



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

น้ำนมข้าว
(Rice Milk)

โดย


นางสาวสุชาสินี แซ่ลิ้ม

รหัสประจำตัวนักศึกษา 39044455

นางสาวสุลักขณา ชันมณี

รหัสประจำตัวนักศึกษา 39044458


ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก


.....
()

17/59/43

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร


.....
()

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

๑ 11.11. 25๖๖

๒/พ

๙ ๗๘๔๘

2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำนมข้าว
(Rice Milk)



นางสาวสุธาณี แซ่ลิ้ม รหัสประจำตัว 39044455
นางสาวสุตักขณา ชันมณี รหัสประจำตัว 39044458

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปก. เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวិทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)
8784%
9543

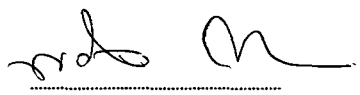
เลขทะเบียน... 96856
วันเดือนปี... 5 JUN 2009

ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวสุรสาธินี แซ่ลิ้ม และนางสาวสุลักขณา ชันมณี .2543 : น้านมข้าว (Rice milk) ภาค
 วิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา : คร. พอใจ งามาก

ในปัจจุบันมีผู้นิยมรับประทานข้าวกล้องกันมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง
 ส่วนประกอบของข้าวกล้องที่น่าจะมีการนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มมูลค่าและต้นทุนการผลิต คือ
 ปลายข้าวกล้อง จึงได้มีการพัฒนานำปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 มาทำการแปรรูปเป็นผลิต
 ภัณฑ์ น้านมข้าว ผลจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า กระบวนการผลิต
 น้านมข้าวที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด คือ การนำปลายข้าวกล้องมาบดให้มีขนาด
 ประมาณ 115 mesh แล้วนำไปกระจายตัวในน้ำร้อน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างแป้ง:น้ำที่เหมาะสมคือ
 1:25 จากนั้นต้มจนเดือด เติมน้ำตาล 2.5% น้ำมันถั่วเหลือง 3.5% เติมอิมัลซิไฟเออร์ (Soy lecithin)
 และ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในปริมาณ 0.02% และ 0.01% ตามลำดับ คนให้เข้ากันเป็นเวลา
 2 นาที แล้วนำไปโฮโมจิไนซ์ด้วยเครื่อง โฮโมจิไนเซอร์ บรรจุขวดแล้วทำการพาสเจอร์ไรซ์ จากการ
 ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคชอบดื่มในสภาวะร้อนมากกว่าสภาวะเย็น เมื่อนำ
 ผลิตภัณ์มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี พบว่า มีความชื้น 90.52% เถ้า 0.09% ไขมัน 5.71%
 โปรตีน 0.28% และสารเยื่อใย 0.91%

สุรสาธินี แซ่ลิ้ม
 สุลักขณา ชันมณี
 ลายมือชื่อนักศึกษา


 ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

17 ธ.ค. 43
 วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษ เรื่อง น้านมข้าว สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.พอใจ ถามากร เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและเอาใจใส่ในระหว่างการทำปัญหาพิเศษ ในครั้งนี้เป็นอย่างดี รวมทั้งช่วยแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ และช่วยให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลง ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุรพล หัวหน้าโรงสีโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดาที่ให้ความอนุเคราะห์ปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ105 สำหรับการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอดและขอขอบคุณเจ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่มีส่วนช่วยให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุธาณี แซ่ถิ่ม

สุถักขณา ชันมณี

15 มีนาคม 2543

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	2
2.1 ข້วกล้อง	2
2.2 ประโยชน์ของข້วกล้อง	2
2.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
2.4 องค์ประกอบที่สำคัญของข้าว	4
2.5 สมบัติทางเคมีของเมล็ดสตาร์ช	5
2.6 การเกิดเจลาตีในเซชัน	6
2.7 การเกิดรีโทรเกรเดชั่น	8
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข້วกล้อง	10
2.9 การผลิตนมข้าวเจ้า	11
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก(ก)	30
ภาคผนวก(ข)	33
ภาคผนวก(ค)	39
ภาคผนวก(ง)	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาว (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)	4
2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากข้าว	4
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร (จากพันธุ์นางมลเอส-4) น้ำนมข้าวและน้ำนมมารดา	14
2.4 องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนจากน้ำนมข้าว น้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร น้ำนมข้าว และน้ำนมมารดา	14
4.1 ผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวที่เตรียมข้าว โดยวิธีต่าง ๆ	21
4.2 แสดงค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องบดต่อน้ำที่แตกต่างกัน	22
4.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวที่ใช้อัตราส่วนของปลายข้าวกล้องต่อน้ำที่ต่างกัน	22
4.4 แสดงค่าความหนืดจากการวัดด้วย Brookfield viscometer โดยใช้ปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียสและสภาวะเย็น 12-15 องศาเซลเซียส	23
4.5 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวเมื่อเติมปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะร้อน	24
4.6 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวเมื่อเติมปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะเย็น	25
4.7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าว	26
4.8 เปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีของน้ำนมข้าว น้ำนมวัว และน้ำนมถั่วเหลือง	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
2.2 โครงสร้างของอะไมโลส	5
2.3 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	6
2.4 การพองตัว การแตกตัว และการกระจายตัวของเม็ดแป้งระหว่างการเกิดเจลลิตีในเซชัน	7
2.5 การพองตัว และการเกิดเจลของแป้ง	10
2.6 กระบวนการผลิตน้ำนมข้าว และน้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร	13
3.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวตามวิธีที่ 1	18
3.2 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวตามวิธีที่ 2	19
4.1 แสดงค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง ปลายข้าวกล้องบดต่อน้ำที่แตกต่างกัน	22
4.2 แสดงค่าความหนืดจากการวัดด้วย Brookfield viscometer โดยใช้ปริมาณ Emulsifier (SL,%) และปริมาณ Stabilizer (CMC,%) ในสภาวะร้อนและสภาวะเย็น	24
ง 1 วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำนมข้าว	47
ง 2 ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว	48

บทที่ 1

บทนำ

น้ำนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในปัจจุบันความต้องการในการบริโภคน้ำนมภายในประเทศเพิ่มสูงมากขึ้น แต่อัตราการผลิตน้ำนมยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ น้ำนมวัวที่ผลิตได้ภายในประเทศมีปริมาณน้อย และมีราคาแพงเป็นผลทำให้คนไทยไม่นิยมดื่มนมมากนักเมื่อพ้นวัยเด็กมาแล้ว นอกจากนี้คนไทยยังขาดเอนไซม์ lactase ที่ย่อยน้ำตาล lactose ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในน้ำนม จึงทำให้คนไทยที่ดื่มนมวัวเกิดอาการท้องเสียได้ ซึ่งถ้าหากสามารถนำวัตถุดิบที่มีราคาถูก นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายน้ำนมมาทดแทนน้ำนมวัวได้ ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตและส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีราคาถูกลงด้วย ข้าวเป็นธัญพืชที่คนไทยบริโภคเป็นอาหารหลักจึงคุ้นเคยทั้งกลิ่นและรสชาติ และในปัจจุบันมีผู้นิยมรับประทานข้าวกล้องกันมากขึ้น เนื่องจากข้าวกล้องเป็นข้าวอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อร่างกายและช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง เป็นต้น จึงจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Health food) ส่วนประกอบของข้าวกล้องที่น่าจะมีการนำมาใช้ประโยชน์ให้มากกว่านี้ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และลดต้นทุนการผลิต คือ ปลายข้าวกล้อง จึงได้มีการนำปลายข้าวกล้องมาพัฒนาทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำนมข้าวจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำนมข้าวที่ผลิตจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่ถูกขัดสีเพียงครั้งเดียวโดยสีเปลือก (แกลบ) ออกเท่านั้น โดยมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ และเป็นแหล่งรวมสารอาหาร ที่มีคุณค่าทางอาหารที่ประโยชน์สูง

ข้าวกล้องเป็นอาหารที่มีวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารต่าง ๆ ที่สำคัญต่อร่างกายรวม 20 กว่าชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบีรวม ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม ทองแดง ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และอื่น ๆ

2.2 ประโยชน์ของข้าวกล้อง

2.1.1 ป้องกันโรค เนื่องจากข้าวกล้องมีสารอาหารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์แก่ร่างกายมากกว่า ข้าวขาวและสารอาหารที่มีอยู่ในข้าวกล้องจะช่วยป้องกันโรคเหล่านี้คือ

- โรคเหน็บชา
- โรคปากนกกระจอก
- โรคโลหิตจาง
- โรคนี้้วนในกระเพาะปัสสาวะ
- โรคทางระบบประสาทบางชนิด
- โรคเบื่ออาหาร
- โรคขาดโปรตีน
- โรคผิวหนังบางชนิด
- โรคลมชัก

2.1.2 ป้องกันท้องผูก เนื่องจากข้าวกล้องมีกากอาหารมากกว่าข้าวขาว 133 เปอร์เซ็นต์

2.1.3 ช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีแป้ง เกลือแร่ และวิตามินต่าง ๆ มากกว่าข้าวขาว

2.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวกล้อง (Brown Rice) หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

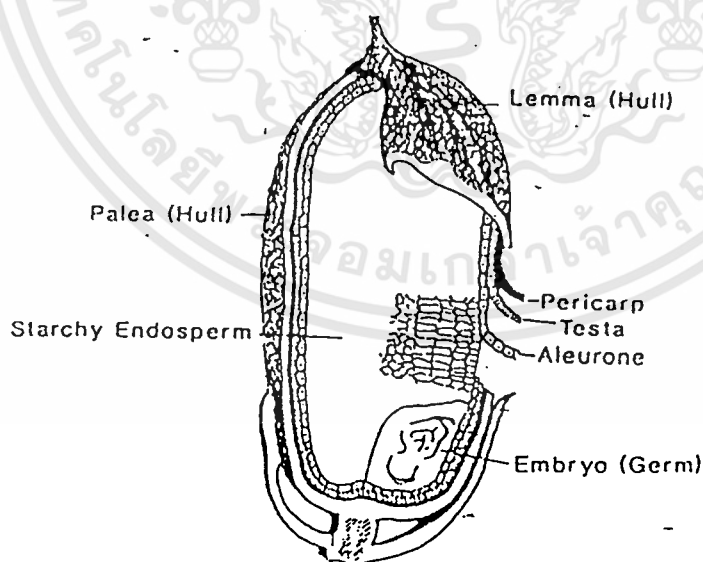
2.3.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากเปลือกนอก (husk หรือ hull) ประกอบด้วย เนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ ชั้นนอก หรืออีพิคาร์ป (epicarp) ชั้นกลางหรือมีโซคาร์ป (mesocarp) และชั้นในหรือเอนโดคาร์ป (endocarp) ชั้นเหล่านี้ทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดไว้ ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) แร่ธาตุและโปรตีน

