท่ากับ 5 นาที

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ค่าสีของเครื่องดื่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยให้ค่า L (ความสว่าง) ค่า a (ค่าสีแดง) และค่า b (ค่าสีเหลือง) อยู่ในช่วง 55.67-65.97 0.51-1.87 และ 10.18-13.25 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า tan^{-1}(b/a) ซึ่งเป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา ถ้าเท่ากับ 0° แสดงว่าเป็นสีแดง 90°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าเป็นสีเหลือง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2542) โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมีค่า $\tan^{-1}(b/a)$ อยู่ในช่วง 81.33-87.40 องศา ซึ่งแสดงว่าสีของเครื่องดื่มอยู่ในเฉดของสีเหลือง

4.3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการศึกษาการยอมรับเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยการชิมแล้วให้คะแนนทางด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทั้ง 12 ตัวอย่าง ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปข้อ 3.4.3.1 แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐาน			
	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
$R_3Rb_1F_3$	4.21±0.82^{a}	3.64±0.69^{ab}	4.04±0.60^{a}	3.93±0.68^{a}
$R_3Rb_2F_3$	3.54±0.84^{bc}	3.39±0.90^{abc}	3.54±0.84^{abc}	3.50±0.78^{abcd}
$R_3Rb_1F_5$	4.14±0.50^{a}	3.36±0.69^{abc}	3.68±0.50^{ab}	3.68±0.58^{abc}
$R_3Rb_2F_5$	3.11±0.71^{cd}	3.07±0.87^{abc}	2.96±0.93^{cde}	3.07±0.83^{cde}
$R_5Rb_1F_3$	4.04±0.57^{ab}	3.68±0.97^{a}	3.68±0.75^{bc}	3.71±0.78^{ab}
$R_5Rb_2F_3$	2.82±0.89^{def}	3.21±0.98^{abc}	3.25±0.75^{bcd}	3.14±0.77^{bcde}
$R_5Rb_1F_5$	2.93±0.76^{de}	2.89±0.74^{c}	2.89±0.59^{de}	3.04±0.66^{de}
$R_5Rb_2F_5$	2.32±0.61^{f}	2.82±0.77^{c}	2.61±0.79^{e}	2.68±0.70^{e}
$R_7Rb_1F_3$	3.78±0.58^{ab}	3.64±0.93^{ab}	3.61±0.81^{ab}	3.61±0.68^{abcd}
$R_7Rb_2F_3$	2.64±0.84^{def}	3.14±0.74^{abc}	3.14±0.86^{bcd}	3.00±0.98^{de}
$R_7Rb_1F_5$	2.61±0.56^{def}	2.96±0.93^{abc}	2.54±0.69^{e}	2.57±0.64^{e}
$R_7Rb_2F_5$	2.36±0.66^{ef}	2.93±0.80^{bc}	2.61±0.71^{c}	2.68±0.67^{e}

หมายเหตุ : a.b.c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

R_3 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1

R_5 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 5 : 1

R_7 = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 7 : 1

Rb_1 = ปริมาณรำข้าว 1 % Rb_2 = ปริมาณรำข้าว 2 %

F_3 = ค่า F_0 เท่ากับ 3 นาที F_5 = ค่า F_0 เท่ากับ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง ปริมาณรำข้าว และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม พบว่า เครื่องดื่มสูตรที่ผลิตจากอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที ($R_3Rb_1F_3$) ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 4.21

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม พบว่า เครื่องดื่มสูตรที่ผลิตจากอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 5 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที ($R_5Rb_1F_3$) ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 3.68 ส่วนเครื่องดื่มสูตรที่ผลิตจากอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที ($R_3Rb_1F_3$) ได้คะแนนความชอบรองลงมา และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 3.64 ซึ่งผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าในด้านกลิ่นรสนี้แยกความแตกต่างได้ค่อนข้างยาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม พบว่า เครื่องดื่มสูตรที่ผลิตจากอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที ($R_3Rb_1F_3$) ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 4.04

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม พบว่า เครื่องดื่มสูตรที่ผลิตจากอัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที ($R_3Rb_1F_3$) ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 3.93 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยแล้วสรุปได้ว่าให้ผลที่สอดคล้องกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องดื่มที่ผลิตจากสูตรนี้ ($R_3Rb_1F_3$) เพื่อใช้ศึกษาในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง ปริมาณรำข้าว และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อกับคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องดื่ม แสดงดังตารางที่ 4.7

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง พบว่าปัจจัยในกระบวนการผลิต คือ อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง ปริมาณรำข้าว และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ มีผลดังนี้คือ อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความหนืด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.906 และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า pH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.533 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า ΔE โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.360 สำหรับปริมาณรำข้าว พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับค่า pH ค่าความหนืด และค่า ΔE ส่วนระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า pH โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.486 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความหนืด และค่า ΔE สำหรับค่า pH พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าความหนืด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.692 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า ΔE สำหรับค่าความหนืด พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับค่า ΔE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

	อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง	ปริมาณรำข้าว	ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ	ค่า pH	ค่าความหนืด	ค่า ΔE
อัตราส่วนของน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง	1.000					
ปริมาณรำข้าว	.000	1.000				
ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ	.000	.000	1.000			
ค่า pH	-.533**	-.383ns	-.486*	1.000		
ค่าความหนืด	.906**	.164ns	.239ns	-.692**	1.000	
ค่า ΔE	.360ns	-.048ns	.098ns	-.308ns	.374ns	1.000

หมายเหตุ : * = มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

** = มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ns = ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง (สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1 เปอร์เซ็นต์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) 3 นาที, $R_3Rb_1F_3$) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เลซิทิน และวิตามินบี1 แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
โปรตีน	1.78±0.10
ไขมัน	1.45±0.04
เยื่อใย	0.07±0.03
เลซิทิน (mg./100 g.)	3.81±0.07
วิตามินบี1 (mg./100 g.)	0.16±0.09

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง (สูตร $R_3Rb_1F_3$) มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 1.78 1.45 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณเลซิทิน และวิตามินบี1 เท่ากับ 3.81 และ 0.16 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด (สูตร $R_3Rb_1F_3$) มาศึกษาในด้านต่างๆ ผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้การชิมแล้วให้คะแนนในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ทำการวิเคราะห์เครื่องดื่มที่มีอายุการเก็บรักษา 0 3 และ 6 เดือน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บ (เดือน)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	4.21±0.82[a]	3.64±0.69[a]	4.04±0.60[a]	3.93±0.68[a]
3	3.64±0.74[a]	3.54±0.63[a]	3.39±0.74[b]	3.50±0.62[a]
6	3.93±0.65[a]	3.89±0.74[a]	3.25±0.55[b]	3.67±0.46[a]

หมายเหตุ a.b.c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านสี และด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าว น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ สำหรับคุณลักษณะทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 0 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 3 และ 6 เดือน โดยคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์จะลดลง แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บ 3 และ 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการยอมรับโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดูจากคะแนนการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์

4.5.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยทำการวิเคราะห์เครื่องดื่มที่มีอายุการเก็บรักษา 0 3 และ 6 เดือน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
(เดือน)	pH	ความหนืด (cps.)	TSS (°Brix)
0	6.38	7.11±0.03	10
3	6.14	7.04±0.06	10
6	6.07	7.02±0.05	10

จากตารางที่ 4.10 พบว่า เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน ค่า pH จะลดลง เมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.07-6.38 ส่วนค่าความหนืดจะ อยู่ในช่วง 7.00-7.11 cps.

