

การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

PRODUCTION OF RICE BALL BY SPHERIFICATION TECHNIQUE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม
PRODUCTION OF RICE BALL BY SPHERIFICATION TECHNIQUE



T148880



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148880
ใน.เดือน.ปี 30 110. 2560

b. 10876859
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม
PRODUCTION OF RICE BALL BY SPHERIFICATION TECHNIQUE

จัดทำโดย

ศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์ รหัสนักศึกษา 55080056

เอกพงษ์ กรรติพนิชกุล รหัสนักศึกษา 55080070

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร.ยุพร พิชกมุทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

17 / 10 / 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม
 ชื่อนักศึกษา ศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์ รหัสนักศึกษา 55080056
 เอกพงษ์ กรรดิพนิชกุล รหัสนักศึกษา 55080070
 หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 พ.ศ. 2559
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ยุพร พิชกมุทร

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา ขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตไรซ์บอล โดยการใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยอาศัยการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นโครงสร้างเจลลักษณะคล้ายกล่องไข่ ทำให้ลักษณะเจลที่ได้เป็นทรงกลม โดยข้าวที่เลือกใช้ในการผลิตไรซ์บอลคือข้าวหอมนิล ข้าวที่ได้รับการพัฒนาจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวหอมมะลินำมาผลิตเป็นนํ้านมข้าว โดยการนำข้าวหอมนิลบดเป็นผงละเอียด (80 mesh) ผสมกับนํ้ากรองอัตราส่วน 1:10 นำมาต้มผ่านไอนํ้า เป็นระยะเวลา 100 นาที แล้วนำมาศึกษาหาระยะเวลาที่ใช้ในการแช่นํ้าเย็นหลังจากการขึ้นรูปพบว่าช่วงเวลาที่ 14-16 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่นํ้าเย็นของไรซ์บอล เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่นํ้าหนัก, ขนาดและความแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากนั้นจึงศึกษาปริมาณของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.5, 1.75 และ 2.0 โดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อหาสมการปริมาณของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อนํ้าหนัก, ขนาดและความแข็งของไรซ์บอล แล้วทำการเลือกไรซ์บอลที่มีปัจจัยคุณภาพด้านความแข็งสามแบบ คือ แข็งมากที่สุด, แข็งปานกลาง และแข็งน้อยที่สุด ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกไรซ์บอลที่ผู้บริโภคมีความชอบสูงที่สุด ซึ่งคือ ไรซ์บอลที่มีความแข็งระดับปานกลาง (1218.51 กรัม/แรงกด) แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล โดยองค์ประกอบของไรซ์บอลประกอบด้วย ความชื้น 92.35%, คาร์โบไฮเดรต 5.13%, โปรตีน 2.32%, ไขมัน 0.10% และเถ้า 0.10%

คำสำคัญ: ข้าวหอมนิล การขึ้นรูปแบบทรงกลม โซเดียมอัลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Production of rice ball by spherification technique
Student name	Sarunpat Murathathanyalak Student ID 55080056 Akamong Khandipanichakul Student ID 55080070
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2016
Advisor	Assist.Prof.Dr. Yuporn Peuchkamut

ABSTRACT

This project aims to study the rice ball production process using sphere forming technique by sodium alginate and calcium chloride. We selected Hom nil rice (Black jasmine brown rice) as a raw material which has been developed from National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Hom nil rice has a nutritional value over jasmine rice. We process rice milk by using Hom nil rice (Black jasmine brown rice) grinding into fine powder (80 mesh) and mixed with water in a ratio of 1:10. Next, heat up by steam until rice milk temperature is 75-80 °C and blending the solution every 10 minutes until 100 minutes before producing rice ball. Then we started to study the effect of soaking time on physical characteristics of rice ball. From the study, the result showed fourteen hours is a proper time to soaking in water. As the soaking time increased, weight, size and hardness were increased significantly ($p \leq 0.05$). Next is the result of the concentration of sodium alginate and calcium chloride by using the experimental design in response surface method (RSM). The result showed that the concentration of sodium alginate and calcium chloride were affected in weight, size and hardness of rice ball. From the study, we can create the equations to predict the ratio of sodium alginate and calcium chloride to prepare the sample in 3 levels; hard, medium and soft for the sensory evaluation. The study showed panels accepted in rice ball. Lastly, we study in the chemical composition of rice ball. It contains moisture content 92.35%, total carbohydrate 5.13%, protein 2.32%, fat 0.10% and ash 0.10%

Keywords: Hom nil, Spherification technique, Sodium alginate, Calcium chloride

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ยุพร พิชกมฺุทร ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด แนวทางการดำเนินงาน อย่างใกล้ชิด รวมถึงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สิทธิพงศ์ นลินานนท์ อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ คำแนะนำ คำชี้แนะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานตลอดการปฏิบัติงานทุกครั้ง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ทั้งทางกาย และกำลังใจ ตลอดการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เสมอมา

ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามถึงที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์

เอกพงษ์ กรรดิพนิชกุล

3 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 ข้าวหอมนิล.....	2
2.2 น้่านมข้าว.....	3
2.3 การขึ้นรูปทรงกลม.....	4
2.4 อัลจิเนต.....	6
2.5 วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงสร้างพื้นผิว (Response Surface Methology).....	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	9
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	9
3.2 อุปกรณ์.....	10
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	10
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	14
4.1 การศึกษาคุณลักษณะของน้่านมข้าว.....	14
4.2 ผลการศึกษาของระยะเวลาการแช่ในน้ำเย็นต่อการเกิดเจลของไรซ์บอล.....	14
4.3 ผลการศึกษาผลของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อการเกิดเจลของไรซ์บอล.....	18
4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของไรซ์บอลโดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	23
4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	26
บรรณานุกรม.....	27
ภาคผนวก.....	29
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	30
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี.....	33
ภาคผนวก ค การเตรียมน้ำกะทิบัวลอย.....	38
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	2
2.2	3
2.3	8
3.1	12
4.1	14
4.2	15
4.3	15
4.4	18
4.5	19
4.6	19
4.7	22
4.8	23
4.9	23
4.10	24
4.11	24
4.12	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ผลิตภัณท์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (ก) ผลิตภัณท์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (ข)	5
2.2 ลักษณะโครงสร้างของอัลจินต: มอโนเมอร์ของอัลจินต (ก) โครงสร้างรูปสายโซ่ (ข) และการกระจายตัวของบล็อก (ค)	6
3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าว.....	10
4.1 จุ่มน้ำนมข้าวที่ผสมโซเดียมอัลจินตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....	17
4.2 ตัวอย่างไรซ์บอลที่เตรียมได้.....	17
4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตแสดงผลของความเข้มข้นโซเดียมอัลจินต (X_1) และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (X_2) ต่อค่าความแข็ง (ก), น้ำหนัก (ข) และขนาด (ค) ของไรซ์บอล	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นธัญพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก ซึ่งประชากรนิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ข้าวสี (Pigmented rice) คือข้าวที่มีรงควัตถุกระจายอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ทำให้เมล็ดมีสีทางธรรมชาติที่แตกต่างกัน โดยรงควัตถุหลักๆ คือกลุ่มของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ข้าวสีเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลหลายชนิด โดยสารประกอบฟีนอลมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคหลายประการ รวมถึงมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ (Deng และคณะ, 2013)

ในปัจจุบันการนอกจากการทำอาหารให้มีรสชาติที่ดี คุณค่าโภชนาการที่สมบูรณ์ การนำเสนออาหารในรูปแบบลักษณะที่แปลกใหม่ ก็เป็นที่สนใจของผู้บริโภค จึงเป็นความคิดที่จะนำผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวมาทำการขึ้นรูปในลักษณะของทรงกลม เรียกว่า ไรซ์บอล (Rice ball) มีลักษณะที่เป็นของแข็ง สามารถเคี้ยวแทนการบริโภคโดยการต้ม ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตกแต่งอาหาร หรือรับประทานควบคู่กับเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทดลองผลิตไรซ์บอล โดยศึกษาหาสภาวะของการขึ้นรูป รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นต่อคุณภาพของไรซ์บอล
- 1.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพไรซ์บอล
- 1.2.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 เข้าใจถึงเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม
- 1.3.2 เพื่อทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไรซ์บอล
- 1.3.3 ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ออกสู่ท้องตลาด
- 1.3.4 เพิ่มช่องทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีการบริโภคผลิตภัณฑ์ไรซ์บอลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวหอมนิล

พันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอันดับแรกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิต หากพันธุ์ข้าวให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด มีความต้านทานต่อโรคแมลงและมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่นแล้ว จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าวหรือเป็นการลดต้นทุนการผลิตข้าวได้เป็นอย่างดี (กรมการข้าว, 2556)

2.1.1 ความเป็นมาของข้าวหอมนิล

ข้าวหอมนิลเป็นผลผลิตของศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติหรือไบโอเทคและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์พัฒนาขึ้นร่วมกับประเทศจีนแต่นำมาปลูกในประเทศไทยเกิดการกลายพันธุ์ข้าวเหนียวเป็นข้าวเจ้าผ่านการผสมกับข้าวขาวดอกมะลิและคัดเลือกพันธุ์หลายปีจนได้ข้าวหอมนิล ที่อุดมไปด้วยคุณค่าสูงกว่าข้าวที่ปลูกทั่วไปข้าวหอมนิลเป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงแตกกอดีและสามารถปลูกได้ตลอดปี

2.1.2 คุณค่าทางอาหารของข้าวหอมนิล

ข้าวหอมนิลเป็นข้าวกล้องเรียวยาวสีม่วงเข้มข้าวกล้องเมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียว และมีกลิ่นหอมคุณสมบัติที่สำคัญของข้าวหอมนิลคือข้าวกล้องมีโปรตีนสูงถึง 12.56 เปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอะไมโลส 16 เปอร์เซ็นต์และยังประกอบไปด้วยธาตุเหล็กสังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียมซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ (ตารางที่ 2.1) และปริมาณวิตามินบางชนิดในข้าวเจ้าหอมนิลซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวขัดขาวและข้าวสาลี (ตารางที่ 2.2)(อภิชาติ, 2544)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมนิลและข้าวหอมมะลิ 105

Nutrition	Black jasmine rice (Hom Nil)	Jasmine rice (Mali 105)
Protein (%)	12.56	6.00
Carbohydrate (%)	70.00	80.00
Iron (%)	3.26	-
Zinc (mg./100g.)	2.90	-
Calcium (mg./100g.)	4.20	-
Potassium (mg./100g.)	339.40	-
Copper (mg./100g.)	0.10	-

ที่มา: Chrispeels, M.L. and E.S. David. (1994) อ้างในอภิชาติ วรรณวิจิตร (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 คุณประโยชน์ของข้าวหอมนิล

ข้าวหอมนิลมีเม็ดสีม่วงดำ เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสีของเม็ดสี สีม่วงดำจะประกอบไปด้วย สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นรงควัตถุที่พบในธัญพืชชนิดต่างๆ ที่มีสีแดง ม่วงถึงดำโดยพบอยู่บริเวณเยื่อหุ้มชั้นนอก (Pericarp) และเยื่อหุ้มเมล็ด (Aleurone layer) ของธัญพืช (Hu และคณะ, 2003; Abdel-Aal และคณะ, 2006)

2.1.4 แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน เป็นคำมาจากภาษากรีก โดยมาจากคำว่า *Anthos* หมายถึงดอกไม้ และ *Kyanos* หมายถึงสีน้ำเงิน ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารสีสำคัญที่พบในพืชหลายชนิด ทั้งดอกไม้ ผักและผลไม้ รวมถึงธัญพืช สารสีแอนโทไซยานินมองเห็นด้วยตามนุษย์ เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Kong และคณะ, 2003)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวิตามินของข้าวหอมนิล, ข้าวขาว และข้าวสาลี

Vitamins	Black jasmine rice (Hom Nil)	White rice	Wheat
B1 (mg./100g.)	0.34	0.07	0.57
B2 (mg./100g.)	0.05	0.03	0.12
B3 (mg./100g.)	4.70	1.60	7.40
B6 (mg./100g.)	0.62	0.04	0.36
Folic acid (microgram/100g.)	20.00	16.00	78.00

ที่มา: Chrispeels, M.L. and E.S. David. (1994) อ้างในอภิชาติ วรณวิจิตร (2544)

2.2 น้านมข้าว

คนไทยจำนวนมากมักพบปัญหาการแพ้นมวัว ซึ่งนับเป็นปัญหาใหญ่ และจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขโดยด่วน ซึ่งวิธีการแก้ไขที่ง่ายที่สุดก็คือ การหลีกเลี่ยงการดื่มนมวัวนั้นๆ อย่างไรก็ตาม ก็ยังจำเป็นต้องได้รับแคลเซียมหรือวิตามินดีเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งหนึ่งในอาหารที่สามารถใช้ในการทดแทนเครื่องดื่มนมวัวก็คือ น้านมข้าว ซึ่งไม่มีองค์ประกอบของน้ำตาลแลคโตส ผู้ป่วยที่มีอาการ Lactose intolerance หรือกลุ่มอาการที่ขาด Lactase ที่ทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลในนมวัว จึงสามารถรับประทานน้านมข้าวทดแทนนมวัวได้ ส่วนโปรตีนในนมข้าวก็คือโปรตีนเคซีนในนมวัวหรือโปรตีนจากถั่ว การรับประทานน้านมข้าวมีความปลอดภัยจากการดัดแปลงทางพันธุกรรม (GMOs) มากกว่าการรับประทานนมถั่วเหลือง ที่ส่วนใหญ่จะถูกดัดแปลงพันธุกรรมมาแล้วทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม การรับประทานน้านมข้าวก็ยังมีข้อด้อยกว่านมวัวตรงชนิดของกรดอะมิโน โดยกรดอะมิโนที่พบในน้านมข้าวจะไม่ครบถ้วนเหมือนในนมวัว โดยนมข้าวจะขาดกรดอะมิโนสำคัญอย่าง Lysine และ Threonine ไป ทำให้ร่างกายจำเป็นต้องไปหาสารอาหารตัวนี้จากแหล่งอาหารอื่นแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุปแล้ว นมข้าวก็ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับคนที่ต้องการควบคุมไขมัน, คอเลสเตอรอล แต่ยังคงต้องการสารอาหารที่มีประโยชน์คล้ายกับที่ได้รับในนมวัวอยู่ แม้ว่าในนมข้าวอาจจะมีสารอาหารบางอย่างที่พร่องไป แต่ก็ถือว่าเป็นเครื่องดื่มที่เหมาะสมสำหรับคนที่มีปัญหาเรื่องระบบการย่อยอาหาร และผู้ที่ต้องการมีสุขภาพที่ดี

2.3 การขึ้นรูปทรงกลม

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม คือ กระบวนการห่อหุ้มของเหลวด้วยเจลให้เป็นทรงกลม เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในอาหารสมัยใหม่ (Modernist cuisine) เพราะว่าการทรงกลมเล็กๆ ที่ได้จะมีรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายไข่ปลาคาเวียร์ หรือทรงกลมขนาดใหญ่จะมีลักษณะคล้ายกับลูกแก้ว สามารถนำมาจัดจานอาหารในแนวที่ทันสมัยแบบ “Molecular” โดยเป็นส่วนประกอบในเมนูอาหารทั้งคาวและหวาน

เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในธุรกิจบริการอาหารครั้งแรกในปี 2003 จากร้านอาหารเอลบูยี่ ประเทศสเปน โดยพ่อครัวชาวรัสเซียชื่อ เฟอราโน อาเดรีย จนกลายเป็นต้นแบบให้กับพ่อครัวในปัจจุบัน การขึ้นรูปทรงกลมมีพื้นฐานจากการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ขึ้นรูปอาหารเหลว เช่น น้ำผลไม้ สารสกัดจากเครื่องเทศ ซอส และนม เป็นต้น ให้มีรูปร่างกลม เช่น การใช้ไซโตเดียมอัลจินเตสละลายในอาหารเหลว หยดส่วนผสมอาหารเหลวลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นแคลเซียมอัลจินเตสซึ่งมีลักษณะกลม ซึ่งการขึ้นรูปทรงกลมสามารถทำให้มีขนาดของทรงกลมแตกต่างกันได้ และมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ได้แก่ คาเวียร์ (Caviar), ไข่ (Egg), น็อคชี (Gnocchi), ราวิโอลี (Ravioli) เป็นต้น ลักษณะทรงกลมที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีเยื่อหุ้มบางๆ รอบๆ ของอาหารเหลว เมื่อกดในปากเพียงเล็กน้อยจะทำให้ทรงกลมนั้นแตกออกมาและเกิดกลิ่นรสที่น่าประหลาดใจขึ้น การขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธี ได้แก่ (Myhrovold และคณะ, 2011)

2.3.1 การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (Basic spherification)

การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน เป็นเทคนิคที่ใช้การจุ่มของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีไซโตเดียมอัลจินเตสผสมจุ่มลงในสารละลายแคลเซียม แคลเซียมไอออนจะทำการจับกับอัลจินเตสเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายภายในโมเลกุล เกิดกระบวนการเกิดเจลของแคลเซียมอัลจินเตส (รุ่งนภา และ Miyawaki, 2541) เจลที่ก่อตัวขึ้นจะเกิดเป็นเยื่อหุ้มรอบของทรงกลม มีความเปราะบาง การเกิดเจลจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง แม้จะนำออกจากสารละลายแคลเซียมหรือล้างแล้วก็ตาม ส่งผลให้ทรงกลมมีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นหากไม่ต้องการให้ทรงกลมเป็นเจลทั้งเม็ดควรรับประทาน หรือเสิร์ฟอย่างรวดเร็ว ข้อจำกัดของการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐานคือของเหลวหรืออาหารเหลวจะต้องไม่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง และของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีสภาวะความเป็นกรดสูง แต่สามารถเติมไซโตเดียมซีเตรทลงในอาหารเหลวเพื่อลดระดับความเป็นกรดในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)

การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ เป็นเทคนิคที่น่าทึ่งของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีส่วนผสมของแคลเซียมแลคเตท หรือแคลเซียมกลูโคเนตผสมกับโซเดียมอัลจินต การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้มากกว่าแบบพื้นฐาน โดยเฉพาะอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมและแอลกอฮอล์สูง เยื่อหุ้มเซลล์ทรงกลมจะมีความหนามากกว่าวิธีพื้นฐาน และสามารถหยุดการเกิดเจลได้เมื่อนำมาล้างน้ำ ข้อเสียคือ เจลจะค่อนข้างขุ่น เนื่องจากการผสมแคลเซียมแลคเตทลงไปของเหลว เทคนิคนี้มักใช้ในรูปของการทำไส้เค้ก, กะทิขึ้นรูปทรงกลม เป็นต้น



(ก)

(ข)

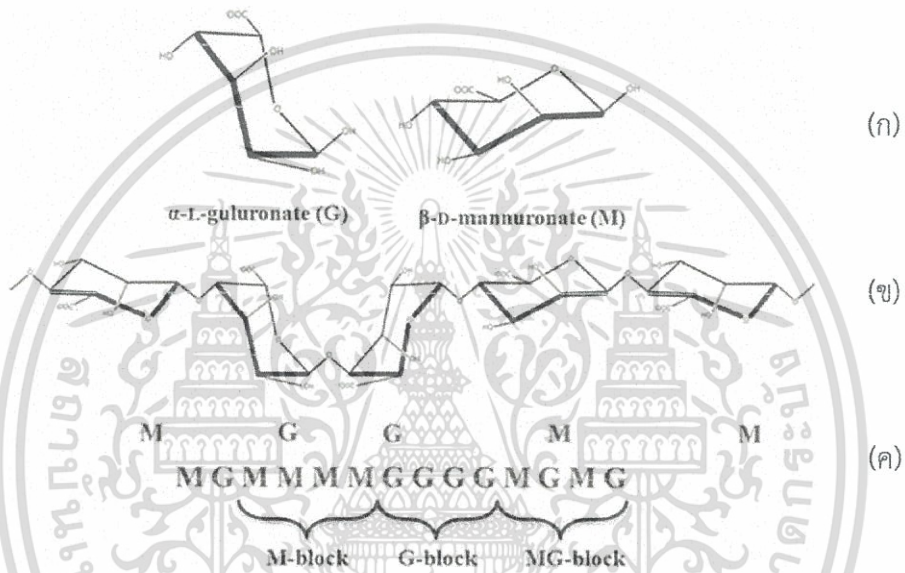
ภาพที่ 2.1 ผลลัพธ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (ก) ผลลัพธ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (ข)

ที่มา: Myhrovold และคณะ, 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อัลจิเนต

อัลจิเนต (Alginate) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างในผนังเซลล์สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) โดยอยู่ในรูปสารประกอบเกลือผสมของแคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และโพแทสเซียมของกรดอัลจินิก (Alginic acid) ซึ่งไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุล 20,000–60,000 Da โครงสร้างเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรม สาหร่ายที่ใช้ ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจิเนตประมาณร้อยละ 14-19 ปริมาณที่พบจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย, ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต (นิธิยา, 2557)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของอัลจิเนต: โมโนเมอร์ของอัลจิเนต (ก) โครงสร้างรูปสายโซ่ (ข) และการกระจายตัวของบล็อก (ค)
ที่มา: Faas M. และคณะ, 2014

2.4.1 การเกิดเจลของอัลจิเนต

อัลจิเนตสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่ออยู่ในสารละลายไอออนของโลหะโพสิทีฟ เช่น อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}), แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) การตรึงเซลล์ด้วยแคลเซียมอัลจิเนตทำได้โดยผสมเซลล์ลงในสารละลายอัลจิเนต แล้วหยดลงในในละลายแคลเซียมคลอไรด์ จะเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนตทันที และหลังจากนั้นควรแช่เจลไว้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์อีกอย่างน้อย 20 นาที เพื่อให้เกิดเจลอย่างสมบูรณ์ คุณสมบัติของเจลที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอัลจิเนตที่ใช้ โดยอัลจิเนตที่มี G residues สูงจะทำให้เกิดเจลที่มีความแข็งแรงสูงด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไอออนของโลหะและปริมาณเซลล์ที่ใช้ด้วย ในส่วนของค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดต่าง หากสารละลายมีค่าความเป็นกรดต่างที่ต่ำกว่า 5 จะส่งผลทำให้อัลจินต์มีความขุ่นเหนียวมากขึ้น จากกรดอัลจินิก เนื่องจากการกระจายตัวที่ลดลงและอาจมีการตกตะกอนเกิดขึ้นด้วย (Onsoyen, 1997)

2.5 วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว (Response Surface Methology)

วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว (Response Surface Methology ; RSM) คิดค้นโดย Box ในปี ค.ศ. 1948 เป็นวิธีการที่ใช้เทคนิคทางสถิติ และคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ หรือใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิม สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆได้ดี เพื่อหาคุณลักษณะของคุณภาพ (Quality characteristic) ของผลิตภัณฑ์ ที่เรียกว่า ตัวแปรตอบสนอง (Response) หรือผลลัพธ์ โดยในการศึกษาหาความสัมพันธ์กับปัจจัยการทดลองจะต้องมีการวางแผน และออกแบบการทดลองให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลด้วย เทคนิคทางสถิตินี้ใช้แผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot)(อนุวัตร, 2552)

การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Full fraction factorial ที่อาศัยค่ากลางของข้อมูลจากระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองสูงสุด โดยนิยมออกแบบการทดลอง 2 วิธี คือ Central Composite Design (CCD) และ Box – Behnken Design (BBD) โดยใช้การกระจายระดับข้อมูลออกจากศูนย์กลาง เพื่อศึกษาระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองสูงสุด การออกแบบการทดลองแบบ BBD จะเน้นที่จุดรอบๆค่ากลางโดยไม่รวมค่าการกระจายในระดับแกน (Axial point) และค่าที่มุม (Factorial point) ทำให้ค่าคงที่ที่ได้ครอบคลุมปลายสุดของระดับปัจจัย ดังนั้นการออกแบบการทดลองแบบ CCD จึงได้รับความนิยมมากกว่า (Myers และคณะ, 2009)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการ RSM สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + E \quad (1)$$

โดยที่ค่า Y คือ ค่าตอบสนอง (Response) ซึ่งเป็นตัวแปรตาม และ X_1, X_2, \dots, X_k คือ ตัวแปรที่สนใจซึ่งเป็นตัวแปรต้น E = error term ของความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันของตัวแปร ซึ่งมักใช้สมการลำดับที่หนึ่ง (First order model) หรือสมการลำดับที่สอง (Second order model) หรือสมการพหุนาม (Polynomial model) เป็นตัวอธิบาย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ

การหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (Optimization) โดยใช้ Desirability function ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่คิดค้นโดย Harrington ในปี ค.ศ. 1965 ต่อมา Derringer และ Suich (1990) ได้ทำการพัฒนาการใช้งานเพิ่มขึ้น โดยค่า Desirability เป็นค่าความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณแยกเป็นส่วนๆหรือทีละค่าตอบสนอง (Response) ค่า Desirability ของแต่ละค่าตอบสนองจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-1 ค่ามาตรฐานของ Desirability ที่สัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของค่า Desirability ที่สัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Standard Estimate	Desires	Quality of product
1.00	Excellent	The ultimate in satisfaction of quality and improvement beyond this point have no appreciable value
1.00-0.80	Very good	Acceptable and excellent. Represent unusual quality, or Performance, well beyond anything commercially available
0.80-0.63	Good	Acceptable and good, represent an improvement over the best commercially quality, the latter having the value of 0.63
0.63-0.37	Satisfactory	Acceptable but poor quality is acceptable to the specification limits, but improvement is desired
0.37-0.20	Bad	Unacceptable. Materials of this quality would lead of failure of the project
0.20-0.00	Very bad	Complete unacceptable

ที่มา: Harington (1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

ข้าวกล้องหอมนิล สายพันธุ์มะลิสีสุรินทร์ 7 จังหวัดสุรินทร์ เก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม (2558)

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจิเนต (Food grade) บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด
แคลเซียมคลอไรด์ (Food grade) บริษัท นิวตริชั่น จำกัด (ไทย)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.3.1 หม้อสแตนเลสพร้อมฝาปิด

3.1.3.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Ohaus, USA)

3.1.3.3 ลังถึง

3.1.3.4 นาฬิกาจับเวลา

3.1.3.5 Hand blender

3.1.3.6 เข็มฉีดยา (Syringe)

3.1.3.7 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.3.8 Hot plate and Stirrer

3.1.3.9 แท่งแม่เหล็ก

3.1.3.10 ซ้อนตวงสาร

3.1.3.11 หัวตะกร้อ

3.1.3.12 แท่งแก้ว

3.1.3.13 กระจกอนสแตนเลส

3.1.3.14 ปีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร

3.1.3.15 บิวเรตและขาตั้ง

3.1.3.16 ลูกแก้ว (Boiling chip)

3.1.3.17 Aluminium can

3.1.3.18 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.3.19 ครุชีเปิด

3.1.3.20 ที่คีบ (Tong)

3.1.3.21 Kjeldahl flask

3.1.3.22 Erlenmeyer flask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, China)
- 3.2.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น TE214S, Switzerland)
- 3.2.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems Texture Analyzer, TA-X2i)
- 3.2.4 เครื่องวัดค่าสี (รุ่น CR 300; Minolta, Japan)
- 3.2.5 เครื่องวัดค่าความหนืดแบบดิจิตอล (Viscometer; Brookfield DV-III ULTRA)
- 3.2.6 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven; Binder, Germany)
- 3.2.7 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet รุ่น SOX406, China)
- 3.2.8 เครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt Vapodest รุ่น VAP30, Germany)
- 3.2.9 เตาเผา (Muffle Furnace; Nabertherm LT40, Germany)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมนิล

นำข้าวกล้องหอมนิล สายพันธุ์มะลิชนิดสุรินทร์ 7 ที่เก็บเกี่ยวใหม่ในเดือนตุลาคม (ข้าวใหม่) ที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออกแล้ว นำมาบดด้วยเครื่อง Pin mill (Sieve 80 mesh) แล้วมาทำการเก็บรักษาโดยบรรจุใส่ถุงสุญญากาศ (Vacuum Bag) ที่ทำจากพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเคลือบไนลอน (PA) ขนาดกว้าง 7x11 นิ้ว ถูกละ 1 กิโลกรัมแล้วปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Vacuum sealer) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

3.3.2 การเตรียมน้ำนมข้าว

นำแป้งข้าวกล้องหอมนิลที่ได้มาทำการผสมกับน้ำกรอง ในอัตราส่วน 1:10 (w/w) ใส่ในหม้อสแตนเลสปิดฝาสนิท จากนั้นนำไปให้ความร้อน โดยวางในลังถึงที่ต้มน้ำที่อุณหภูมิ 75 – 80 องศาเซลเซียส แล้วปั่นน้ำนมข้าว ด้วย Hand blender ทุกๆ 10 นาที จนครบเวลา 100 นาที แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

แป้งข้าวกล้องหอมนิล+น้ำกรอง (อัตราส่วน 1:10)



นึ่งสารละลายในลังถึงโดยความร้อนจากไอน้ำ จนน้ำนมข้าวมีอุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส



ปั่นผสมสารละลายด้วยเครื่องปั่นมือถือ (Hand blender) ทุกๆ 10 นาที จนครบ 100 นาที



น้ำนมข้าว

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การผลิตโรซ์บอล

ทำการละลายโซเดียมอัลจิเนตปริมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนักของน้ำนมข้าว ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยการใช้เครื่อง Hot plate and Stirrer และแท่งแม่เหล็ก ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงหรือจนหมดฟอง จากนั้นเติมน้ำนมข้าวที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.2 ลงในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ใช้เครื่องปั่นมือถือ (Hand Blender) หัวตะกร้อตีผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนฟองลอยขึ้นด้านบน จากนั้นกรองฟองออกด้วยกระชอนสแตนเลส ทำการเตรียมสารละลายแคลเซียม โดยการนำแคลเซียมคลอไรด์ละลายในน้ำปริมาตร 250 มิลลิลิตร

การขึ้นรูปทรงกลมทำได้โดยใช้ไซริงค์คูดน้ำนมข้าวที่ผสมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงในช้อนตวงสารขนาด 1 ช้อนโต๊ะ แล้วแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไว้เป็นเวลาประมาณ 20 นาที จนโรซ์บอลมีลักษณะแข็งทั้งเม็ด จากนั้นช้อนโรซ์บอลที่ได้ ล้างด้วยน้ำสเตรอไรซ์และสะเด็ดน้ำให้แห้ง จากนั้นนำไปใส่ภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และบรรจุน้ำที่ผ่านการสเตรอไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงมาจากวรรณวิมล พุ่มโพธิ์, 2558)

3.3.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ในน้ำเย็นต่อคุณภาพของโรซ์บอล

ทดลองทำโรซ์บอลตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยทำโรซ์บอลปริมาตร 2 มิลลิลิตร โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.75 และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 นำโรซ์บอลที่ผลิตได้ไปใส่ภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และทำการบรรจุน้ำที่ผ่านการสเตรอไรซ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของโรซ์บอลโดยสุ่มที่เวลา 0, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18 และ 19 ชั่วโมง เพื่อเลือกเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทรงกลมเป็นเจลสมบูรณ์