2.3.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไปเป็นเนื้อเยื่อสองชั้น เรียงกันเป็นแถวประกอบด้วยไขมัน

2.3.3 เยื่ออัลดูโรน (aleurone layer) อยู่ถัดจาก tegmen เป็นเซลล์ที่มีผนังหนาประกอบด้วย ไขมัน และโปรตีน

2.3.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) อยู่ถัดจากชั้นอัลดูโรน ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่

2.3.5 เอมบริโอหรือคัพพะ (embryo or germ) เป็นส่วนที่อยู่ตอนล่าง ด้านฐานของเมล็ด มีขนาดเล็ก ส่วนที่จะเจริญไปเป็นต้นอ่อนเอมบริโอประกอบด้วย สารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ แร่ธาตุ ไขมัน น้ำตาล วิตามินที่สำคัญ



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : Champagne, 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 องค์ประกอบที่สำคัญของข้าว

ข้าวที่ผ่านการสีจะได้ส่วนประกอบของข้าวชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ คาร์โบไฮเดรต สะสมอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชในส่วนอง เอ็นโดสเปิร์ม รองลงมาได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เชื้อใย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาว (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)

สารอาหาร	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร (ข้าวขัดขาว)
โปรตีน	6.7	6.7
ไขมัน	2.8	1.0
คาร์โบไฮเดรต	81.3	79.3
ใยอาหาร	3.8	2.2
วิตามินอี	0.80	0.10
วิตามินบีหนึ่ง	0.59	0.08
วิตามินบีสอง	0.07	0.02
ไนอาซิน	5.3	1.5

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2530

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากข้าว

Component and unit	Brown rice	Milled rice	Rice bran
Carbohydrate, %	87.2	91.3	46.6
Protein, %	8.3	7.6	14.6
Ash, %	1.7	0.3	10.6
Fat, %	2.0	0.3	13.4
Crude fiber, %	1.1	0.4	12.7
N-free extract	82.4	88.8	45.0

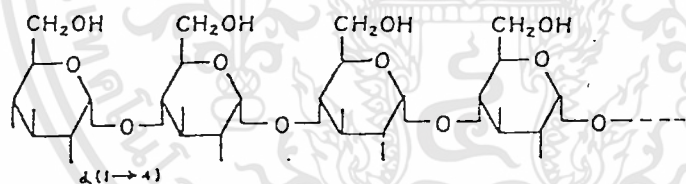
ที่มา : Champagne, 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สมบัติทางเคมีของเม็ดสตาร์ช

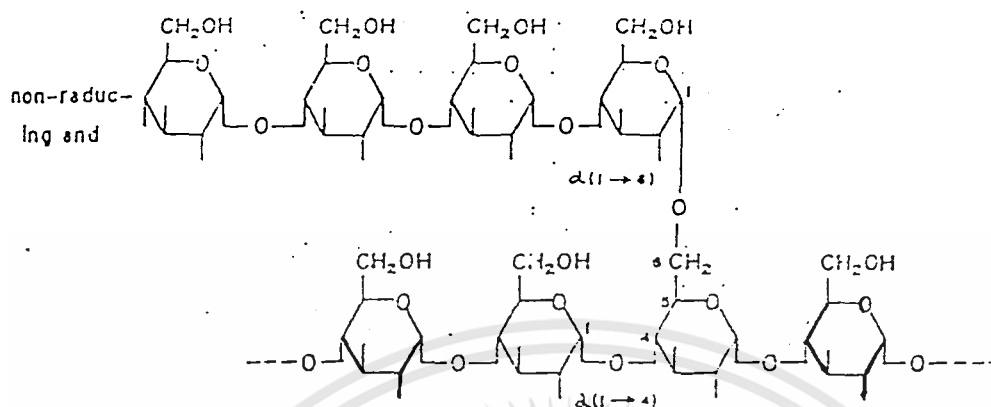
คาร์โบไฮเดรตที่พบในเมล็ดข้าวจะอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชประกอบไปด้วย อะไมเลส ประมาณร้อยละ 12-35 เป็นโพลิเมอร์ของดีกลูโคสที่อยู่ในรูปไพราโนส (pyranose) มาต่อกันเป็น เส้นตรงยาว ประมาณ 500-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1, 4 กลูโคซิดิก (Glucosidic) ดัง ภาพที่ 2.2 อะไมโลสไม่สามารถละลายในน้ำเย็น แต่จะละลายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อะไมโลส จะละลายได้ดีในสารละลายด่าง และทำปฏิกิริยากับสารละลายเจ็องของไอโอดีนแล้วให้สีน้ำเงิน จึงสามารถใช้หาปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างข้าวขาวต่างๆ และหาอัตราการเกิดเจลาตินในสีของ ข้าวโดยวัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

อะไมโลเพคติน เป็นโพลิเมอร์ของ ดีกลูโคส ที่ต่อเป็นกิ่งก้านสาขา (Branch Chain) โดยจุด ที่มีการแตกแขนงจะเกาะกันด้วยพันธะ α -1, 6 กลูโคซิดิก ดังภาพที่ 2.3 อัตราส่วนของอะไมโลส ต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง (Swelling)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา : สิริินทร์, 2521



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน
ที่มา: สิริินทร์, 2521

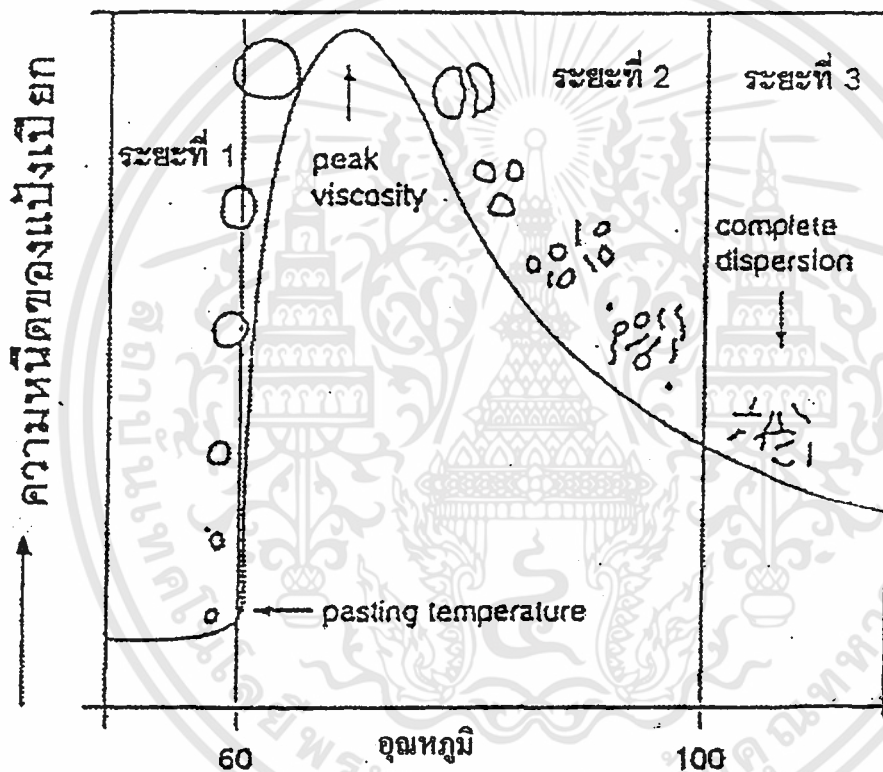
2.6 การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากซึ่งยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อเม็ดแป้งอยู่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 25-30% แต่เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำได้มากขึ้น พร้อมกับพองตัวขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิประมาณ 68 องศาเซลเซียส ส่วนผสมจะเริ่มข้นหนืดขึ้น มีความเหนียวและใสขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิถึง 78 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว แรงยึดระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้าไปมากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ โครงร่างของเม็ดสตาร์ชจะสลายตัวไป โมเลกุลของอะไมโลสจะละลายไปในน้ำให้ส่วนผสมที่ใสทั้งหมด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “เจลาตินในเซชัน” (Gelatinization) หรือ “การสุกของแป้ง” และเรียกช่วงอุณหภูมินี้ว่า “ช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชัน” (Gelatinization temperature range)

2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลาตินในเซซัน

2.6.1.1 pH

อาหารส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดในช่วง pH 4-7 ความเป็นกรดในช่วงนี้มีผลเล็กน้อยต่ออัตราการพองตัวและความหนืดของเม็ดแป้ง ความเป็นกรดสูงช่วยเร่งการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างรวดเร็ว ตลอดจนมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้ง จนกระทั่งความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว ลักษณะเช่นนี้พบเห็นเสมอในขณะเก็บรักษาอาหารประเภทกรด



ภาพที่ 2.4 การพองตัว การแตกตัว และการกระจายตัวของเม็ดแป้งระหว่างการเกิดเจลาตินในเซซัน
ที่มา : Brich, 1973

2.6.1.2 อัตราส่วนระหว่างแป้งและของเหลว

ความหนืดของแป้งสุกขณะร้อนและความเหนียวของแป้งสุก เมื่อเย็นแล้วขึ้นกับปัจจัยหลายชนิด เป็นต้นว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งกับของเหลว (น้ำ) แป้งหนึ่งช้อนโต๊ะต่อน้ำหนึ่งถ้วยตวงจะได้แป้งที่มีลักษณะเหลว แต่เมื่อใช้แป้งสามช้อนโต๊ะต่อน้ำหนึ่งถ้วยตวงจะได้แป้งที่เหนียวข้น ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณของแป้งและของเหลวมีความสำคัญ

2.6.1.3 น้ำตาล

น้ำตาลละลายได้ในน้ำ ส่วนแป้งก็มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิกเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเติมน้ำตาลในน้ำแป้งแล้วมีผลทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อยลง ในความเข้มข้นต่ำ ๆ ของน้ำตาล การยับยั้งการพองตัวไม่ชัดเจน ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อน้ำตาลมีความเข้มข้นสูง ๆ จะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งจะมีผลทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลง

2.6.1.4 เกลือ

โมเลกุลของแป้งในอาหารไม่มีหมู่ที่สามารถไอออไนซ์ (Ionizable group) เหมือนโปรตีน ดังนั้นผลของเกลือต่อแป้งน้อยกว่าที่มีต่อโปรตีน (ยกเว้นแป้งมันฝรั่ง) ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลเพคตินสามารถถูกแทนที่ด้วย orthophosphate group ในปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ อย่างไรก็ตาม อาหารมีเกลือประกอบอยู่น้อยมาก ผลที่มีต่อแป้งจึงน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามอาหารมีเกลือประเภทโปรตีนนั้นผลของเกลือต่อโปรตีนจะปิดบังผลที่เกิดเนื่องจากเกลือที่มีต่อแป้ง มีการศึกษาผลของไอออนชนิดต่าง ๆ ของแป้ง แต่ผลจากการศึกษายังหาข้อสรุปได้ไม่เด่นชัดนัก

2.6.1.5 ไขมัน

ไขมันจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งและความหนืดของแป้งได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับว่าไขมันดังกล่าวเป็นไขมันอย่างเดี่ยวหรือไขมันที่ผสมด้วยอีมีลซิไฟเออร์ ทั้งนี้เนื่องจากผลที่เกิดจากไขมันทั้งสองชนิดให้ผลตรงข้ามกัน ไขมันธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ชนิด aliphatic chain (C_{16} , C_{18}) เป็นส่วนใหญ่ และมีค่าไอโอดีนระหว่าง 38-132 จะมีผลต่อความหนืดของแป้งได้คล้าย ๆ กัน ไขมันมีผลต่ออุณหภูมิของการเกิดความหนืดสูงสุด (maximum viscosity)

2.7 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้งจนเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสจะกระจายออกมาในน้ำทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเข้ามาเรียงกันเองหรือจับกับอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลสตาร์ชที่อยู่ใกล้กัน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวของสตาร์ช จะได้โครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำได้ซึ่งเราเรียกว่าเจล ถ้าปล่อยให้อุณหภูมิต่ำลงอีกจะเกิดการจับเอนกสารนี้เป็นเอนกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงตัวของโครงสร้างดังกล่าวแน่นขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำที่เคยจับอยู่ก่อนถูกบีบกันออกไปจากเจล (Syneresis) ความหนืดจะเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มของการเกิดผลึก การคืบตัวเป็นเรื่องดีสำหรับการผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมี่ เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวหนืดและแข็ง

ผลการเกิดรีโทรเกรเดชันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. ความหนืดเพิ่มขึ้น
2. ความทึบและความขุ่นเพิ่มขึ้น
3. การเกิดเจล
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายน้ำได้น้อยลงและมีความคงตัวดี
5. น้ำที่ถูกบีบออกมานอกเจล

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน และคุณภาพเจล

2.7.1.1 ปริมาณอะไมโลส

อะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้อธิบายหรือคาดคะเนการเกิดรีโทรเกรเดชันและคุณภาพของเจล แป้งที่มีอะไมโลสต่ำจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ช้า ให้เจลที่เหนียวหนะหนะ แต่เมื่อแป้งมีอะไมโลสสูงขึ้น การคืบตัวเกิดได้เร็ว ความเหนียวหนะหนะจะลดลงและมีความหนืดมากขึ้น มีความคงตัวดีขึ้น

2.7.1.2. ขนาดโมเลกุลของอะไมโลส

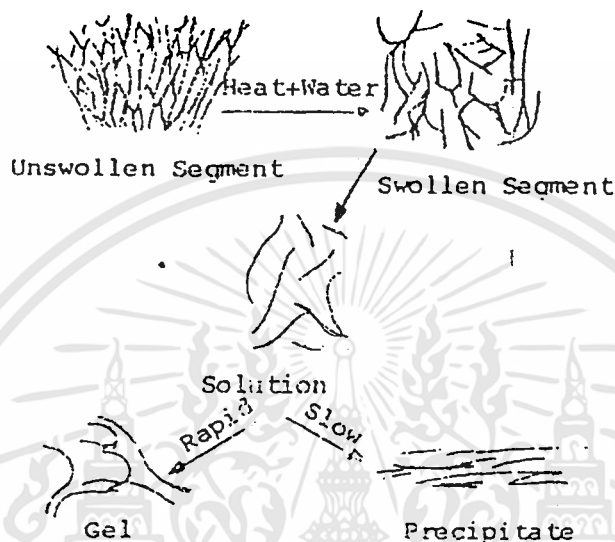
ถ้าขนาดโมเลกุลใหญ่หรือเส็กเกินไปการคืบตัวจะเกิดช้า อะไมโลสที่มีขนาดใหญ่ โมเลกุลพอเหมาะ (มี degree of polymerization เท่ากับ 100-200) จะเกิดการคืบตัวได้เร็วและให้โครงสร้างตาข่ายที่เหนียวแน่น เจลที่ได้จึงเหนียวมาก

2.7.1.3 ปริมาณหรือความเข้มข้นของน้ำแป้ง และปริมาณเม็ดแป้งที่แตกตัว

ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสม จะต้องมีปริมาณแป้งและน้ำเพียงพอที่จะให้เม็ดแป้งดูน้ำและพองตัวได้เต็มที่ ยิ่งเม็ดแป้งแตกตัวมากจะทำให้การดูน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว อะไมโลสละลายออกมาได้มาก เมื่อปล่อยให้แป้งสุกเย็นตัวลงจะได้เจลที่เหนียว แต่ถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นของแป้งน้อยจะเกิดเจลที่บางและละ

2.7.1.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในการเก็บแป้งสูกยิ่งต่ำการคืนตัวจะเกิดได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 2.5 การพองตัวและการเกิดเจลของแป้ง

ที่มา : Brich, 1973

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้อง

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้อง ได้แก่ เอนไซม์ไลเปสและเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสที่มีอยู่ในข้าวกล้อง ความชื้นของข้าวกล้อง แสง ออกซิเจน อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา จุลินทรีย์และไข่แมลงที่มีอยู่ในข้าวกล้อง

2.8.1 เอนไซม์ไลเปสและไลปอกซีจีเนสที่มีอยู่ในข้าวกล้อง

ข้าวกล้องมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ไลเปสซึ่งจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมันในเมล็ดข้าว ข้าวเมื่อยังไม่ได้กะเทาะเปลือกเอนไซม์ไลเปสและไขมันจะแยกส่วนกันโดยอยู่ในชั้นเทสตา อะลิวโลนและคัพกะ ซึ่งจะไม่ทำปฏิกิริยา แต่เมื่อข้าวถูกกะเทาะเปลือกแล้วชั้นนอกจะถูกทำลาย ทำให้ไขมันกับเอนไซม์สัมผัสกันได้และเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมันซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ให้เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ โดยมีเอนไซม์ไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปสเร่งปฏิกิริยา นอกจากเอนไซม์ไลเปสที่มีอยู่ในข้าวแล้วยังมีจุลินทรีย์พวกที่สามารถผลิตเอนไซม์ไลเปสยังเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรดไขมันอิสระในข้าวกล้อง และเกิดปฏิกิริยาออกโตออกซีเดชั่น โดยมีเอนไซม์ไลโปออกซีจีเนสเร่งปฏิกิริยาให้ได้เป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และจะดำเนินต่อไปจนเกิดเป็นกลิ่นหืน

นอกจากนั้นพบว่าการศึกษาข้าวที่อุณหภูมิสูง (วสวัตติ และคณะ, 2540) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการเกิดกรดไขมันอิสระ โดยทำการทดลองเก็บรักษาข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า อุณหภูมิจะเป็นปัจจัยในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้เร็ว ทำให้อัตราการเกิดกรดไขมันอิสระมีมาก

2.8.2 ความชื้นที่เก็บรักษาข้าวกล้อง

ความชื้นในข้าวกล้องขึ้นอยู่กับความชื้นในตัวข้าวกล้องเองกับความชื้นในอากาศ ปริมาณความชื้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บของข้าวโดยน้ำเป็นตัวทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไปและเป็นตัวกลางในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและช่วยทำให้เอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าวทำงานได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยที่ช่วยทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตอีกด้วย และจากการศึกษา (Hunter, 1951) พบว่าอัตราการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีอัตราการเกิดกรดไขมันอิสระมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 38 องศาเซลเซียส เนื่องจากความชื้นภายในเมล็ดข้าวมีมากทำให้ค่ากรดไขมันอิสระมีมาก และพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในข้าวกล้องได้แก่ อุณหภูมิการเก็บรักษา และความชื้นสัมพัทธ์ โดยพบว่าการศึกษาที่อุณหภูมิสูงจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