ตารางที่ 4.11 คะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์ค่าสีของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่มีอายุการเก็บ 0 3 และ 6 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			ΔE	Tan^{-1}(b/a)
(เดือน)	L	a	b		
0	65.97±0.09^{a}	0.51±0.03^{b}	11.21±0.07^{c}	0	87.40
3	65.76±0.09^{a}	1.74±0.06^{a}	14.25±0.09^{b}	3.30	82.88
6	65.71±0.09^{a}	1.89±0.05^{a}	15.17±0.07^{a}	4.19	82.89

หมายเหตุ a.b.c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าความสว่าง (ค่า L) ของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 3 และ 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 65.71-65.97 แต่ค่าสีแดง (ค่า a) และค่าสีเหลือง (ค่า b) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.51-1.89 และ 11.21-15.17 ตามลำดับ โดยจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเครื่องดื่มมีระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น และเมื่อพิจารณาจากค่า ΔE พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นค่า ΔE มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากเครื่องดื่มมีสีคล้ำขึ้น ส่วนค่า Tan^{-1}(b/a) อยู่ในช่วง 82.88-87.40 แสดงว่าสีของเครื่องดื่มอยู่ในเฉดสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

จากการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง โดยทำการวิเคราะห์เครื่องดื่มที่มีอายุการเก็บรักษา 0 3 และ 6 เดือน พบว่าเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส F_0 3 นาที ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นการยืนยันว่าระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส F_0 3 นาที เพียงพอในการทำลาย *Clostridium botulinum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง พบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณรำข้าว 1.0 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อในรีทอร์ต 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที (F_0 = 3 นาที)

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้ มีค่า pH ความหนืด และปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 6.38 7.12 cps. และ 10 °Brix ตามลำดับ และวัดค่าสีได้ ค่า L (ความสว่าง) ค่า a (ค่าสีแดง) และค่า b (ค่าสีเหลือง) เท่ากับ 65.97 0.51 และ 11.21 ตามลำดับ โดยมีค่า $\tan^{-1}(b/a)$ เท่ากับ 87.40 ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตได้นี้มีสีอยู่ในเฉดสีเหลือง

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้ พบว่า มีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 1.78 1.45 และ 0.07 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเลซิทิน และวิตามินบี1 เท่ากับ 3.81 และ 0.16 มิลลิกรัม / 100 กรัม ตามลำดับ

4. การตรวจสอบด้านจุลชีววิทยาของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บ 6 เดือน พบว่า ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสิ่งที่ต้องควบคุมและระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการให้ความร้อนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ลักษณะของเครื่องดื่มไม่ดี

2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ อาจมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้มากขึ้นโดยการเสริมวิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ เช่น วิตามินเอ และแคลเซียม เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มจุดขายของผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่จะนำไปพัฒนาในทางอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2542. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

กรวิภา ฉิมโฉม และสุพร กาญจนกิจสกุล. 2538. "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญชาติ." ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรรยา เจตน์เจริญ ณัฐกา โยคะกุล และปิยะมาศ. 2539. "การผลิตเครื่องดื่มเสริมสุขภาพจากมอลท์ข้าวเจ้า." ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

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

ประทุม พุทธิวนิช และพิมพาภรณ์ ไตรณรงค์สกุล. 2540. "ใยอาหารสารที่ไม่มีคุณค่าแต่น่าสนใจ." **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** 45 (145) : 26 – 33.

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539. "เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต." ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

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

สมชาย ประภาวัติ. 2523. "นมเทียมจากพืช." **วารสารอาหาร.** 12 (4) : 296 – 313.

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์. 2540. "การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าว." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สันทนา อมรไชย. 2527. "ใยอาหาร." **วารสารวิทยาศาสตร์บริการ.** 42 (135) : 27 – 33.

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

สุรัตน์ โคมินทร์. 2543. "กินอยู่อย่างไรกับโรคเบาหวาน." **มหัศจรรย์สารอาหารยุค 2000.** 1-10

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2532. **หลักโภชนาการปัจจุบัน.** พิมพ์ครั้งที่ 4. ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพฯ

Alencar, M. and Alvarenga, M. G. 1991. "Rice Bran : Chemical Composition and its Potential as Food." **Arguivos de Biologia Tecgnologia.** 34 (1) : 95 – 108.

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

Cagampang, G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. 1973. "A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rice." **J. Food Agr.** 24 : 1589 – 1594.

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.

Deng, B., Lin, X. and Xie, J. 1986. **Yaoxue Tongbao.** [CD-ROM]. England. International Food Information Service (IFIS).

Fennema, O. R. 1996. **Food Chemistry.** 3rd ed. New York : Mercel Dekker Inc.

Garcia, M. C., Torre, M., Marina, M. L. and Laborda F. 1997. "Composition and Characterization of Soybean and Related Product." **Crit Rev Food Sci Nutr.** 37 (4) : 361 –391.

Guerra, M. J., Gonzalez, D., Jaffe, W. G. and Caldoeron, M. 1981. "Formulations of a High – Nutrition Value Beverage Based on Rice." **Arch Latinoam Nutrition.** 31 (2) : 338 – 349.

Hoseney, R. C. 1994. **Principle of Cereal Science and Technology.** 2nd ed. Minnesota : American Association of Cereal Chemical Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee, G. M., Chun C. S., Shin, M. H., Hong, T. H. and Kwon, T. W. 1996. **Optimum Conditions of Retort Processing for Shikhae, Non- Alcoholic Rice Beverage.** [CD-ROM]. Abst. FSTA. 12-H0136.

Lin. T.C., Shao, Y. Y. and Chaiang, W. 1988. **Investigation of the Processing and the Quality of Rice Milk.** [CD-ROM]. Abst. FSTA. 26 : 89-01-M0060.

Mitchell. C. R., Mitchell. P. R. and Nissenbaum, R. **Nutritional Rice Milk Product.** U.S. patent no. 4894242. January 1990.