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของโรซ์บอล

3.3.4.1 วิเคราะห์น้ำหนักของโรซ์บอลด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.3.4.2 วิเคราะห์ขนาดของโรซ์บอลด้วยเวอเนียร์คาลิเปอร์แบบดิจิทัล (Digital vernier caliper)

3.3.4.3 วิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของโรซ์บอลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA – X2i) โดยทำการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness)

3.3.5 ศึกษาผลของความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของโรซ์บอล

ทดลองทำโรซ์บอลตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.5, 1.75 และ 2 และแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1.5, 1.75 และ 2 โดยใช้เวลาในการแช่ในน้ำเย็นตามเวลาที่เลือกจากข้อ 3.3.4 และทำการวิเคราะห์คุณภาพของโรซ์บอลที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 3.3.4

วางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Method, RSM) สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 เทคนิคทางสถิติใช้แผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่สนใจ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม (Optimization) ของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีทางสถิติ คือ วิธีการกำลังสองที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(The least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยฟังก์ชันที่เรียกว่า Fitted response function ดังแสดงในสมการ (2)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (2)$$

เมื่อ Y คือการทำนายค่าของตัวแปร (Response) คือ ขนาด, น้ำหนัก และค่าความแข็งของทรงกลม ในขณะที่ X_1 คือ Sodium alginate level X_2 คือ Calcium chloride level

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

RUN	Sodium alginate (%)	CaCl ₂ (%)
1	1.5	1.5
2	1.5	1.75
3	1.5	2
4	1.75	1.5
5	1.75	1.75
6	1.75	1.75
7	1.75	1.75
8	1.75	1.75
9	1.75	1.75
10	1.75	2
11	2	1.5
12	2	1.75
13	2	2

3.3.6 การทดสอบความชอบของไรซ์บอลโดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดลองทำไรซ์บอล ตามสภาวะที่คัดเลือกจากข้อ 3.3.5 โดยแบ่งออกเป็นสามระดับคือ Hard, Medium และ Soft และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale เมื่อ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด โดยทดสอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหอมข้าว เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทดสอบโดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน (n=30) โดยทำการเตรียมตัวอย่างในรูปแบบของหวาน รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ค. เพื่อเลือกระดับของไรซ์บอลที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล

นำไรซ์บอลจากข้อ 3.3.6 ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์องค์ประกอบของไรซ์บอล โดยทำการวิเคราะห์

3.3.7.1 ความชื้น (Moisture) ตามวิธีการของ AOAC (2012) รายละเอียดดังภาคผนวก ข.1

3.3.7.2 เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (2012) รายละเอียดดังภาคผนวก ข.2

3.3.7.3 โปรตีน (Protein) ตามวิธีการของ AOAC (2012) รายละเอียดดังภาคผนวก ข.3

3.3.7.4 ไขมัน (Fat) ตามวิธีการของ AOAC (2012) รายละเอียดดังภาคผนวก ข.4

3.3.7.5 คาร์โบไฮเดรต (Total carbohydrate) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

3.3.8 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำนมข้าว

การศึกษาคูณลักษณะของน้ำนมข้าว ทำโดยการเตรียมน้ำนมข้าวตามขั้นตอนข้างต้น จากนั้นนำน้ำนมข้าวที่เตรียมได้มาทำการวิเคราะห์ค่าความหนืด, ค่าสี และค่าของแข็งทั้งหมดในสารละลาย (Total soluble solid) โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของน้ำนมข้าว

คุณลักษณะ	ค่าที่ตรวจวัดได้
Viscosity* (cP)	1936.5
ค่าสี	
L*	40.33
a*	11.84
b*	-0.49
Total soluble solid (°Brix)	7

หมายเหตุ: * ค่าความหนืดของน้ำนมข้าว ที่ระดับ RPM=100

4.2 ผลการศึกษาของระยะเวลาการแช่ในน้ำเย็นต่อการเกิดเจลของไรซ์บอล

การศึกษาคูณผลของระยะเวลาการแช่ในน้ำเย็นต่อการเกิดเจลของไรซ์บอล ทำได้โดยการเตรียมไรซ์บอลโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนักน้ำนมข้าวทั้งหมด นำไรซ์บอลที่เตรียมได้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ น้ำหนัก, ขนาดของไรซ์บอล และค่าความแข็ง โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของไรซ์บอลโดยสุ่มที่เวลา 0, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18 และ 19 ชั่วโมง เพื่อเลือกเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทรงกลมเป็นเจลสมบูรณ์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 ถึง 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลของระยะเวลาในการแช่ในน้ำเย็นต่อน้ำหนัก, ขนาดและค่าความแข็งของไรซ์บอลล

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ความแข็ง (กรัม•แรงกด)
0	1.82±0.06 ^a	13.74±0.69 ^{ab}	987.34±73.75 ^a
5	1.96±0.10 ^b	13.40±0.28 ^a	1088.30±83.96 ^b
10	1.96±0.11 ^b	13.66±0.03 ^{ab}	1100.00±50.51 ^b
12	2.15±0.20 ^{cd}	14.04±0.47 ^{bcd}	1104.70±66.55 ^{bc}
14	2.09±0.10 ^c	14.09±0.49 ^{bcd}	1126.00±69.17 ^{bc}
15	2.17±0.08 ^{cd}	14.03±0.70 ^{bcd}	1215.30±68.76 ^{de}
16	2.17±0.08 ^{cd}	13.88±0.66 ^{bc}	1147.50±91.13 ^{bc}
17	2.24±0.07 ^{de}	13.90±0.55 ^{bc}	1169.20±80.85 ^{cd}
18	2.19±0.05 ^{de}	14.27±0.23 ^{cd}	1213.30±48.66 ^{de}
19	2.28±0.11 ^e	14.45±0.24 ^d	1258.80±31.79 ^e

หมายเหตุ: ^{a-d} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

ตารางที่ 4.3 ผลของระยะเวลาในการแช่ในน้ำเย็นต่อค่าสีของไรซ์บอลล

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	41.11±0.64 ^a	7.08±0.76 ^{bc}	8.62±0.68 ^a
5	41.37±0.45 ^{abc}	6.62±0.41 ^b	8.49±0.30 ^a
10	41.71±0.50 ^{bcd}	7.50±0.21 ^c	10.20±0.34 ^d
12	42.08±0.48 ^b	7.51±0.58 ^c	9.30±0.39 ^{bc}
14	41.88±0.47 ^{bcd}	6.67±0.74 ^b	9.03±0.58 ^b
15	41.64±0.94 ^{abcd}	7.02±0.33 ^{bc}	9.18±0.41 ^{bc}
16	41.30±0.60 ^{ab}	6.14±0.23 ^a	8.64±0.17 ^a
17	41.95±0.60 ^{cd}	7.37±0.51 ^c	9.52±0.44 ^c
18	41.82±0.49 ^{bcd}	7.20±0.39 ^c	9.41±0.38 ^{bc}
19	41.74±0.49 ^{bcd}	5.93±0.31 ^a	8.50±0.31 ^a