2.9 การผลิตนมข้าวเจ้า

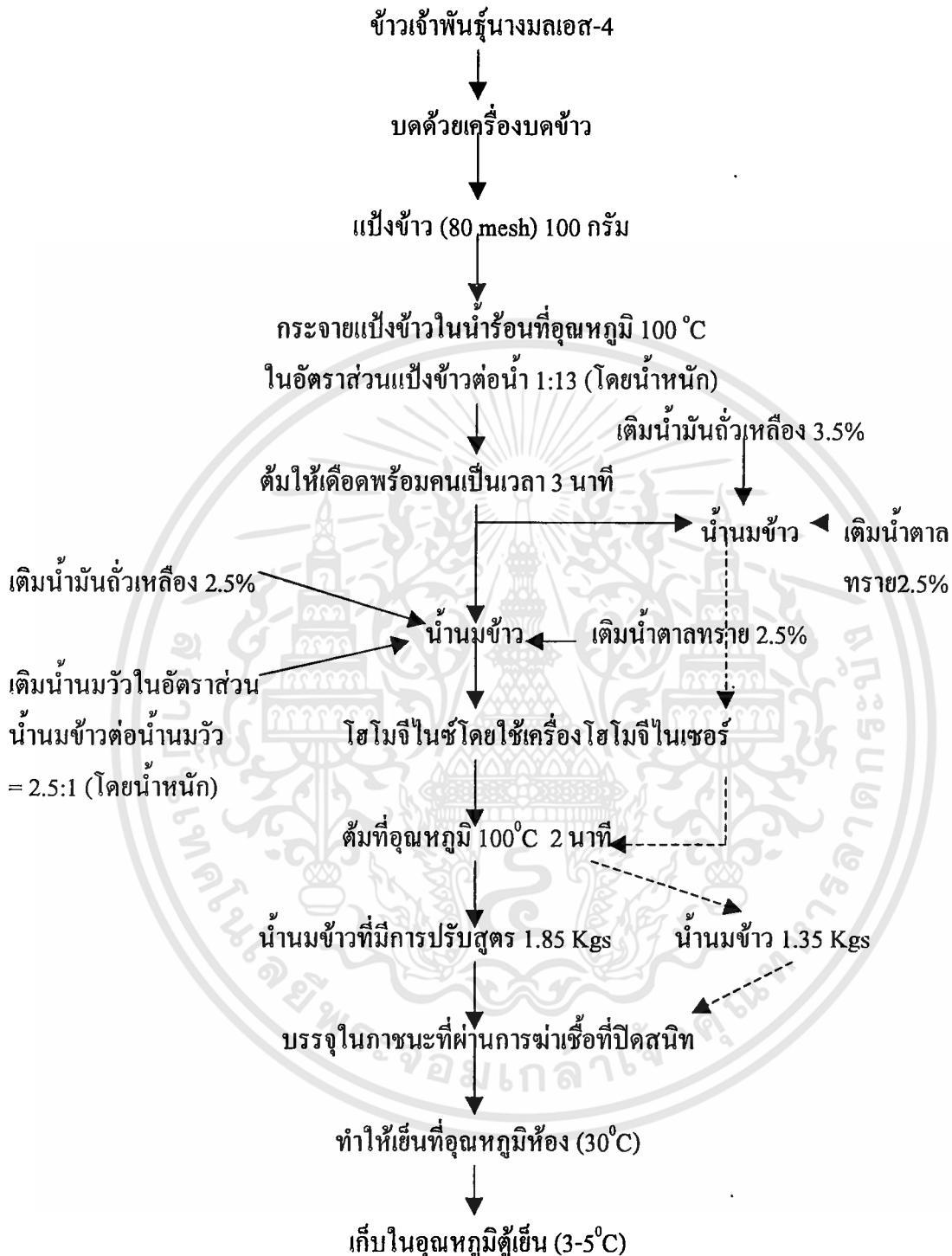
ในการผลิตนมข้าวเจ้านั้น เริ่มแรกโดยมีผู้ทำการทดลองเอาข้าวเจ้ามาทำเป็นแป้งแล้วละลายในน้ำ จากนั้นก็ได้เสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยเติมนมผงลงไป แล้วนำเอาส่วนผสมนี้มาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส ทำให้แห้งแล้วบดเป็นผง เวลาเราจะรับประทานก็เติมน้ำลงไป ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ต่อมานักวิจัยของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ทำการวิจัยโดยได้รับทุนอุดหนุนในการวิจัยจากคณะกรรมการวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเรื่อง “การทำนํานมข้าวเจ้าและปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการด้วยการผสมนมวัว” ได้ทำการทดสอบข้าว 6 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข1, กข5, กข7, นางมลอศ-4, W.P.57 และข้าวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1:13 (โดยน้ำหนัก), ผสมน้ำตาลทราย 2.5% (โดยน้ำหนัก), และเติมน้ำมันถั่วเหลือง 2.5% (โดยน้ำหนัก) นมข้าวเจ้าที่ได้นี้เมื่อนามาผสมกับนมวัวในอัตราส่วน นมข้าวเจ้า:นมวัว 2.5:1 (โดยปริมาตร) ปรากฏว่านมข้าวเจ้าผสมที่ทำจากข้าวพันธุ์นางมลเอส-4 และขาวดอกมะลิ 105 มีผลต่อกลิ่นของนมข้าวเจ้าผสมอย่างเห็นได้ชัดและสูงกว่าข้าวอีก 4 พันธุ์ ในแง่การยอมรับในการบริโภค ส่วนในเรื่องสี รส ความละเอียด และความข้นใสของเนื้ออาหาร ข้าวทั้ง 6 พันธุ์ให้ผลต่อการยอมรับผู้บริโภคของผู้ชิมใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงคะแนนที่ผู้ชิมสามารถยอมรับในการบริโภค และได้ทดลองทำนมข้าวเจ้าผสมจากข้าวนางมลเอส-4 ชนิดข้าวสารและข้าวกล้องเปรียบเทียบกัน พบว่านมข้าวเจ้าผสมจากข้าวสารจะมีการยอมรับในการบริโภคในด้านสี กลิ่น และรส มากกว่าข้าวกล้อง และคุณภาพของโปรตีนของนมข้าวเจ้าผสมจากข้าวนางมลเอส-4 ชนิดข้าวสาร จะสูงกว่าข้าวกล้องเพียงเล็กน้อย และมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับนมวัวและนมมารดา นมข้าวเจ้าผสมที่ทำจากข้าวนางมลเอส-4 ชนิดข้าวสารจะมีโปรตีน 1.92% ไขมัน 3.35% คาร์โบไฮเดรต 7.45% พลังงาน 65.23 แคลอรีต่อ 100 กรัม และรูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของโปรตีนนมข้าวเจ้าผสมนี้ จะมีความสมดุลมากขึ้นกว่าโปรตีนของนมข้าวเจ้าแต่เพียงอย่างเดียว คือการเติมนมวัวลงไป ในอัตราส่วนดังกล่าวนี้จะช่วยเพิ่มปริมาณ Lysine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนตัวจำกัดต่ำสุดของโปรตีนในนมข้าวเจ้า ให้สูงขึ้นจาก Chemical Score 49 เป็น 107 และการเติมนมวัวลงไป ในปริมาณนี้ก็ไม่ทำให้ปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายตัวอื่น ๆ ในโปรตีนของนมข้าวเจ้าผสมต่ำลง ไปจนขาดความสมดุลอีกด้วย จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้ ข้าวเจ้าจัดว่าเป็นอาหารหลักของคนไทยและมีราคาถูก ถ้านำเอามาทำเป็นนมข้าวและเสริมด้วยนมวัวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ก็จะเป็นประโยชน์มากต่อเด็กก่อนวัยเรียนอายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป เด็กวัยเรียน หญิงมีครรภ์ แม่ลูกอ่อน และผู้สูงอายุ เพราะให้ทั้ง โปรตีนและแคลอรีเท่าเทียมกับนมวัวซึ่งมีราคาแพงกว่า (Prabhavat , 1995) ได้มีการศึกษาการผลิตน้ำนมข้าว โดยมีสูตรดังนี้

ส่วนประกอบ	น้ำนมข้าว	น้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร
แป้งข้าว (กรัม)	100	100
น้ำ (กรัม)	1300	1300
น้ำตาลทราย (กรัม)	35	35
น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม)	50.2	35.9
น้ำนมวัว (กรัม)	-	588.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 กระบวนการผลิตน้ำมันข้าวและน้ำมันข้าวที่มีการปรับสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร (จากพันธุ์นางมรส-4) น้ำนมวัว และน้ำนมมารดา

องค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก)	นมข้าวที่มีการปรับ สูตร	น้ำนมวัว	น้ำนมมารดา
ความชื้น, %	87.54	97.70	88.10
โปรตีน, %	1.32	3.10	1.50
ไขมัน, %	3.35	3.50	3.20
เถ้า, %	0.34	0.70	0.20
สารเยื่อใย, %	0.00	0.00	0.00
คาร์โบไฮเดรต, %	7.45	5.00	7.00
แคลเซียม, %	0.034	0.114	0.034
ฟอสฟอรัส, %	0.029	0.102	0.020
เหล็ก, mg%	0.260	0.100	0.200
พลังงาน, แคลอรี/100g	65	63	62

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนจากน้ำนมข้าว น้ำนมข้าวที่มีการปรับสูตร น้ำนมวัว และน้ำนมมารดา

กรดอะมิโนที่จำเป็น (mg/gm)	น้ำนมข้าว	น้ำนมข้าวที่มีการ ปรับสูตร	น้ำนมวัว	น้ำนมมารดา
Isoleucine	32	36	51	51
Leucine	79	70	62	97
Lysine	27 (49)	59	69	67
Methionine+cystine	41	40	37	35
Phrnylalanine+Tyrosine	61	69	67	93
Threonine	35	34	32	43
Tryptophan	27	28	19	16
Valine	50	45	37	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี

1. ปลาขี้ขาวกลีงพันธุ์หอมมะลิ 105 ผลิตโดยโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
2. น้ำตาลทราย (cane sugar) ตรามิตรผล ผลิตโดยบริษัทมิตรผล จำกัด
3. น้ำมันถั่วเหลือง (soy bean oil) ตรามรกต ผลิตโดยบริษัทมรกต อินดัสตรี
4. Emulsifier (Soy lecithin)
5. Stabilizer (Carboxy Methyl Cellulose)
6. conc. H_2SO_4 reagent grade
7. Boric acid
8. HCl 0.01 N
9. NaOH 30%
10. K_2SO_4 (โปแทสเซียมซัลเฟต)
11. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (คอปเปอร์ซัลเฟต)
12. Bromocresol green
13. Methyl red
14. Ethyl alcohol 95%
15. Diethyl ether
16. Mixed indicator
17. Petroleum ether
18. น้ำกลั่น
19. 0.255 N กรดซัลฟูริก
20. 0.313 N NaOH
21. สารละลายโปตัสเซียมซัลเฟต 10%
22. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องบดข้าว Hammer mill
2. SEIVE ขนาด 115 mesh
3. บีกเกอร์ (Beaker) 50 ml 600 ml (ทรงสูง) และ 1000 ml
4. เครื่องชั่ง METTLER AJ100
5. กะละมัง
6. ทัพพี
7. ผ้าขาวบาง
8. เครื่องปั่น (Blender)
9. Thermometer 150 องศาเซลเซียส
10. Homogenizer
11. Volumetric flask 100 ml และ 1000 ml
12. Erlenmeyer flask 250 ml และ 500 ml
13. Aluminium can
14. Crucible
15. Thimble
16. Desicator
17. Cylinder 100 ml, 250 ml และ 1000 ml
18. Pipette 1 ml, 5 ml และ 10 ml
19. กระดาษกรองใยแก้ว
20. ฝากรองลินิน
21. กระดาษวัด pH
22. บิวเรต
23. หลอดหยด
24. แท่งแก้วคน
25. ซ้อนตักสาร
26. Oven
27. Muffle furnace
28. Brookfield viscometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. Seperable funnel
30. Suction flask
31. ขวดเก็บสารเคมี
32. Kjeldahl flask
33. Boiling chip
34. เครื่องย่อยโปรตีน
35. เครื่องสกัดโปรตีน
36. condenser
37. hot plate
38. เครื่องสกัดไขมัน