Nam. S. H., Seo, J. H., Kim, M. L. and Kim, M. J. **Rice Based Beverage Product and Process for Making the Same.** U.S patent no. 6265001, July 2001.

Osman, E. M. 1967. Starch in Food Industry. In Whistler, R. L. and Paschall, E. F. **Starch : Chemistry and Technology.** Vol. 2 London : Academic Press.

Pflug, I. J. 1987. "Factors Important in Determining the Heat Process Value, F_T for Low- Acid canned Foods." **J. Food Protec.** 50 : 528 – 533.

Prabhavat, S. 1989. **Production of Rice Milk.** In Document for Training Course on Processing of Rice and Products. Bangkok : FAO

Santos, R. V., Udarbe, M. A., Mercado, C. C. and Gonzales, J. m. 1993. **Effects of Extrusion on the Protein Quality of a Milk Supplemented Rice-Mungbean Weaning Food.** [CD-ROM]. Abst. FSTA. 12-G0008.

Shepherd, A. D., Betschart, A. A., Saunders, R. M., Rokey, G. and Huber, G. 1981. "Brokens Spark Interest in Rice Soya Infant Milk." **Rice J.** 84(5) : 16-21.

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

Sterling, C. 1978. "Textural Quality and Molecular Structure of Starch Products." **J. Texture Studies.** 9 (3) : 225 – 235.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stumbo, C. R. 1973. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2nd ed. New York : Academic Press.

Takubo, Y. **Method for Production Half-Hulled Rice Milk.** U.S patent no. 560985, March 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Stumbo. 1973)

1. ความหมายของสัญลักษณ์

1. ค่า D (Death rate constant หรือ Decimal reduction time) ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูกกำหนดให้แสดงในรูปของ D value ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ลง 90 เปอร์เซ็นต์ ของที่มีอยู่ ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน

2. ค่า Z (Z value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือจำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า

3. ค่า F_0 (Sterilizing value) หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์สำหรับใช้เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ง เมื่อ Z=18 ค่า Z เป็น 18 ปกติจะเป็นของ *Clostridium botulinum*

4. ค่า f_h หมายถึง เวลาที่ใช้ในการทำให้กราฟผ่าน 1 วงจร log cycle

5. ค่า Come-up time (CUT) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เปิดไอน้ำจนอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

6. ค่า Corrected zero หมายถึง เวลาเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้วซึ่งเท่ากับ ผลคูณของ Come-up time กับ 0.58

7. ค่า IT (Theorefical initial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นที่จุด Cold point ของกระป๋องที่เป็นค่าจริง

8. ค่า jI (Pseudo-initial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นโดยสมมุติของการฆ่าเชื้อ ซึ่งหาได้โดยลากเส้นตรงจากจุด Corrected zero บนแกน X ตั้งฉากขึ้นไปตัดกับกราฟ จากจุดตัดลากเส้นขนานกับแกน X ไปตัดแกน Y จะได้อุณหภูมิที่จุดตัด นำไปลบอุณหภูมิที่อ่านได้จากอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อจะได้ค่า jI

9. ค่า log g และ f_h/u สามารถอ่านค่าได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ log g กับ f_h/u ที่ค่า m+g ต่าง ๆ (ภาพที่ ก3)

10. ค่า m+g หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิน้ำเย็นในการทำให้กระป๋องเย็น

11. ค่า F_I หมายถึง จำนวนนาทีที่ต้องการใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อเมื่อ F มีค่าเท่ากับ 1 ที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์

$$F_I = \log^{-1} (250\text{-}RT) / Z$$

12. ค่า B หมายถึง เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า F_0 (Sterilizing value) ในการให้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

1. เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที (ภาพที่ ก1) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = $20 + (12 \times 0.42) = 25.04$