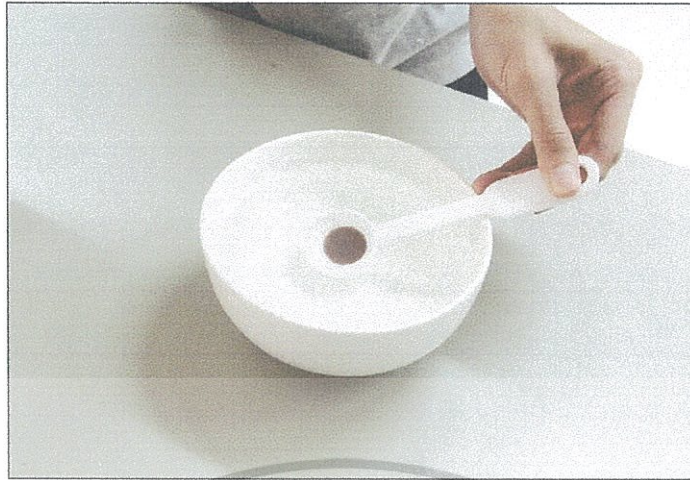
หมายเหตุ: ^{a-d} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า หลังจากจุ่มน้ำนมข้าวที่ผสมกับโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เจลจะเริ่มเกิดทันที (ภาพที่ 4.1) และดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว (Lee และ Roger, 2013) เกิดเป็นเยื่อหุ้มของเหลวที่มีลักษณะหนา และก่อตัวขึ้นเรื่อยๆ จากการแพร่ของแคลเซียมไอออนเข้าไปภายในทรงกลม แคลเซียมไอออนเป็นตัวเชื่อมระหว่างสายของอัลจิเนตทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะคล้ายกล่องวางไข่ที่จับวางซ้อนกัน (Egg-box model) สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ และเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องรสฝืดซึ่งเกิดจากแคลเซียม ในการทดลองนี้จึงได้กำหนดการแช่ไรซ์บอลในสารละลายแคลเซียมเป็นเวลา 20 นาที (Myhrovold และคณะ, 2011) จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นและการเกิดเจลจะดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องจากการสร้างโครงสร้างเพิ่มเติมด้วยการเชื่อมข้ามของพันธะไฮโดรเจน (Enrique และ Rubiolo, 2003) จนเกิดเป็นเจลสมบูรณ์ได้ทั้งหมด (ภาพที่ 4.2)

จากการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาด, น้ำหนักและความแข็งของไรซ์บอล เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) และเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นเพิ่มขึ้น ขนาดไรซ์บอลใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของไรซ์บอลเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.3) นอกจากนี้การเกิดเจลดำเนินไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างการแช่ในน้ำเย็น สามารถสังเกตได้จากค่าความแข็งของไรซ์บอลที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

การเลือกระยะเวลาการแช่น้ำเย็นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเจลสมบูรณ์ทั้งหมด และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม โดยจากผลการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 4.2 ถึง 4.3) พบว่าไรซ์บอลที่ระยะเวลาการแช่น้ำเย็นที่ 14 ชั่วโมง มีลักษณะทางกายภาพทั้งด้านขนาด น้ำหนัก และค่าความแข็ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไรซ์บอลที่ได้จากการแช่น้ำเย็นที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และมีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกระยะเวลาในการแช่ไรซ์บอล 14 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 4.1 รุ่มน้ำนมข้าวที่ผสมโซเดียมอัลจินเตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างไรซ์บอลที่เตรียมได้

4.3 ผลการศึกษาผลของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อการเกิดเจลของโรซ์บอล

การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ในการขึ้นรูปโรซ์บอล โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Method, RSM) ออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central Composite Design โดยกำหนดให้ X_1 คือความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และ X_2 คือความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ปัจจัย (Response) ที่ทำการตรวจสอบ คือ ขนาด น้ำหนัก และค่าความแข็งของโรซ์บอล โดยรายละเอียดและค่าตอบสนองปัจจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design และค่าตอบสนองปัจจัย

RUN	Sodium alginate (%)	CaCl ₂ (%)	Weight (g.)	Size (mm.)	Hardness (g. force)
1	1.5	1.5	1.91±0.10	13.61±0.25	899.6±67.96
2	1.5	1.75	2.03±0.13	14.07±0.38	1068±47.11
3	1.5	2	1.98±0.10	13.9±0.25	1185±70.48
4	1.75	1.5	2.11±0.07	14.18±0.25	1402±38.58
5	1.75	1.75	2.11±0.07	14.15±0.18	1350±40.76
6	1.75	1.75	2.06±0.08	14.17±0.23	1337±36.29
7	1.75	1.75	2.09±0.13	14.21±0.26	1364±36.16
8	1.75	1.75	2.11±0.10	14.15±0.23	1402±21.73
9	1.75	1.75	2.07±0.09	14.16±0.20	1378±29.07
10	1.75	2	1.93±0.08	14.06±0.29	1537±62.84
11	2	1.5	2.17±0.15	14.32±0.21	1111±50.17
12	2	1.75	2.26±0.15	14.54±0.30	1209±33.90
13	2	2	2.05±0.07	14.23±0.26	1382±45.81

ผลการทดลองจากข้อมูลตอบสนองของแต่ละปัจจัย พบว่าลักษณะทางกายภาพของโรซ์บอลจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (Le Roux และคณะ, 1999) โดยภาพรวมพบว่า เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตคงที่ จะส่งผลให้ค่าความแข็งของโรซ์บอลเพิ่มมากขึ้น การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนที่สูงมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการฟอร์มเจลได้รวดเร็ว โดยจะทำให้เม็ดโรซ์บอลที่ได้มีความแข็งมากขึ้นตามความเข้มข้นที่มากขึ้น และโดยภาพรวม เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์คงที่ จะส่งผลให้น้ำหนัก และขนาดของโรซ์บอลมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่สูงขึ้น จะส่งผลให้เกิดการฟอร์มเจลได้ช้าลง เป็นผลให้ปริมาณน้ำซึมเข้าสู่เม็ดในระหว่างการแช่น้ำเย็นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ขนาดและน้ำหนักของโรซ์บอลเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตอบสนองปัจจัย

Source	p-value Prob>F			
	df	Weight	Size	Hardness
Model	5	0.01*	0.00*	0.00*
A-alginate	1	0.00	0.00	0.00
B-calcium	1	0.08	0.76	0.00
AB	1	0.07	0.07	0.89
A ²	1	0.29	0.73	0.00
B ²	1	0.01	0.02	0.10
Lack of Fit	3	0.05 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.04 ^{ns}
R ²	-	0.87	0.90	0.95

หมายเหตุ: * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.6 สมการที่ทำนายจากการใช้วิธีพหุคูณกำลังสองของค่าตอบสนองของแต่ละปัจจัย

Dependent values	Equation quadratic models	R ²
Weight	$= 2.10 + 0.093(X_1) - 0.038(X_2) - 0.048(X_1X_2) + 0.031(X_1)^2 - 0.091(X_2)^2$	0.87
Size	$= 14.20 + 0.25(X_1) + 0.012(X_2) - 0.096(X_1X_2) + 0.019(X_1)^2 - 0.17(X_2)^2$	0.90
Hardness	$= 1379.76 + 91.66(X_1) + 115.17(X_2) - 3.55(X_1X_2) - 274.98(X_1)^2 + 56.52(X_2)^2$	0.95

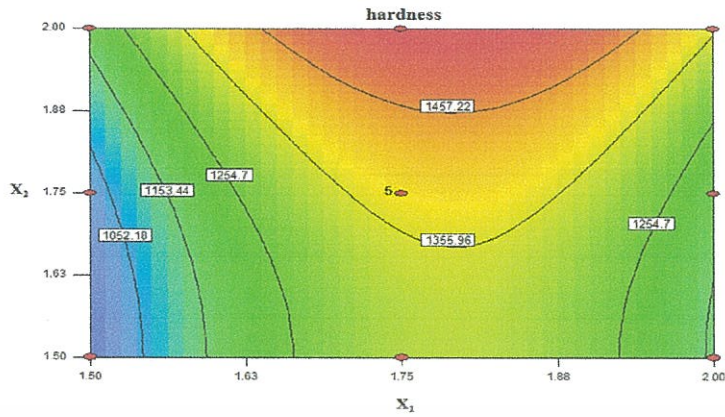
หมายเหตุ: X₁ คือ ความเข้มข้นของไฮเดียมอัลจินต