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการเตรียมข้าวเพื่อผลิตน้ำมันข้าวจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105

วิธีที่ 1

บดปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 ด้วยเครื่องบดข้าวให้มีขนาดประมาณ 115 mesh ปริมาณ 100 กรัม จากนั้นนำไปกระจายตัวในน้ำ 2 ลิตรที่ต้ม ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต้มต่อไปจนกระทั่งเดือด เติมน้ำตาล 2.5 % ของน้ำหนักทั้งหมด และเติมน้ำมันถั่วเหลือง 3.5% ของน้ำหนักทั้งหมด คนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที นำมา กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ แล้วนำไปบรรจุขวดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ น้ำมันข้าวพร้อมขวด

วิธีที่ 2

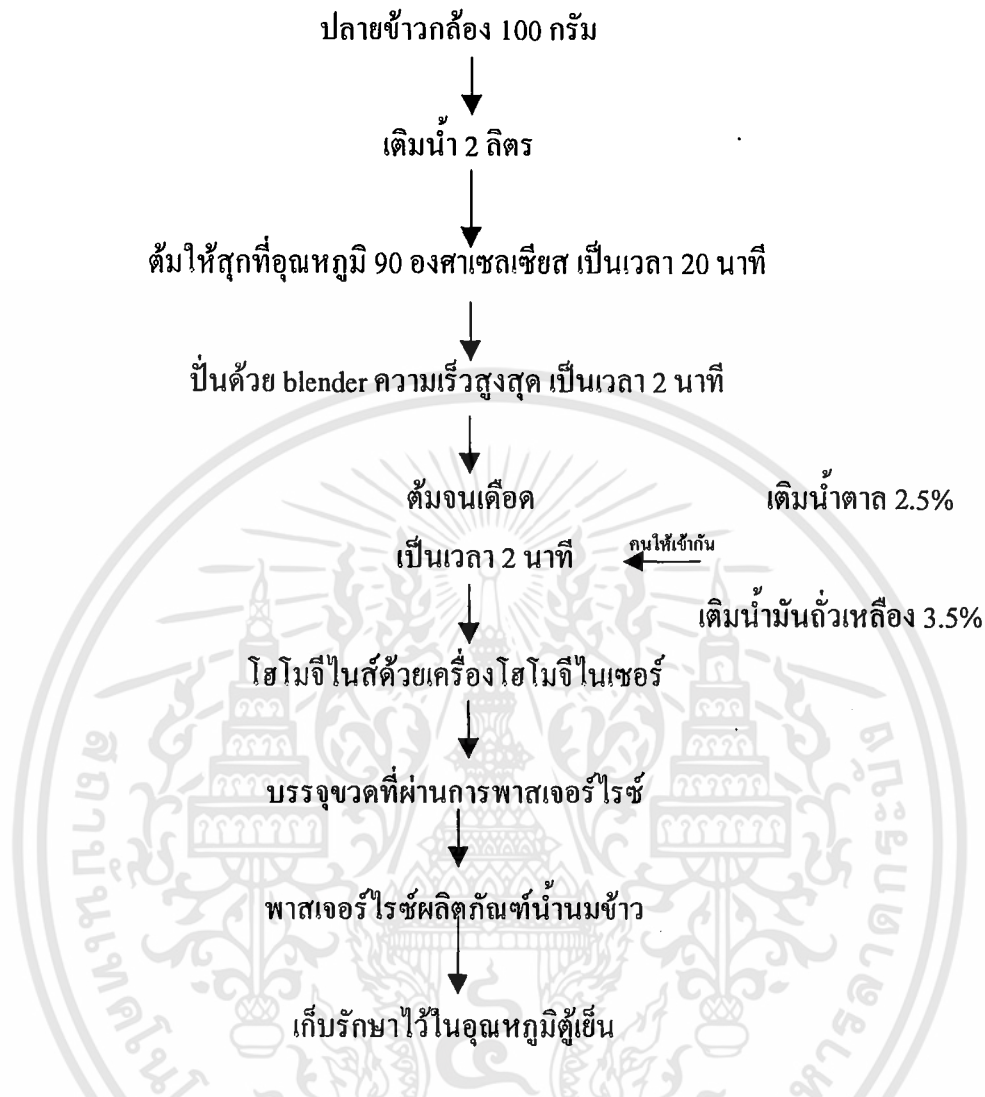
นำปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 ปริมาณ 100 กรัม เติมน้ำ 2 ลิตร นำไปต้มให้สุกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 2 นาที ทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำข้าวกล้องที่ผ่านการต้มจนกระทั่งเดือด เติมน้ำตาล 2.5% ของน้ำหนักทั้งหมดและ เติมน้ำมันถั่วเหลือง 3.5% ของน้ำหนักทั้งหมด คนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที จึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ แล้วนำไปบรรจุขวดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ น้ำมันข้าวพร้อมขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างชัดแจ้งจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการคัดเลือกวิธีการผลิตนํ้านมข้าวที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบทางด้านความหนืด และความเนียนของเนื้อ (ความรู้สึกสากลิ้น) และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน คัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ pair comparison ทำการทดลอง 2 ครั้ง



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นํ้านมข้าวตามวิธีที่ 1



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวตามวิธีที่ 2

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 ต่อหน้าที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันข้าว

นำปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 ปริมาณ 100 กรัม มาทำการผลิตน้ำมันข้าวตามกระบวนการที่ได้จากการคัดเลือกจากตอนที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องต่อน้ำ ดังนี้ 1:20, 1:25 และ 1:30 จากนั้นนำมาวัดความหนืดด้วย Brookfield viscometer และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบทางด้านความหนืด และความชอบรวมโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ใช้ hedonic scale test แบบ 5 point ในการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันข้าว

ทำการผลิตน้ำมันข้าวตามวิธีการที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 1 และใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวบดต่อน้ำที่คัดเลือกจากตอนที่ 2 จากนั้นนำมาเติม Emulsifier ในปริมาณ 0.02% และ 0.03% และปริมาณ Stabilizer 0.01% , 0.03% และ 0.05%

วัดความหนืดด้วย Brookfield viscometer และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในสภาวะร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส และสภาวะเย็นที่อุณหภูมิ 12-15 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ใช้ hedonic scale test แบบ 5 point วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 2 ครั้ง

ตอนที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำมันข้าว

เมื่อทำการผลิตน้ำมันข้าวตามวิธีการที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 1 ใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวบดต่อน้ำที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 2 ใช้ปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในตอนที่ 3 มาทำการวิเคราะห์หาความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ถ้าและเส้นใยของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาวิธีการเตรียมข้าวเพื่อผลิตนํ้ามข้าวจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105

เมื่อทำการผลิตนํ้ามข้าวตามวิธีที่ 1 ดังภาพที่ 3.1 และทำการผลิตนํ้ามข้าวตามวิธีที่ 2 ดังภาพที่ 3.2 แล้วนำไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของนํ้ามข้าวที่เตรียมการผลิตโดยวิธีต่าง ๆ

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ทดสอบ	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
ความชอบทางด้านความหนืด	16	4
ความชอบทางด้านความเนียนของเนื้อ	18	2
ความชอบรวม	18.5	1.5

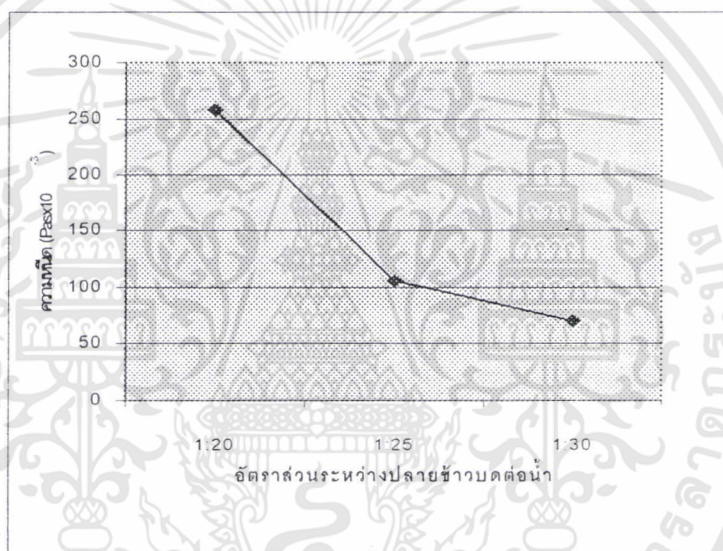
จากตารางที่ 4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ทดสอบความชอบทางด้านความหนืดวิธีที่ 1 มีค่ามากกว่าวิธีที่ 2 ซึ่งมีการยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ทดสอบความชอบทางด้านความเนียนของเนื้อและความชอบรวมในวิธีที่ 1 มีค่ามากกว่าวิธีที่ 2 ซึ่งมีการยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9% ดังนั้นจึงทำการคัดเลือกวิธีที่ 1 เพื่อทำการผลิตนํ้ามข้าวในขั้นตอนต่อไป

4.2 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ105 ต่อนํ้าที่เหมาะสมในการผลิตนํ้ามข้าว

เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องบดต่อนํ้า 1:20 1:25 และ 1:30 แล้วทำการทดลองตามวิธีที่คัดเลือกในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งได้วิธีที่เหมาะสมในการผลิตคือวิธีที่ 1 วัดค่าความหนืดด้วย Brookfield viscometer ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง
 ปลายข้าวกลีบบดต่อน้ำที่แตกต่างกัน

การทดลอง	อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกลีบบดต่อน้ำ (W/V)		
	1:20	1:25	1:30
ครั้งที่ 1	267	107	54
ครั้งที่ 2	249	105	87
เฉลี่ย	258	106	70.5



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง
 ปลายข้าวกลีบบดต่อน้ำที่แตกต่างกัน

จากกราฟพบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวที่ใช้อัตราส่วนของปลายข้าว
 กลีบบดต่อน้ำที่ต่างกัน