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 14

Corrected zero = 6.96 นาที

CUT = 12 นาที

IT = 198 องศาฟาเรนไฮต์

jI = $RT - IT = 239 - 198 = 41$ องศาฟาเรนไฮต์

log g = $\log jI - (B_B/f_h) = 1.6128 - (25.04/14)$

= -0.176

$m + g$ = $RT - T_{cw} = 239 - 86 = 153$ องศาฟาเรนไฮต์

F_i = 4.085

f_h/u = 1.0966

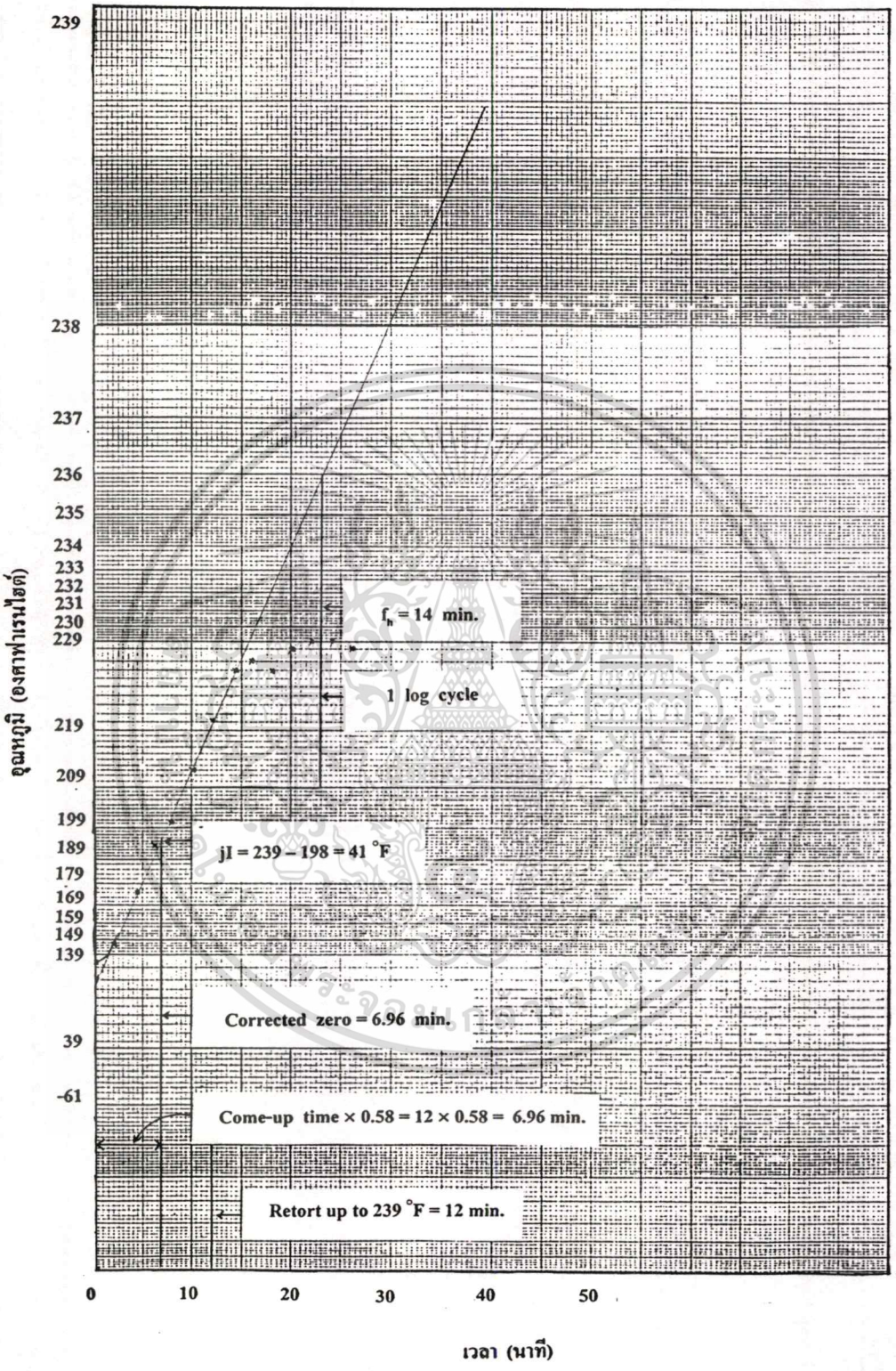
จากสูตร

$F_0 = f_h/(f_h/u)F$

$= 14/(1.0966 \times 4.085)$

= 3.13 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก1 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที (ภาพที่ ก2) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = $30 + (18 \times 0.42) = 37.56$