X₂ คือ ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์

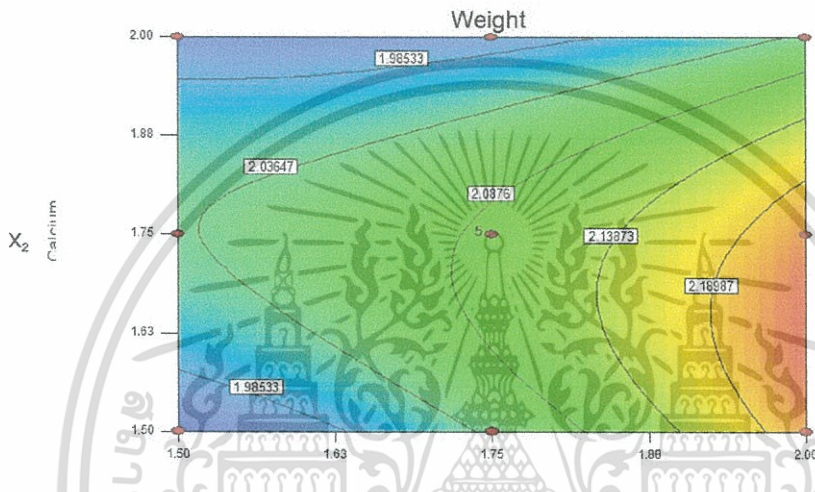
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลของค่าตอบสนองของปัจจัย มาทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เพื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อค่าตอบสนอง ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5 จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ พบว่าข้อมูลที่ได้จากค่าน้ำหนัก, ขนาด และค่าความแข็งของโรซ์บอล ให้สมการ (Model) ที่สามารถทำไปใช้ทำนายผลได้ เนื่องจากในแต่ละค่าตอบสนองข้างต้นมี Lack of fit ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (Coefficient, R^2) ของค่าตอบสนองอยู่ในช่วง 0.87-0.95 แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะนำสมการ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ซึ่งเป็นสมการกำลังสอง (Quadratic model) มาเพื่อใช้ทำนายความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อคุณภาพของโรซ์บอล และเมื่อพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่า ตัวแปรตอบสนองที่มีผลมากที่สุด คือค่าความแข็ง (Hardness) ของโรซ์บอล พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายที่มีค่ามากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.95 ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกสมการกำลังสองของตัวแปรด้านความแข็งของโรซ์บอลไปใช้ในการทำนายสถานะที่เหมาะสมในการผลิตโรซ์บอลต่อไป

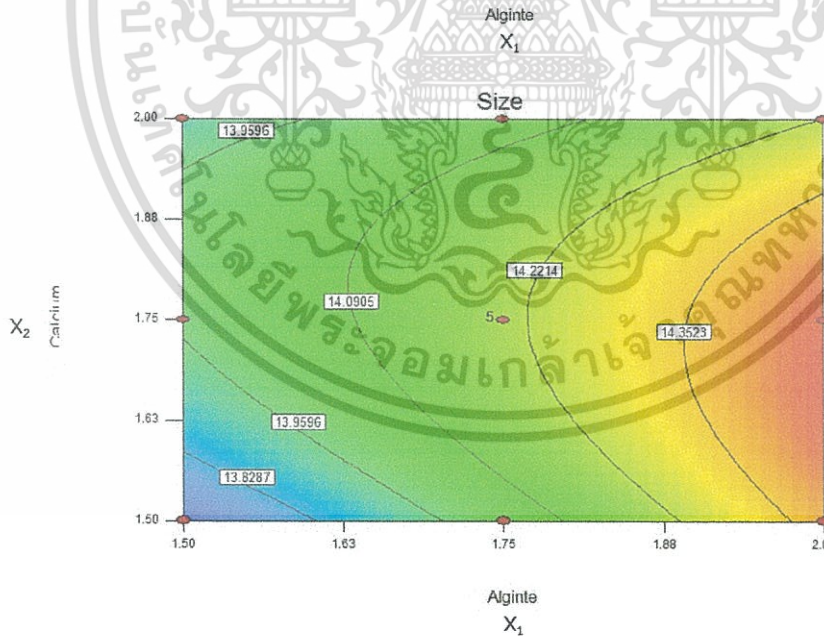
ผลของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ต่อ ขนาด, น้ำหนัก และค่าความแข็งของโรซ์บอล แสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งแสดงแผนภาพคอนทัวร์พล็อต พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดและน้ำหนักของโรซ์บอลเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของโรซ์บอลมีค่ามากขึ้น การที่ค่า ขนาด, น้ำหนัก และค่าความแข็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการขึ้นรูปทรงกลมมีพื้นฐานมาจากการอาศัยโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ในการเกิดเจล โดยเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น กระบวนการเกิดเจลจึงมีมากขึ้น (Xie และคณะ, 2003)



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อตแสดงผลของความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต (X_1) และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (X_2) ต่อค่าความแข็ง (ก), น้ำหนัก (ข) และขนาด (ค) ของไรซ์บอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำนายสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตโรซ์บอล โดยการใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนอง ในการทดลองนี้ จะพิจารณาจากค่า Desirability ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่นักวิจัยสามารถกำหนดค่าคุณลักษณะตัวแปรตามที่ต้องการได้ เช่น สูงสุด ต่ำสุด หรืออยู่ในช่วงที่กำหนด (In range) (Derring และ Suich, 1980) โดยในการทดลองนี้กำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรคือ ค่าความแข็งเท่ากับสูงสุด (Maximize), ช่วงที่กำหนด (In range=Medium) และต่ำสุด (Minimize) และความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์อยู่ในช่วงที่กำหนด (ร้อยละ 1.5-2) ซึ่งจากการกำหนดช่วงของค่าตอบสนองสามารถทำนายจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (Optimization) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโรซ์บอล เมื่อพิจารณาจากสภาวะที่ให้ค่าความแข็งของโรซ์บอลสูงสุด คือการใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.79 และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.99 และให้ค่าความแข็งจากการทำนายเท่ากับ 1549 กรัม•แรงกด และเมื่อนำสภาวะนี้ไปทดลองทำโรซ์บอล และนำไปวิเคราะห์ค่าความแข็งพบว่า ค่าความแข็งของโรซ์บอลที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 1602.08 กรัม•แรงกด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย ต่อมาพิจารณาจากสภาวะที่ให้ค่าความแข็งของโรซ์บอลอยู่ในช่วงที่กำหนด (In range=Medium) คือการใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.62 และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.62 และให้ค่าความแข็งจากการทำนายเท่ากับ 1218.51 กรัม•แรงกด และเมื่อนำสภาวะนี้ไปทดลองทำโรซ์บอล และนำไปวิเคราะห์ค่าความแข็งพบว่า ค่าความแข็งของโรซ์บอลที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 1220.14 กรัม•แรงกด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย และสุดท้ายเมื่อพิจารณาจากสภาวะที่ให้ค่าความแข็งของโรซ์บอลต่ำสุด คือการใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.50 และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.50 และให้ค่าความแข็งจากการทำนายเท่ากับ 899.60 กรัม•แรงกด และเมื่อนำสภาวะนี้ไปทดลองทำโรซ์บอล และนำไปวิเคราะห์ค่าความแข็งพบว่า ค่าความแข็งของโรซ์บอลที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 910.21 กรัม•แรงกด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย โดยทั้งสามสภาวะ (Maximize, In range=Medium, Minimize) จะให้ค่า Desirability เท่ากับ 1

ตารางที่ 4.7 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโรซ์บอล โดยมีสภาวะความแข็งของโรซ์บอลสูงสุด

Response variable	Goal	Optimization of condition		Predicted hardness (g•force)	Actual hardness (g•force)	Desirability
		Lower	Upper			
Alginate	In range	1.5	2	1.79	1.79	1
Calcium	In range	1.5	2	1.99	1.99	1
Hardness	Maximize	899.63	1537.38	1549.00	1602.08	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโรซบอล โดยมีสภาวะความแข็งของโรซบอลอยู่ในช่วงที่กำหนด

Response variable	Goal	Optimization of condition			Predicted	Actual	Desirability
		Lower	Upper	hardness (g. force)	hardness (g. force)		
Alginate	In range	1.5	2	1.62	1.62	1	
Calcium	In range	1.5	2	1.62	1.62	1	
Hardness	Target=Medium	899.63	1537.38	1218.51	1220.14	1	