ลักษณะ	1:20	1:25	1:30
ความชอบทางด้านความหนืด	3.35 ^a	3.6 ^a	2.925 ^a
ความชอบรวม	3.25 ^a	3.675 ^a	3.00 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ความชอบทางด้านความหนืดและชอบชอบรวมที่อัตราส่วน 1:20 1:25 และ 1:30 ไม่มีความแตกต่างกันตามนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบทางด้านความหนืดและความชอบรวมที่อัตราส่วน 1:25 มีค่ามากที่สุดและลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวจากอัตราส่วนนี้มีลักษณะคล้ายน้ำมันมากที่สุด จึงได้ทำการคัดเลือกอัตราส่วนระหว่างปลายข้าวบดต่อน้ำ 1:25 เพื่อทำการทดลองขั้นต่อไป

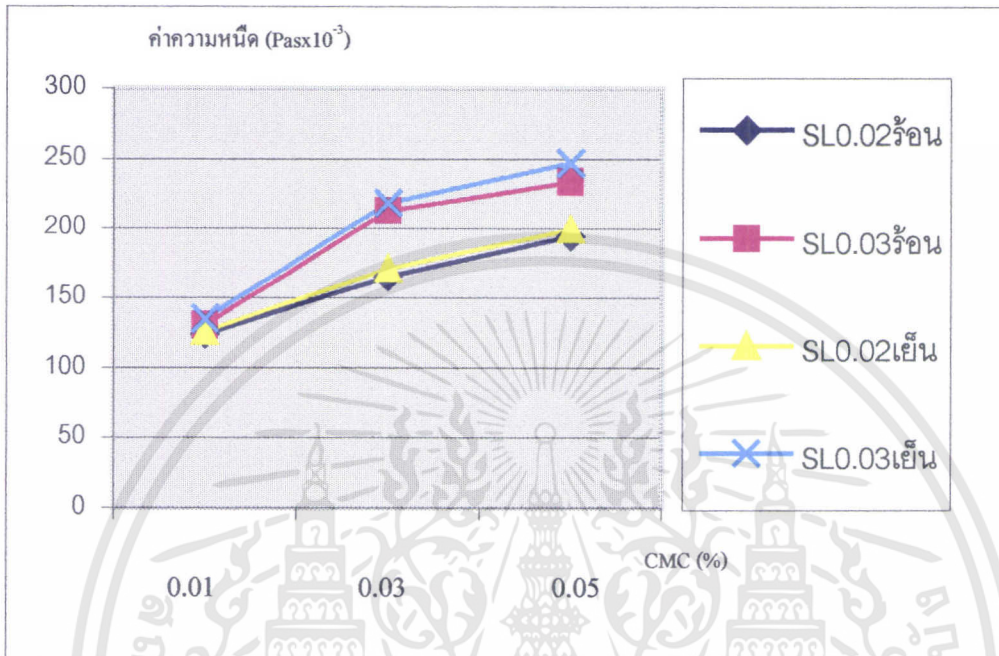
4.3 ศึกษาปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันข้าว

เมื่อได้ปริมาณปลายข้าวบดต่อน้ำที่เหมาะสมคือ 1:25 แล้วนำมาทำการผลิตตามวิธีที่ 1 ที่ได้จากการคัดเลือกตามขั้นตอนที่ 1 พบว่ามีการตกตะกอนและเกิดการแยกชั้นของไขมันจึงมีการเติม Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer (CMC) ตามขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและไม่เกิดการตกตะกอน โดยแปรผันปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ที่แตกต่างกัน แล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในสภาวะร้อน (อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส) และสภาวะเย็น (อุณหภูมิ 12-15 องศาเซลเซียส) ผลแสดงได้ดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ และวัดความหนืดด้วย Brookfield viscometer ในสภาวะเดียวกัน ผลแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความหนืดจากการวัดด้วย Brookfield viscometer โดยใช้ปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียสและสภาวะเย็น 12-15 องศาเซลเซียส

Emulsifier (%)	ค่าเฉลี่ยความหนืด ($\text{Pas} \times 10^{-3}$)			
	0.02		0.03	
	สภาวะ ร้อน	สภาวะ เย็น	สภาวะ ร้อน	สภาวะ เย็น
0.01	124.0	126.5	131.0	135.5
0.03	165.5	171.0	213.0	219.0
0.05	194.5	199.5	264.0	247.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความหนืดจากการวัดด้วย Brookfield viscometer โดยใช้ปริมาณ Emulsifier (SL, %) และปริมาณ Stabilizer (CMC, %) ในสภาวะร้อนและสภาวะเย็น

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันข้าวเมื่อเติมปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะร้อน

ปริมาณ (%)		ลักษณะความชอบทางด้านต่าง ๆ					
Emulsifier	Stabilizer	สี	กลิ่น	ความมัน	รสชาติ	ความหนืด	ความชอบรวม
0.02	0.01	4.050 ^a	3.700 ^a	3.475 ^{bc}	3.800 ^c	4.225 ^c	4.250 ^c
0.02	0.03	4.000 ^a	3.380 ^a	3.550 ^c	3.575 ^c	3.250 ^d	3.650 ^b
0.02	0.05	3.850 ^a	3.450 ^a	2.925 ^{ab}	3.200 ^b	3.325 ^c	3.100 ^a
0.03	0.01	3.950 ^a	3.400 ^a	2.800 ^a	2.875 ^a	3.050 ^b	2.925 ^a
0.03	0.03	3.975 ^a	3.450 ^a	2.850 ^a	2.850 ^a	3.075 ^b	2.825 ^a
0.03	0.05	4.075 ^a	3.530 ^a	2.825 ^a	2.975 ^{ab}	2.875 ^a	2.925 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันข้าวเมื่อเติมปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และปริมาณ Stabilizer (CMC) ในสภาวะเย็น

ปริมาณ (%)		ลักษณะความชอบทางด้านต่าง ๆ					
Emulsifier	Stabilizer	สี	กลิ่น	ความมัน	รสชาติ	ความหนืด	ความชอบรวม
0.02	0.01	3.800 ^a	3.300 ^a	3.275 ^a	3.100 ^a	3.200 ^a	3.400 ^a
0.02	0.03	3.850 ^a	3.225 ^a	3.500 ^a	3.500 ^a	3.325 ^a	3.525 ^a
0.02	0.05	4.000 ^a	3.400 ^a	2.250 ^a	3.175 ^a	3.125 ^a	3.600 ^a
0.03	0.01	3.925 ^a	3.400 ^a	3.425 ^a	3.150 ^a	3.250 ^a	3.625 ^a
0.03	0.03	3.850 ^a	3.250 ^a	3.375 ^a	3.050 ^a	3.225 ^a	3.350 ^a
0.03	0.05	3.975 ^a	3.525 ^a	3.175 ^a	3.025 ^a	2.725 ^b	2.975 ^a

ค่าความหนืดที่ได้จากการวัดด้วย Brookfield viscometer ในสภาวะร้อนและสภาวะเย็น พบว่า เมื่อปริมาณ Stabilizer (CMC) เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดในสภาวะร้อนและในสภาวะเย็นจะพบว่า ที่สภาวะร้อนจะมีค่าความหนืดน้อยกว่าสภาวะเย็น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบทางด้านสี และกลิ่น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งในสภาวะร้อนและสภาวะเย็น ความชอบทางด้านความมัน พบว่า ในสภาวะร้อนที่ Emulsifier (Soy lecithin) 0.02 % CMC 0.01 % และ 0.03% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับในตัวอื่น คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์เลข ๆ ถึงชอบ แต่ในสภาวะเย็นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในสภาวะร้อน ความชอบทางด้านรสชาติ พบว่า ที่ Emulsifier (Soy lecithin) 0.02% Stabilizer (CMC) 0.01% และ 0.03% มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอื่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความชอบอยู่ในเกณฑ์ที่ชอบ และในสภาวะเย็นไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความชอบทางด้านความหนืด พบว่า ในสภาวะร้อนที่ Emulsifier (Soy lecithin) 0.02% Stabilizer (CMC) 0.01% มีค่าความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อยู่ในระดับที่ชอบจนถึงชอบมาก และในสภาวะเย็นที่ Emulsifier (Soy lecithin) 0.03% CMC 0.05% มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคไม่ชอบจนถึงเลข ๆ และทางด้านความชอบรวม ในสภาวะร้อนที่ Emulsifier (Soy lecithin) 0.02% CMC 0.01% พบว่ามีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเชื่อมั่น 95% อยู่ในระดับที่ชอบจนถึงชอบมาก และในสถานะเย็นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมข้าวคือ 0.02% และ 0.01% ตามลำดับ โดยพิจารณาจากปัจจัยทางความชอบรวมเป็นหลัก และพบว่าผู้บริโภคชอบคิมผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวที่สภาวะร้อนมากกว่าสภาวะเย็น

4.4 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำนมข้าว

เมื่อทำการผลิตน้ำนมข้าวตามวิธีการที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 1 ใช้อัตราส่วนระหว่างปลายข้าวบดต่อน้ำที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 2 (1:25) และปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer CMC ที่เหมาะสมจากตอนที่ 3 (คือใช้ปริมาณ 0.02% และ 0.01% ตามลำดับ) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี แสดงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมข้าว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	90.52%
เถ้า	0.09%
ไขมัน	5.71%
โปรตีน	0.28%
สารเชื้อใย	0.91%

นำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวและน้ำนมถั่วเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณภาพทางด้านเคมีของน้ำนมข้าว น้ำนมวัวและน้ำนมถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำนมข้าว	น้ำนมวัว*	น้ำนมถั่วเหลือง**
ความชื้น (%)	90.52	97.7	89.58
เถ้า (%)	0.09	0.7	-
ไขมัน (%)	5.71	3.5	5.56
โปรตีน (%)	0.28	3.1	4.28
สารเชื้อย (%)	0.91	0	-