RT = 239 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 18

Corrected zero = 10.44 นาที

CUT = 18 นาที

IT = 196 องศาฟาเรนไฮต์

jI = $RT - IT = 239 - 196 = 43$ องศาฟาเรนไฮต์

log g = $\log jI - (B_B/f_h) = \log 43 - (37.56/18)$

= -0.453

m + g = $RT - T_{cw} = 239 - 86 = 153$ องศาฟาเรนไฮต์

F_I = 4.085

f_h/u = 0.8569

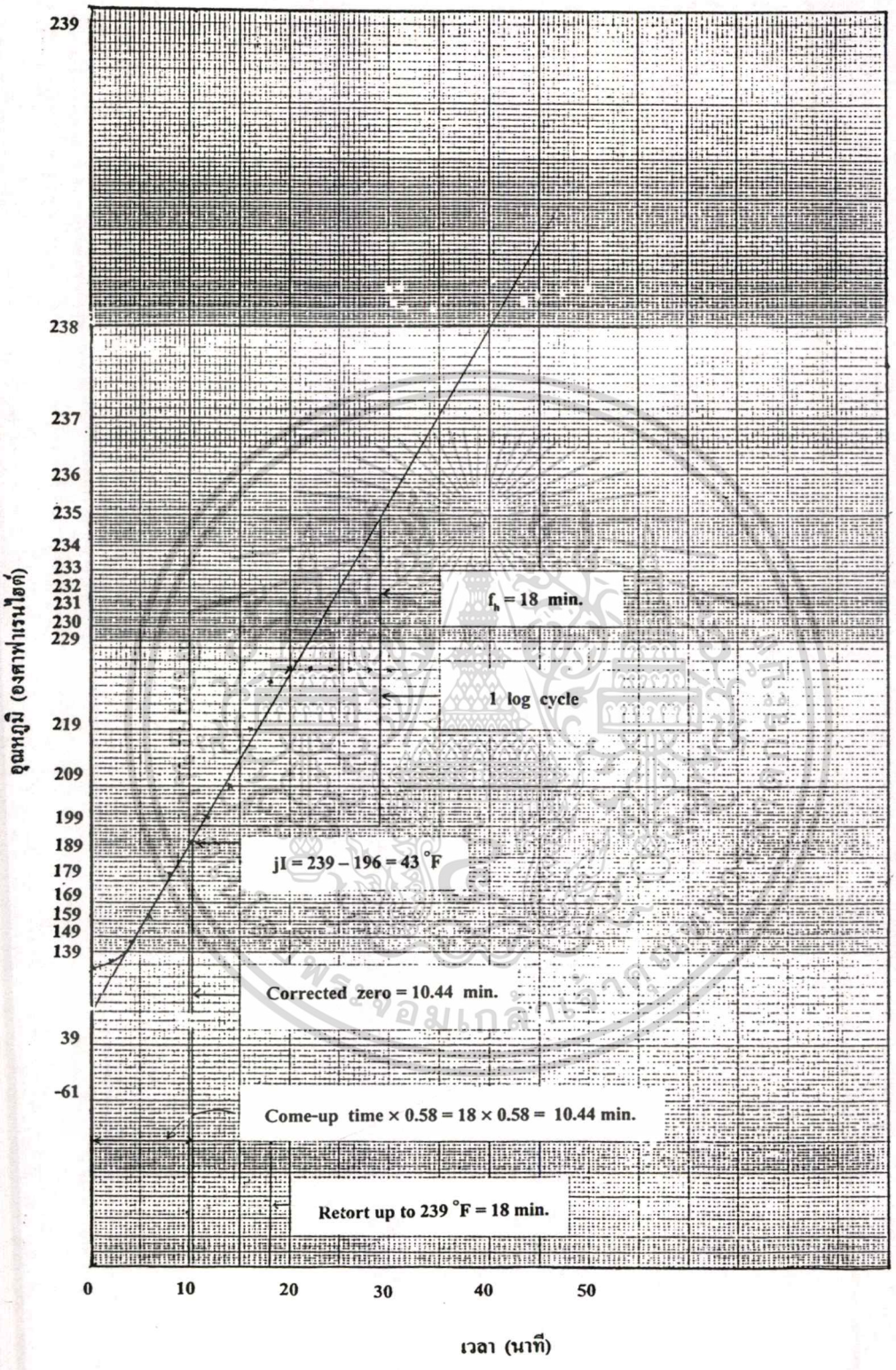
จากสูตร

$F_0 = f_h/(f_h/u)F$

$= 18/(0.8569 \times 4.085)$

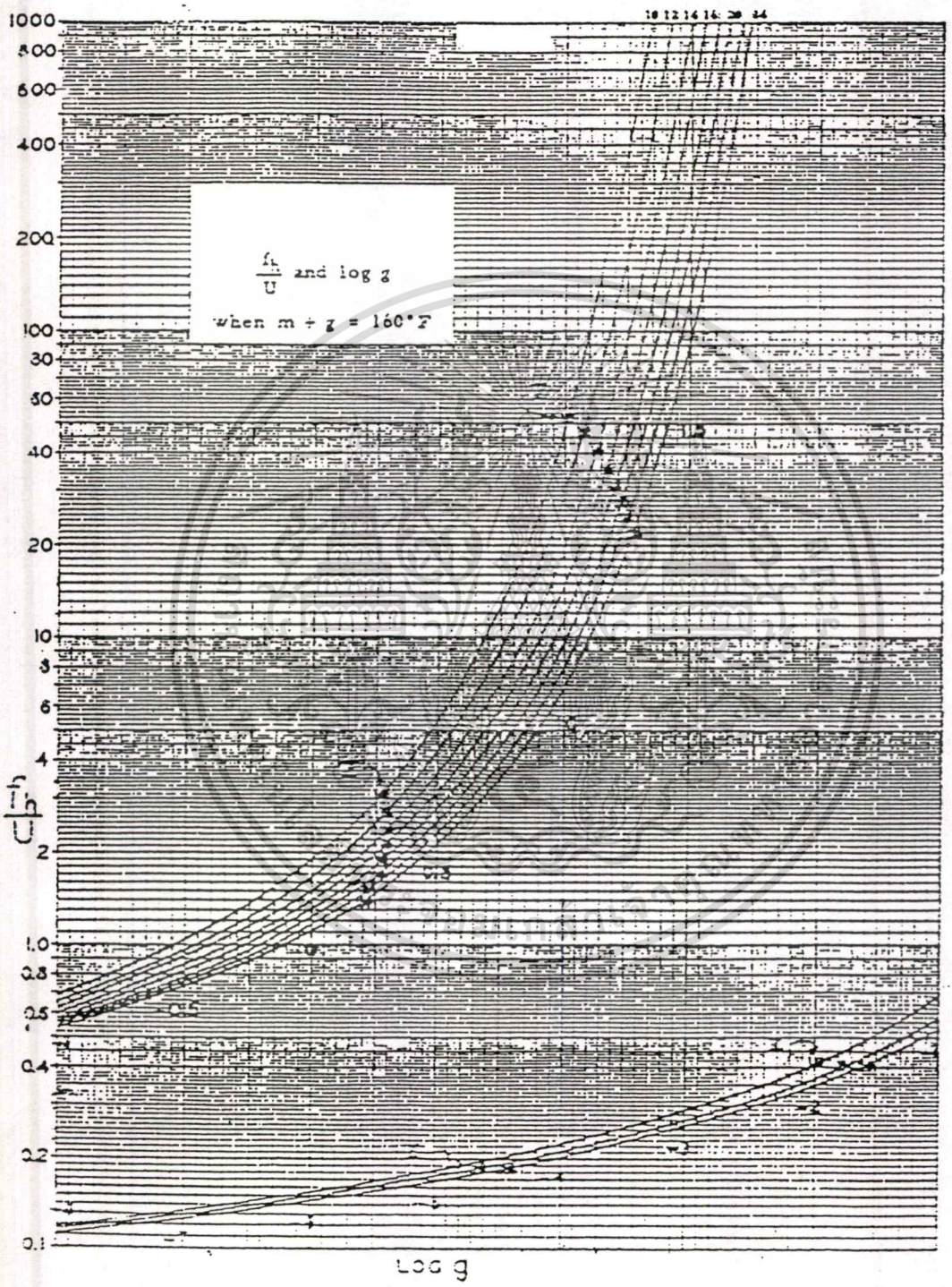
= 5.14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก2 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง f_h/u กับ log g ที่ m + g เท่ากับ 160 °F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC. 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด ใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์โปรตีนแบบ Buchi-Kjeldahl-System (AOAC. 1995)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
3. กรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
5. คะตะลิสต์ (Catalyst) เตรียมโดยผสมซิลิเนียมไดออกไซด์ (SeO_2) 2.5 กรัม โปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 5H_2O$) 20 กรัม เข้าด้วยกัน
6. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator)

ก. เตรียม Bromocresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และเตรียม Methyl red ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

ข. ผสม Bromocresol green 10 มิลลิลิตร กับ Methyl red 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน digestion vessel

2. เติมคะตะลิสต์ 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 15 มิลลิลิตร และ glass beads

3. นำ digestion vessel ตั้งในชุดย่อยโปรตีน ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส

4. นำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้วใส่ในเครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 เปอร์เซ็นต์ 50 มิลลิลิตร ทำการกลั่นโดยตั้งเวลาไว้ 4-5 นาที เก็บก๊าซแอมโมเนียที่ได้ในสารละลายกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่มีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ 2-3 หยด ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

5. นำส่วนที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล จนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีใส ไม่มีสี

6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{N.HCL} \times \text{ml.HCL} \times 14 \times 6.25 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC. 1995)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3-4 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือได้น้ำหนักคงที่

2. ชั่งตัวอย่างอาหารจากข้อ 1 ประมาณ 3-4 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในทิมเบิล (thimble) อุดปากทิมเบิลด้วยสำลีที่สกัดไขมันออกแล้ว

3. นำทิมเบิลเข้าเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ในปริมาณเพียงพอที่จะให้เกิดการสกัดอย่างสมบูรณ์ลงในฟลาสก์ที่อบแห้งและชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำฟลาสก์และชุดสกัดต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ ทำการสกัดโดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

4. แยกฟลาสก์และคอนเดนเซอร์ออกจากชุดสกัด ใช้คีมคีบสำลีและทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างอาหารออกมา เทของแข็งออกจากทิมเบิล นำมาบดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์อีกครั้งหนึ่ง เพื่อสกัดไขมันในของแข็งออกมาให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เทของแข็งที่สกัดแล้วกลับเข้าทิมเบิลอีกครั้งหนึ่ง เริ่มทำการสกัดเช่นเดิมโดยเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงไปอีก ใช้สำลีที่สกัดไขมันออกแล้วอุดทิมเบิลไว้ สกัดต่ออีกครั้งโดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

6. นำฟลาสก์ไประเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

7. คำนวณหาร้อยละของไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้}}{100 - \text{ปริมาณความชื้น}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (AOAC. 1995)

สารเคมี

1. กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์
3. แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน)
2. นำตัวอย่างมาสกัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (ถ้าไขมันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต้องสกัด)
3. ใส่ตัวอย่างที่ปราศจากไขมันลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
4. เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที
5. กรองผ่านกระดาษกรอง (Filter paper) ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
6. ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนหมดกรด ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส
7. ล้างกระดาษกรองอีกครั้งด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 200 มิลลิลิตร และนำไปต้มให้เดือดอีก 30 นาที ล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์อีกครั้ง
8. ล้างด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
9. นำกระดาษกรองที่มีเยื่อใยนี้อบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาในครูซิเบิล (Crusible) จนหมดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำมาเผาในเตาเผา (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนเป็นเถ้าสีขาว

11. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเยื่อใยจากสูตร

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC. 1995)

ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม ใส่ในครูซิเบิล ที่เผาในเตาเผา ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์และชั่งน้ำหนักแล้ว เผาบนเตา (hot plate) จนเป็นสีเทา ไม่มีควัน นำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนเถ้าเป็นสีขาวหรือมีน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าที่ได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง (ดัดแปลงจาก Deng *et al.* 1986)