* ที่มา : FAO, 1972

** ที่มา : สมชาย, 2523

จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางด้านเคมีของน้ำนมข้าว น้ำนมวัวและน้ำนมถั่วเหลือง แสดงให้เห็นค่าที่แตกต่างกัน ดังนี้ ความชื้น น้ำนมข้าวจะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าน้ำนมวัว แต่จะมากกว่าน้ำนมถั่วเหลืองเล็กน้อย ปริมาณเถ้า น้ำนมข้าวจะมีปริมาณมากกว่าน้ำนมวัว ปริมาณไขมัน น้ำนมข้าวจะมีปริมาณมากกว่าน้ำนมวัวและน้ำนมถั่วเหลือง เนื่องจากมีการเติมน้ำมันถั่วเหลืองเข้าไปถึง 3.5% ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวจะมีปริมาณไขมันที่มากกว่าน้ำนมชนิดอื่น ๆ แต่เป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกาย ปริมาณโปรตีนน้ำนมข้าวมีปริมาณน้อยกว่าน้ำนมวัว และน้ำนมถั่วเหลือง ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแต่เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ สามารถย่อยได้ง่าย และสารต่อต้านการทำงานของ trypsin ใช้ได้ไม่เต็มที่ และปริมาณสารเชื้อยในน้ำนมข้าวมีถึง 0.91% ซึ่งไม่พบในน้ำนมวัว โดยสารเชื้อยนี้จะมีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยให้ลำไส้ใหญ่ทำงานได้ดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. กระบวนการผลิตน้ำมันข้าวที่เหมาะสมคือ การนำปลายข้าวกล้องบดที่มีขนาดอนุภาค ประมาณ 115 mesh ไปกระจายตัวในน้ำร้อน โดยใช้อัตราส่วนปลายข้าวกล้องบดต่อน้ำที่เหมาะสม คือ 1:25 จากนั้นต้มให้เดือด เติมน้ำตาล 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3.5% โดยใช้ปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมคือ 0.02% และ 0.01% ตามลำดับ คนให้เข้ากัน เป็นเวลา 2 นาที และนำไปโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ บรรจุขวดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และทำการพาสเจอร์ไรซ์
2. ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ความชื้น 90.52% เถ้า 0.09% ไขมัน 5.71% โปรตีน 0.28% และสารเยื่อใย 0.91%

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าว
2. เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวที่ผลิตได้มีโปรตีนในปริมาณน้อยอาจมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โดยการเติมน้ำมันมะพร้าวหรือนมชนิดอื่น ๆ ลงไป เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น
3. ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวที่ได้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่น ๆ เช่น ไอศกรีม นมข้นหวาน นมเปรี้ยว เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ.2530. ตารางแสดงคุณค่าทางอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- วสวัตดี แก้ววังสาร ,องอาจ อริคมกุลชัย และอุไรวรรณ นิ่มมาด.2540. ปัญหาพิเศษ : การศึกษาเบื้องต้นของอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในถุงพลาสติก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วุฒิชัย นาครัถยา.2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สมชาย ประภาวัต.2523. “นมเทียมจากพืช”. วารสารอาหาร.12(4):296-313
- สิรินทร์ วิโมกขิสังข์.2521. ชีวเคมี.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สมพงษ์
- Brich, G.G. and Priestly, R.J.1973. “Degree of Gelatinization of cooking rich.” *Journal of Die Stake*. 256:98-100.
- Champagne , E.T.1994. **Stabilizing Unmilled Brown Rice to by Ethanol Vapors.U.S. Patent,209,940.**
- FAO.1972. **Food Composition For use in East Asia.** Published by U.S. Department of Health,Education and Welfare.
- Hunter, J,R., Houston,D.F. and Kester,E.B.1951. “Development of free fatty Acids during storage of Brown Rice.” *Cereal chem.*29(3):163-175.
- Maynard A. Amerine, Rose Marie,Pangborn Edwarn B.Roesler.1965.**Principles of sensory Evaluation of food.** p.525
- Prabhavat S.1995.”Production of rice milk.” **Report for research work.** institute of food **Research and Product Development, Kasetsart University.p.1-12**

ภาคผนวก (ก)

แบบประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการเตรียมข้าวเพื่อผลิตน้ำนมข้าวจากปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 1๕5

แบบประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

ชื่อ เพศ

คำแนะนำ

ทดสอบคุณลักษณะของตัวอย่าง โดยใช้เครื่องหมาย ✓ และ ✗ โดยที่

✓ = ชอบ
✗ = ไม่ชอบ

รหัสตัวอย่าง
ลักษณะปรากฏ		
- ความหนืด
- ความเนียนของเนื้อ
- ความชอบรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปลายข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 105 ต่อน้ำที่เหมาะสมในการผลิตน้ำนมข้าว

แบบประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....เพศ.....

กรุณาชิมตัวอย่างให้หมดก่อนให้คะแนนโดยให้คะแนนตามลำดับที่กำหนดให้ ก่อนเปลี่ยนตัวอย่าง ควรดื่มน้ำตามทุกครั้ง

ทดสอบคุณลักษณะของตัวอย่างให้คะแนนความชอบตามลำดับคะแนน ดังนี้

- 5 หมายถึง ชอบมาก
4 หมายถึง ชอบ
3 หมายถึง เฉย
2 หมายถึง ไม่ชอบ
1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	-----	-----	-----
ลักษณะปรากฏ			
- ความหนืด	-----	-----	-----
- ความชอบรวม	-----	-----	-----

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันข้าว

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าว

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....เพศ.....

กรุณาชิมตัวอย่างให้หมดก่อนให้คะแนนโดยให้คะแนนตามลำดับที่กำหนดไว้ ก่อนเปลี่ยนตัวอย่าง ควรดื่มน้ำตามทุกครั้ง

ทดสอบคุณลักษณะของตัวอย่างให้คะแนนความชอบตามลำดับคะแนน ดังนี้

- 5 หมายถึง ชอบมาก
- 4 หมายถึง ชอบ
- 3 หมายถึง เฉย
- 2 หมายถึง ไม่ชอบ
- 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- สี	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- กลิ่น	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- ความมัน	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- ความหนืด	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- รสชาติ	_____	_____	_____	_____	_____	_____
- ความชอบรวม	_____	_____	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ข)

การวิเคราะห์ Proximate Analysis

1. วิธีการหาความชื้น

1. ชั่งน.น. aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
2. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2-5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่ง ด้วยตาชั่งละเอียด (10^{-4} กรัม)
3. นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝา aluminium can ใช้อุณหภูมิ 100°C นาน 2 ชม.
4. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก (บางครั้งอาจต้องนำตัวอย่างกลับไปอบต่อจนมีน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างกันประมาณ 0.003 - 0.005 กรัมเท่านั้น)
5. ตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ให้นักศึกษาเก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไขมัน กรณีที่ต้องการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาเถ้า ควรเลือกใช้ procelain dish แทน aluminium can
6. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{\text{น.น.สด} - \text{น.น.แห้ง}}{\text{น.น.สด}} \times 100$

ผลการทดลอง

ครั้งที่	น้ำหนัก aluminium can (g)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)	น้ำหนัก aluminium can+น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)	ปริมาณความชื้น (%)
1	14.9491	5.2604	15.4752	90.0103
2	12.6446	5.7756	13.1627	91.0295
			เฉลี่ย	90.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการหาปริมาณไขมัน

1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 5 กรัม ใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

2. บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhlet โดย thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่าง ต่อกับ roundbottom flask ชนิด 2 หรือ 3 คอ

3. ตวง anhydrous ether 150 ml. ในขวดแก้วกันกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้า-ออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิทช์ของ เต้า heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (เช่น 150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของ anhydrous ether ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่อง นาน 16 ชั่วโมง

4. แยก anhydrous ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100° C 30 นาที ไล่ ether จนหมดนำไปทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของ crude fat

5. เตรียมบีกเกอร์แห้งสะอาดทราบน.น.มาก่อนสำหรับชั่งน้ำมันที่สกัดได้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่งน้ำมันที่สกัดได้ในภาชนะเดิม

$$6. \text{คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น.น.บีกเกอร์และไขมัน} - \text{น.น.บีกเกอร์} \times 100}{\text{น.น.ตัวอย่างแห้ง}}$$

ผลการทดลอง

ครั้งที่	น.น. บีกเกอร์ (g)	น.น. ตัวอย่างแห้ง (g)	น.น. บีกเกอร์+ไขมัน (g)	ปริมาณไขมัน (%)
1	103.9451	5.0420	104.1964	5.58
2	105.9079	5.0959	106.2060	5.85
			เฉลี่ย	5.71

3. วิธีการหาปริมาณโปรตีน

1. ปิเปตตัวอย่าง 10 ml ลงในขวด Kjeldahl flask 250 มล. อย่าให้ตัวอย่างเลอะขวด ตัวอย่างที่มีโปรตีนต่ำ เช่น ผลไม้ ใช้ตัวอย่าง 5 กรัม ผัก 3 กรัม เพราะมีโปรตีนต่ำกว่าเนื้อสัตว์ และ รัญพืช
 2. เติม catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มล. และ boiling chips
 3. นำ Kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบควบคุมวันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำ ประมาณ 5 นาทีก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส (นานประมาณ 1 ชั่วโมง) ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะๆ
 4. รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นและหมักคืนของไอกรดก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มล. โดยแยก เติมทีละ 5 มล. พร้อมกับเขย่าขวด
 5. เทสารละลายทั้งหมดลงใน volume flask 100 ml. ล้างขวดย่อยโปรตีนด้วยน้ำกลั่น หลายๆ ครั้งแล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด
 6. ทำ blank (ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 6) โดยใช้ น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง
 7. เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser เปิดสวิตช์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอในขณะที่เริ่มต้นกั้นและป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บ แอมโมเนีย
 8. ดูดกรดบอริก 10 มล. ใน Erlenmeyer flask 250 ml. ที่แห้งและสะอาดหยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้ดีก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นโดยให้ปลาย condenser จุ่มในสารละลาย
 9. ดูดสารละลายในข้อ (5) 5 มล. ลงในขวดกลั่น ล้างไปเปิดด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งลงใน ขวดกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% จำนวน 3 ml. ประกอบเข้าชุดกลั่น
 10. แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สารละลายบอริก สีของสารละลายเปลี่ยนจากม่วง-น้ำเงิน (bluish purple) ไปเป็นเขียว-น้ำเงิน (bluish green) การเปลี่ยนสีเป็น อย่างรวดเร็วประมาณ 20-30 วินาที เมื่อสารละลายบอริกเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ลดระดับของ Erlenmeyer flask ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลว 1 ซม. ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีกประมาณ 1-2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลาย ไฮโดรคลอริก 0.01 N จนสีน้ำเงิน เปลี่ยนไปเป็นใส-ไม่มีสี
- ข้อแนะนำ อาจไตเตรทจนเป็นสีชมพู ลบปริมาตรของไฮโดรคลอริกออก 0.02 มล. จะทำให้ ถึงจุด end point ได้ง่ายขึ้นเนื่องจากสีชมพูจะเข้มขึ้นเมื่อหยดไฮโดรคลอริกเกินเพียงหยดเดียว
11. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$12. \text{ คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times CDE \times 100}{FG. 1000}$$