สารเคมี

1. ไทอามีนไฮโดรคลอไรด์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. โบรโมไทมอลบลู

วิธีวิเคราะห์

1. การทำกราฟมาตรฐานของสารละลายไทอามีนไฮโดรคลอไรด์

1.1 ไทอามีนไฮโดรคลอไรด์ 0.001 – 0.026 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น

1.2 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร และโบรโมไทมอลบลู 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

1.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 429 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างจำนวนกรัมของไทอามีนไฮโดรคลอไรด์กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 429 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

2.1 ชั่งหรือตวงปริมาตรตัวอย่าง 100 กรัม (มิลลิลิตร) ละลายด้วยน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

2.2 กรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

2.3 นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำสารละลายใสที่ได้มากรองผ่านเครื่องกรองเมมเบรนอีกครั้งหนึ่ง

2.4 นำสารละลายที่ได้ไปตรวจหาปริมาณวิตามินบีหนึ่ง ตามวิธีการในข้อหนึ่ง

7. การวิเคราะห์ปริมาณเลซิทิน (AOAC. 1995)

สารเคมี

1. แอมโมเนียมโมลิบเดต
2. แอมโมเนียมเมตาวานาเดต
3. คลอโรฟอร์ม
4. แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 99.8 เปอร์เซ็นต์ (Absolute alcohol)
5. กรดไนตริก
6. โพแทสเซียมฟอสเฟต
7. กรดไฮโดรคลอริก

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 การเตรียมสารละลายโมลิบโดวานาเดต

1.1.1 ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 60 กรัม ในน้ำร้อน 900 มิลลิลิตร ทำให้เย็นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1000 มิลลิลิตร

1.1.2 ละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต 1.5 กรัม ในน้ำร้อน 690 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริก 150 มิลลิลิตร ทำให้เย็นและปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1000 มิลลิลิตร

1.1.3 ผสมสารละลายในข้อ 1.1.1 และ 1.1.2 เข้าด้วยกัน ใส่ขวดโพลีเอทธิลีน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

1.2.1 Stock solution : ละลายโพแทสเซียมฟอสเฟต 0.2397 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรสารละลายเป็น 250 มิลลิลิตร

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

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

2.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 10 มิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นตามลำดับลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายโมลิบโดวานาเดตลงในขวดรูปชมพู่แต่ละขวด เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร (อ่านค่าภายใน 1 ชั่วโมง)

2.3 นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานของเลซิทิน

3. การเตรียมสารละลายตัวอย่างและการวิเคราะห์หาปริมาณเลซิทินในสารละลายตัวอย่าง

3.1 ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ลงในฟลาสก์ขนาด 200 มิลลิลิตร

3.2 ใส่สารละลายผสมของคลอโรฟอร์มและ Absolute alcohol (1 : 1) 150 มิลลิลิตร

3.3 เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (shaker) ตลอดทั้งวัน

3.4 ปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร โดยใช้คลอโรฟอร์มและ Absolute alcohol (1 : 1)

3.5 เก็บข้ามคืนในหลอด Centrifuge

3.6 นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยความเร็ว 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 และใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.10 ทำให้เย็นและปรับปริมาตรเป็น 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 ค

การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

อุปกรณ์

1. ปิเปต
2. เข็มวัดเบอร์ SC4-18
3. Chamber SC4-13R
4. ชุด Small Sample Adapter
5. Cooling bath

วิธีวิเคราะห์

1. เช็คระดับลูกน้ำ ปรับระดับลูกน้ำให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกรอบและเปิด Power Switch ด้านหลังตัวฐานของเครื่อง

2. กดปุ่ม Motor on/off เครื่องจะทำการปรับศูนย์อัตโนมัติ เมื่อหน้าจอขึ้น Auto zero is complete กดปุ่ม Next

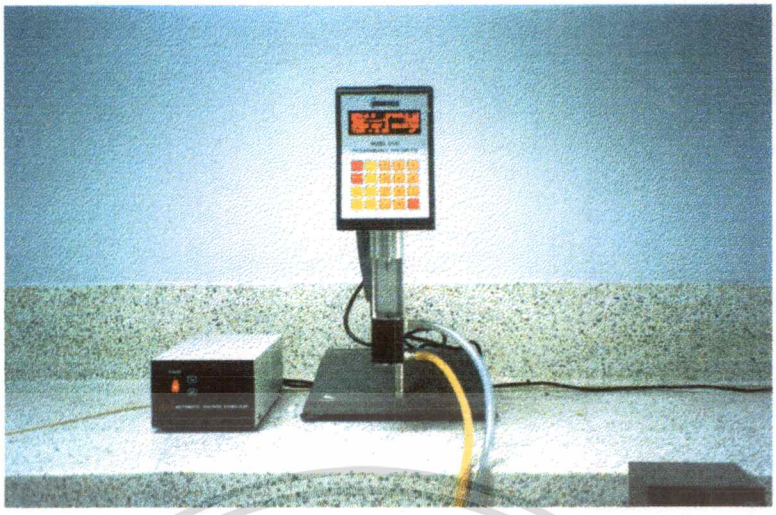
3. ผสมตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองให้เข้ากัน ปิเปตตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองมา 8 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด Small Sample Adapter ควบคุมอุณหภูมิตลอดการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียส ด้วย cooling bath

4. ใส่เข็มเบอร์ SC4-18 และจุ่มเข็มลงในตัวอย่างจนท่วมรอยที่กึ่งกลางเข็ม

5. กด Select SPDL เพื่อเลือกรหัสของเข็ม (ในที่นี้คือ 18) และกด Select SPDL อีกครั้งเพื่อตอบตกลง

6. ใส่ตัวเลขที่ความเร็วรอบ 250 rpm หลังจากนั้น Motor จะเริ่มทำงานโดยสังเกตหัวเข็มเริ่มหมุน อ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นเซนติพอยส์ (centipoise, cPs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค1 เครื่องมือวัดความหนืด (Brookfield Rheometer รุ่น LVDV-III)

ภาพที่ ค2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความหนืด คือ Chamber SC4-13R และเข็มวัดเบอร์ SC4-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การตรวจสอบทางจุลชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการตรวจสอบทางด้านจุลชีววิทยา

1. วิธีการตรวจวิเคราะห์

1.1 การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ใช้วิธีของ (AOAC. 1995)

เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10, 1 : 100 และ 1 : 1000 โดยปิเปตอาหาร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10 เขย่าตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปเตรียมตัวอย่างเจือจาง 1 : 100 และ 1 : 1000

1.1.1 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.1.2 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 มิลลิลิตร ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อและตัวอย่างให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.1.3 นับจำนวนโคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อมิลลิลิตร

1.2 การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ (AOAC. 1995)