FG. 1000

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = (\% \text{ไนโตรเจน}) \times 6.25$$

- เมื่อ
- A = มล.ของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง
 - B = มล.ของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank
 - C = ความเข้มข้น (N) ของกรดไฮโดรคลอริก
 - D = 14
 - E = มล.ของสารละลายที่ผ่านการย่อย (100 มล.)
 - F = มล.ของสารละลาย E ที่นำไปกลั่น (5 มล.)
 - G = น้ำหนักของตัวอย่าง

ผลการทดลอง

ครั้งที่	ปริมาตรตัวอย่าง (ml)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ใน การไตเตรด (ml)	ปริมาณโปรตีน (%)
1	10	3.4	0.27
2	10	3.3	0.28
		เฉลี่ย	0.28

4. วิธีการหาปริมาณเถ้า

1. ถ้ำ platinum หรือ porcelain dish ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่ง
2. ชั่งตัวอย่างใน platinum dish 10 กรัม
3. หยคน้ำมันมะกอก 2-3 หยด ในตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เพื่อป้องกันการเกิดฟองขณะเผา
4. เผาตัวอย่างด้วยตะเกียงเบนเซนช้าๆ จนเผาไหม้หมด (completely carbonized) จึงนำ dish วางในเตาเผา จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว ตัวอย่างที่แตกต่างกันจะเผาที่อุณหภูมิ 550° C และเวลา 2 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชั่งน.น.ถ้ำด้วยตาชั่งชั่งละเอียด คำนวณเปอร์เซ็นต์ถ้ำ เช่นเดียวกับการคำนวณ crude fiber

ผลการทดลอง

ครั้งที่	น.น. ครูชิเบิล (g)	น.น. ตัวอย่างก่อน เผา (g)	น.น. ครูชิเบิล + น.น. ตัวอย่างหลังเผา (g)	ปริมาณถ้ำ (%)
1	25.5939	10.2557	25.6024	0.0858
2	24.2195	10.8590	24.2295	0.092
			เฉลี่ย	0.09

5. วิธีการหาสารเยื่อใย

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใน digestion flask (500 – 700 มล.) ซึ่งเป็นขวดแก้วก้นกลม เติมกรดซัลฟูริกที่ผ่านการต้มเดือดแล้วจำนวน 200 มล. และ boiling chips 2 – 3 ชิ้น ก่อนนำ condenser มาประกอบตอนบนของขวด
2. นำไปต้มบนเตาของชุดย่อย crude fiber โดยให้สารละลายเดือดนาน 3 นาทีต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด
3. กรองกากด้วยผ้ากรองบน Buchner funnel และ ใช้ปั๊มช่วยในการทดลอง
4. ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส
5. เทกากกลับไปใน digestion flask เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการต้มเดือด จำนวน 200 มล. ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรองทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง
6. ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน
7. เทกากกลับไปใน digestion flask อีกครั้ง ล้างตะกอนที่ติดผ้ากรองด้วยน้ำเดือดหลายๆ ครั้ง
8. เทกากใน digestion flask ผ่านไปใน sintered glass crucible ล้างกากด้วยน้ำเดือดหลายๆ ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ล้างภาชนะด้วยแอลกอฮอล์ จำนวน 30 มล.

10. อบ crucible พร้อมภาชนะที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 2 ชม. ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง

11. นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 °C. นาน 30 นาที เพื่อขจัดสาร volatile organic

12. นำ crucible มาทำให้เย็นลงใน desiccator ก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของ crude fiber

13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ crude fiber = $\frac{\text{น.น. crude fiber}}{\text{น.น. ตัวอย่าง}} \times 100$

น.น. ตัวอย่าง

ผลการทดลอง

ครั้งที่	น.น. ครุฑเข็บ (g)	น.น. ตัวอย่าง (g)	น.น.ครุฑเข็บ + น.น.ตัวอย่าง (g)	ปริมาณ crude fiber (%)
1	26.8372	2.1432	26.8556	0.8445
2	25.5957	2.0416	25.6157	0.9796
			เฉลี่ย	0.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ค)
การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. การทดสอบประสิทธิภาพสัมผัสเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปลายข้าวกล้องบดต่อน้ำ
ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

ความชอบทางด้านความหนืดครั้งที่ 1

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	8.033	2	0.017	0.022	0.978
Block	13.265	19	0.698	0.927	0.558
Residual	28.633	38	0.754		
Total	41.933	59	0.711		

ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านความหนืดครั้งที่ 2

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	17.200	2	8.600	18.710	0.000*
Block	30.583	19	1.610	3.501	0.000
Residual	17.467	38	0.460		
Total	65.250	59	1.106		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบรวมครั้งที่ 1

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	2.533	2	1.267	0.1994	0.778
Block	8.667	19	0.456	0.718	0.150
Residual	24.133	38	0.635		
Total	35.333	59	0.599		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบรวมครั้งที่ 2

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	13.900	2	6.950	13.590	0.000*
Block	29.917	19	1.575	3.079	0.002
Residual	19.433	38	0.511		
Total	63.250	59	1.072		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเกิดความแตกต่างของแต่ละครั้งในการทดสอบประสาทสัมพัทธ์จึงนำมาหาค่าเฉลี่ย
แสดงผลดังตาราง ANOVA ดังนี้
ความชอบทางด้านความหนืด

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	0.466	2	0.233	1.177	0.459
Block	0.020	1	0.020	0.103	0.779
Residual	0.396	2	0.198		
Total	0.882	5	0.176		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบรวม

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	0.466	2	0.233	1.309	0.433
Block	0.010	1	0.010	0.059	0.831
Residual	0.356	2	0.178		
Total	0.832	5	0.166		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การทดสอบประสิทธิภาพสัมผัสเพื่อหาปริมาณ Emulsifier (Soy lecithin) และ Stabilizer (CMC) ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันข้าว

ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ได้ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

ในสถานะเย็นอุณหภูมิ 12-15 องศาเซลเซียส

ความชอบทางด้านสี

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	1.250	5	0.250	1.196	0.312
Block	33.600	39	0.862	4.123	0.000
Residual	40.750	195	0.209		
Total	75.600	239	0.316		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบทางด้านกลิ่น

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	2.671	5	0.534	1.003	0.417
Block	103.796	39	2.661	4.998	0.000
Residual	103.829	195	0.532		
Total	210.296	239	0.880		

ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านความมัน

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	3.300	5	0.660	1.419	0.219
Block	90.650	39	2.324	4.997	0.000
Residual	90.700	195	0.465		
Total	184.650	239	0.773		

ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านรสชาติ

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	5.171	5	1.034	1.749	0.125
Block	79.496	39	2.038	3.446	0.000
Residual	115.329	195	0.591		
Total	199.996	239	0.837		

ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบทางด้านความหนืด

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	8.433	5	1.687	2.391	0.039*
Block	71.183	39	1.825	2.587	0.000
Residual	137.567	195	0.705		
Total	217.183	239	0.909		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านความชอบรวม

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	7.337	5	1.467	2.086	0.069
Block	78.663	39	2.017	2.867	0.000
Residual	137.162	195	0.703		
Total	223.162	239	0.934		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในสภาวะร้อนอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส

ความชอบทางด้านสี

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	1.283	5	0.257	1.327	0.254
Block	32.933	39	0.844	4.366	0.000
Residual	37.717	195	0.193		
Total	71.933	239	0.301		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบทางด้านกลิ่น

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	2.2221	5	0.444	1.140	0.340
Block	71.829	39	1.842	4.729	0.000
Residual	75.946	195	0.389		
Total	149.996	239	0.628		

ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านความมัน

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	24.950	5	4.900	12.574	0.000*
Block	78.317	39	2.008	5.060	0.000
Residual	77.383	195	0.397		
Total	180.650	239	0.756		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านรสชาติ

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	21.983	5	4.397	9.385	0.000*
Block	68.250	39	1.750	3.736	0.000
Residual	91.350	195	0.468		
Total	191.583	239	0.760		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบทางด้านความหนืด

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	41.921	5	8.384	15.104	0.000*
Block	82.129	39	2.106	3.794	0.000
Residual	108.246	195	0.555		
Total	232.296	239	0.972		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความชอบทางด้านความชอบรวม

Source	SS	DF	MS	F	Sig. of F
Treatment	42.700	5	8.540	12.980	0.000*
Block	48.000	39	1.231	1.871	0.003
Residual	128.300	195	0.658		
Total	219.000	239	0.916		

*ตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix: Tables A to I

TABLE D*
Significance in Paired Tests ($p = \frac{1}{2}$)

Number of judges or judgments	Minimum correct judgments to establish significant differentiation (one-tailed test)		Minimum agreeing judgments necessary to establish significant preference (two-tailed test)			
	Probability level*					
	.05	.01	.001	.05	.01	.001
7	7	7	—	7	—	—
8	7	8	—	8	8	—
9	8	9	—	8	9	—
10	9	10	10	9	10	—
11	9	10	11	10	11	11
12	10	11	12	10	11	12
13	10	12	13	11	12	13
14	11	12	13	12	13	14
15	12	13	14	12	13	14
16	12	14	15	13	14	15
17	13	14	16	13	15	16
18	13	15	16	14	15	17
19	14	15	17	15	16	17
20	15	16	18	15	17	18
21	15	17	18	16	17	19
22	16	17	19	17	18	19
23	16	18	20	17	19	20
24	17	19	20	18	19	21
25	18	19	21	18	20	21
30	20	22	24	21	23	25
35	23	25	27	24	26	28
40	26	28	31	27	29	31
45	29	31	34	30	32	34
50	32	34	37	33	35	37
60	37	40	43	39	41	44
70	43	46	49	44	47	50
80	48	51	55	50	52	56
90	51	57	61	55	58	61
100	59	63	66	61	64	67

* Table D is adapted from a table by E. B. Roessler, G. A. Baker, and M. A. Amerine, *Food Research* 21, 117-121 (1956).

* $p = .05$ indicates that the odds are only 1 in 20 that this result is due to chance; $p = .01$ indicates a chance of only 1 in 100; and $p = .001$, 1 in 1000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ง)

รูปภาพ



ภาพที่ ง.1 วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำมันข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.2 ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุธาสนี แซ่ลิ้ม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิต บางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม เกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีพ.ศ. 2543

นางสาวสุลักษณ์ จันทร์ณี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่ อ.เมือง จ.แพร่ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม เกษตร) จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้