1.2.1 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10 โดยปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

1.2.2 ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีทมีเดียม (Cook meat medium) ทำทั้งหมด 3 หลอด

1.2.3 เติมวุ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.4 นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96-120 ชั่วโมง ถ้ามีเชื้อ *Clostridium botulinum* จะมีก๊าซเกิดขึ้นและดันวุ้น

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 เพลตเคานต์อาการ์ (Plate count agar)

2.1.1 ทริปโตน	5	กรัม
2.1.2 กลูโคส	1	กรัม
2.1.3 ยีสต์ เอกซแตรกต์	2.5	กรัม
2.1.4 อาการ์	15	กรัม
2.1.5 น้ำกลั่น	1000	กรัม

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่น้ำกลั่น คนให้ละลาย แบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละประมาณ 10 มิลลิลิตร ปิดจุกด้วยสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุกมีทมีเดียม (Cook meat medium)

2.2.1 อาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม

2.2.2 น้ำกลั่น

ชั่งตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปคุกมีทมีเดียม 1.25 กรัม ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นหลอดละ 10 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 10 นาที ปิดจุกด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างเครื่องดื่มจากซ้ายไปขวาโดยพิจารณาคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้แล้ว**ให้คะแนนตามความชอบแบบ Hedonic Scale ตั้งแต่ 1-5** โดย

1 = ไม่ชอบมาก
2 = ไม่ชอบ
3 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
4 = ชอบ
5 = ชอบมาก

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**				
	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะเนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

(การชิมตัวอย่างผู้ชิมต้องล้างตัวอย่างเดิมออกจากปากด้วยน้ำสะอาดที่เตรียมให้ก่อนการชิมตัวอย่างใหม่เสมอ)

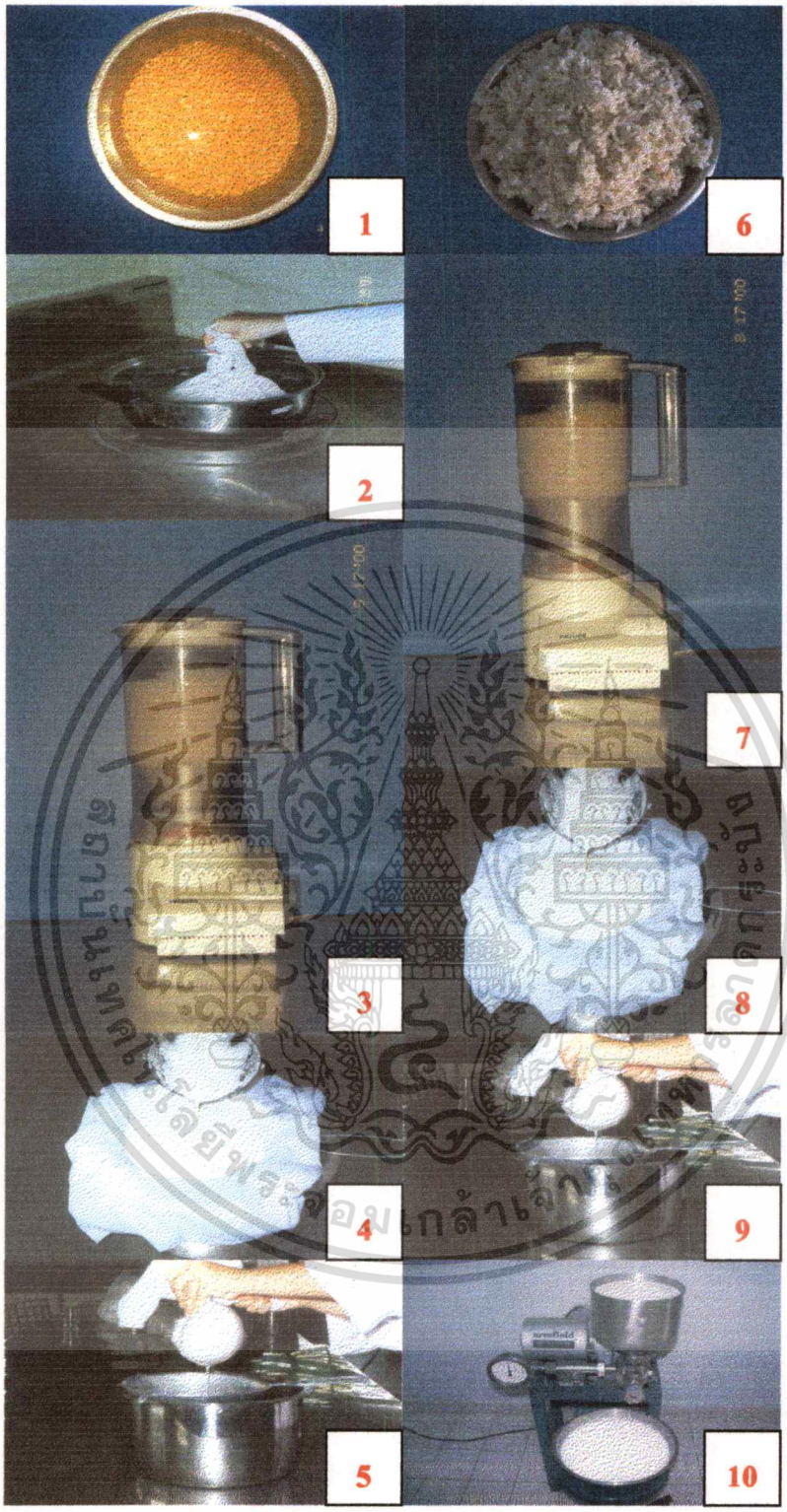
ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

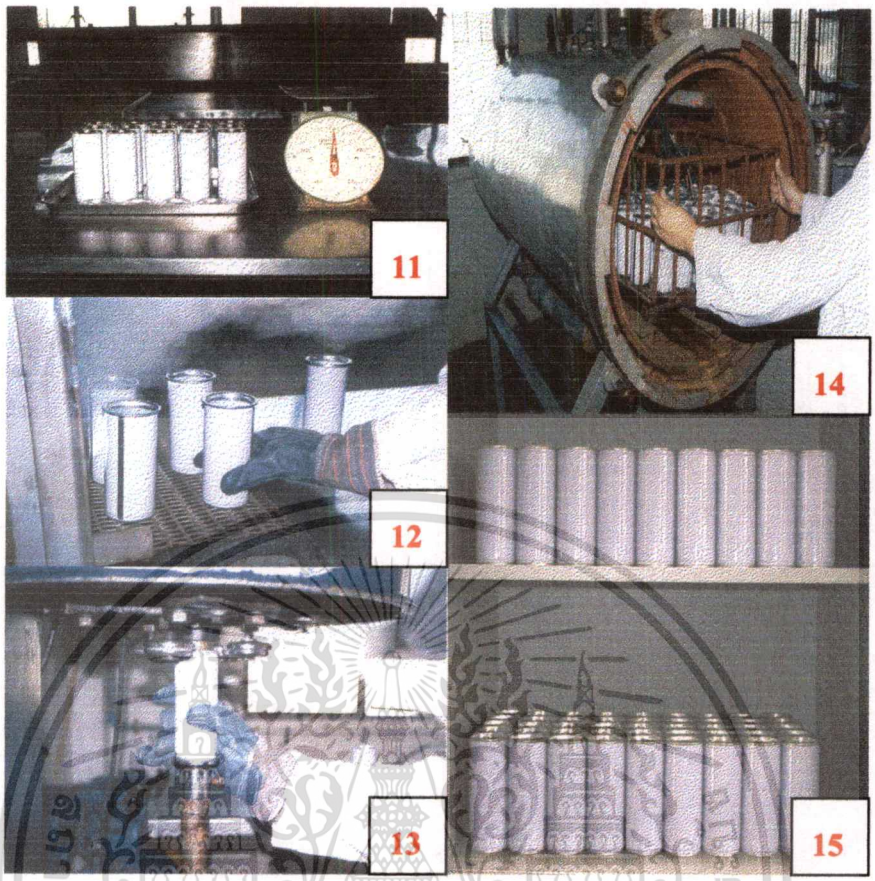
กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ2 กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

ภาพที่ ฉ3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

กระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิต แสดงดังภาพที่ ฉ1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง (ภาพที่ 1-5)

ภาพที่ 1 การแช่ถั่วเหลือง โดยนำถั่วเหลืองโม่ผ่าซีกและแยกเอาเปลือกออก ล้างน้ำทำความสะอาดและนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลือง : สารละลาย เท่ากับ 1 : 3 ของน้ำหนักถั่วแห้ง

ภาพที่ 2 รินสารละลายทิ้ง ล้างน้ำและทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วจึงนำถั่วเหลืองห่อด้วยผ้าขาวบางแช่ในน้ำเดือด 1 นาที ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำธรรมดา

ภาพที่ 3 นำถั่วเหลืองมาตีปั่นกับน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที โดยอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลือง : น้ำ เท่ากับ 1 : 5

ภาพที่ 4-5 กรองและล้างกากถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น

2. ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมข้าวกล้อง (ภาพที่ 6-9)

ภาพที่ 6-7 นำข้าวกล้องหุงสุกมาตีปั่นกับน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที โดยอัตราส่วนระหว่างข้าวกล้อง : น้ำ เท่ากับ 1 : 7

ภาพที่ 8-9 กรองและล้างกากข้าวกล้องด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น

3. ขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์ (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 นำน้ำนมข้าวกล้องและน้ำนมถั่วเหลือง มาผสมกันตามอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วจึงนำไปโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 2500 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขั้นตอนการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง (ภาพที่ 11-15)

ภาพที่ 11 อุปกรณ์ในการบรรจุเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุในกระป๋อง ขนาด 200×504

ภาพที่ 12 การนำเครื่องดื่มที่บรรจุแล้วผ่านเครื่องไล่อากาศ

ภาพที่ 13 การปิดผนึกกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศแล้ว โดยใช้เครื่องผนึกฝากระป๋อง

ภาพที่ 14 การบรรจุกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วเข้ารีทอร์ตเพื่อทำการฆ่าเชื้อ

ภาพที่ 15 เครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Trt	11	0.125	0.01140	70.124	0.000*
A	2	0.04411	0.02205	135.718	0.000*
B	1	0.01870	0.01870	115.103	0.000*
C	1	0.03010	0.03010	185.256	0.000*
AB	2	0.001858	0.0009292	5.718	0.018*
AC	2	0.008958	0.004479	27.564	0.000*
BC	1	0.005104	0.005104	31.410	0.000*
ABC	2	0.01651	0.008254	50.795	0.000*
Error	12	0.001950	0.0001625		
Total	23	0.127			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง

B = ปริมาณรำข้าว

C = ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดจากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Trt	11	81.342	7.395	552.016	0.000*
A	2	69.112	34.556	2579.603	0.000*
B	1	2.202	2.202	164.395	0.000*
C	1	4.638	4.638	346.198	0.000*
AB	2	2.510	1.255	93.681	0.000*
AC	2	1.549	0.775	57.822	0.000*
BC	1	0.398	0.398	29.699	0.000*
ABC	2	0.933	0.467	34.836	0.000*
Error	12	0.161	0.0134		
Total	23	81.503			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง

B = ปริมาณรำข้าว

C = ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (ค่า L) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้อง น้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Trt	11	194.122	17.647	1359.236	0.000*
A	2	153.859	76.929	5925.239	0.000*
B	1	2.458	2.458	189.289	0.000*
C	1	6.000	6.000	462.131	0.000*
AB	2	8.225	4.113	316.756	0.018*
AC	2	1.600	0.800	61.629	0.000*
BC	1	0.778	0.778	59.892	0.000*
ABC	2	21.202	10.601	816.520	0.000*
Error	12	0.156	0.01298		
Total	23	194.277			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง

B = ปริมาณรำข้าว

C = ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดง (ค่า a) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Trt	11	5.004	0.455	155.088	0.000*
A	2	0.008633	0.004317	1.472	0.268
B	1	1.530	1.530	521.642	0.000*
C	1	3.330	3.330	1135.278	0.000*
AB	2	0.002100	0.001050	0.358	0.706
AC	2	0.03010	0.01505	5.131	0.025*
BC	1	0.08402	0.08402	3.244	0.000*
ABC	2	0.01903	0.009517		0.075
Error	12	0.03520	0.002933		
Total	23	5.039			

<u>หมายเหตุ</u> * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง

B = ปริมาณรำข้าว

C = ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (ค่า b) จากเครื่องดื่มจากน้ำนมข้าวกล้องน้ำนมถั่วเหลือง และรำข้าวบรรจุกระป๋อง

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Trt	11	22.842	2.077	71.380	0.000*
A	2	4.281	2.140	73.573	0.000*
B	1	0.0002667	0.0002667	0.009	0.925
C	1	17.272	17.272	593.712	0.000*
AB	2	0.214	0.107	3.682	0.057
AC	2	0.005563	0.02782	0.956	0.412
BC	1	0.499	0.499	17.146	0.001*
ABC	2	0.521	0.260	8.948	0.004*
Error	12	0.349	0.02909		
Total	23	23.191			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A = อัตราส่วนระหว่างน้ำนมข้าวกล้อง : น้ำนมถั่วเหลือง

B = ปริมาณรำข้าว

C = ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส (F_0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอรวรรณ ปานศิริ เกิดวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จาก สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จ. พิษณุโลก ปีการศึกษา 2541 และศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2542 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้