ตารางที่ 4.9 การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโรซบอล โดยมีสภาวะความแข็งของโรซบอลต่ำสุด

Response variable	Goal	Optimization of condition			Predicted	Actual	Desirability
		Lower	Upper	hardness (g. force)	hardness (g. force)		
Alginate	In range	1.5	2	1.50	1.50	1	
Calcium	In range	1.5	2	1.50	1.50	1	
Hardness	Minimize	899.63	1537.38	899.63	910.21	1	

4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของโรซบอลโดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษากการยอมรับของโรซบอลในการทดลองนี้ ทำโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยการให้คะแนนความชอบแบบ 1 ถึง 9 คะแนน (9-point hedonic scale) จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน คุณลักษณะที่ทำการประเมิน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นหอมข้าว, เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เพื่อทดสอบว่าสภาวะที่คัดเลือกจากสมการทำนายจากตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 สภาวะใดเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกโรซบอลที่เตรียมจากสมการทำนายสามตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ให้ค่าความแข็งมากที่สุด (Hard), ตัวอย่างที่ให้ค่าความแข็งปานกลาง (Medium) และตัวอย่างที่ให้ค่าความแข็งน้อย (Soft) มาใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างที่ได้จากสมการทำนายสำหรับทั้งสามตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินต (X_1) และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ (X_2) ที่ได้จากสมการทำนายเพื่อใช้ในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Sample	Alginate (%)	CaCl ₂ (%)
Hard	1.79	1.99
Medium	1.62	1.62
Soft	1.5	1.5

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) ของโรซ์บอล

Sample	Appearance ^{ns}	Color	Flavor ^{ns}	Texture ^{ns}	Overall ^{ns}
Hard	7.13±0.86	7.10±1.03 ^a	6.20±1.27	6.47±0.90	6.73±1.01
Medium	7.20±0.85	7.07±1.05 ^{ab}	6.10±1.06	6.63±0.89	6.90±0.88
Soft	7.17±0.87	7.20±0.96 ^c	6.03±1.13	6.57±1.19	6.73±1.05

หมายเหตุ: ^{a-d} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$
^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 ค่าเฉลี่ย±SD (n=30)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโรซ์บอลทั้งสามตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า ทุกปัจจัย ยกเว้นด้านสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นหมายถึงผู้ทดสอบยอมรับโรซ์บอลทั้งสามตัวอย่าง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบทางลักษณะปรากฏ (Appearance), เนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบรวม (Overall) ของโรซ์บอลที่มีค่าความแข็งปานกลาง (Medium) มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสถานะที่คัดเลือกจากสมการทำนายคือ โซเดียมอัลจินตร้อยละ 1.62 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.62 ทำให้ได้โรซ์บอลที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด

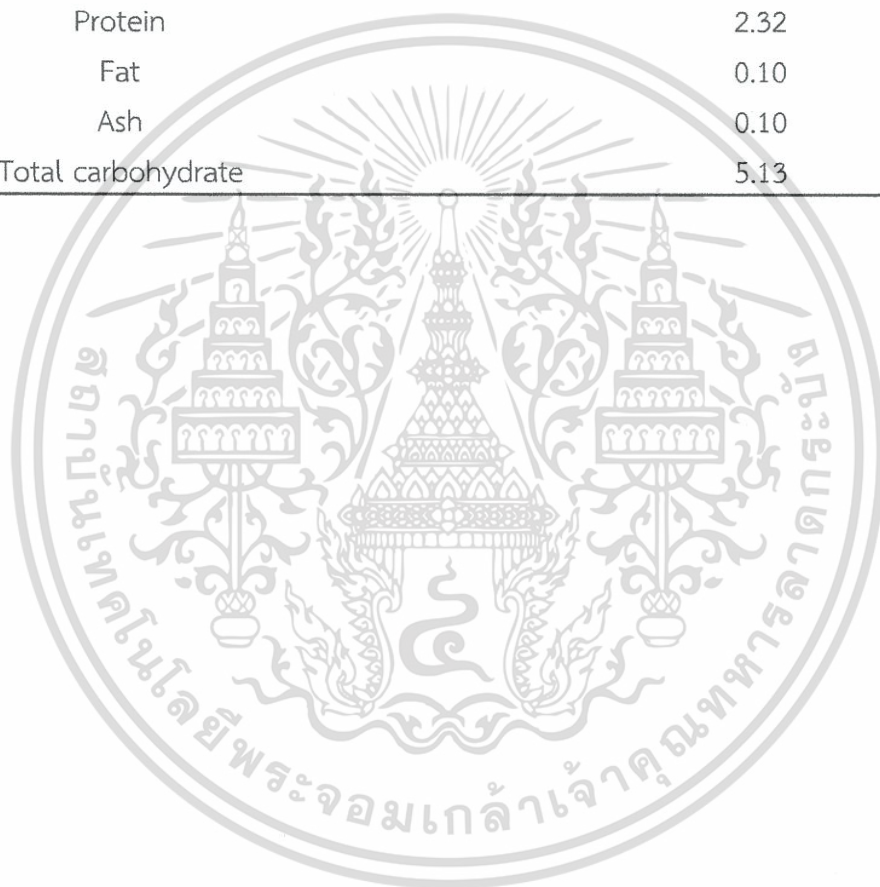
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล แสดงในตารางที่ 4.12 ไรซ์บอลมีปริมาณความชื้นร้อยละ 92.35, ปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.32, ปริมาณไขมันร้อยละ 0.10, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 5.13 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.10

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล

Chemical composition	(%)
Moisture content	92.35
Protein	2.32
Fat	0.10
Ash	0.10
Total carbohydrate	5.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของไรซ์บอลเปลี่ยนไป คือน้ำหนัก, ขนาด และค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเย็นช่วง 12-15 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงขนาด เริ่มมีความคงที่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาการแช่น้ำเย็นเพิ่มขึ้น

5.1.2 ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินเต และแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่างกัน ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของไรซ์บอลแตกต่างกัน โดยที่ความเข้มข้นอัลจินเตสูง จะส่งผลให้ น้ำหนักและขนาดของไรซ์บอลเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่หากความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์มากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแข็งของไรซ์บอลเพิ่มมากขึ้น

5.1.3 จากการศึกษาด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง พิจารณาค่าความแข็งของไรซ์บอล ที่ค่าความแข็งน้อยที่สุดปานกลาง และมากที่สุดพบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้โซเดียมอัลจินเตร้อยละ 1.5, 1.62 และ 1.79 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5, 1.62 และ 1.99 ตามลำดับ โดยที่ค่า desirability เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (R^2) เท่ากับ 0.97 สมการนี้ได้ทำนายค่าความแข็งของไรซ์บอลเท่ากับ 950.92, 1218.51 และ 1549 (กรัม•แรง) และเมื่อทำการทดสอบตามสภาวะดังกล่าวข้างต้นจะได้ค่าความแข็งของไรซ์บอลเท่ากับ 973.26, 1220.14 และ 1602.08 (กรัม•แรง)

5.1.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไรซ์บอล พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับไรซ์บอลที่มีความแข็งต่างกันทั้งสามระดับ โดยไรซ์บอลที่มีความแข็ง ปานกลาง ได้รับความชอบโดยรวมสูงสุด

5.1.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไรซ์บอล พบว่าไรซ์บอลมีปริมาณความชื้นร้อยละ 92.35 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.13 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.32 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.10 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.10

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไรซ์บอล หลังผ่านการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรซ์

5.2.2 ศึกษาการให้ความร้อนแบบสเตอริไรซ์ต่อคุณภาพของไรซ์บอล เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาของไรซ์บอลให้มากขึ้น

5.2.3 ศึกษาระยะเวลาการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อลดระยะเวลาการเกิดเจลของไรซ์บอล

บรรณานุกรม

- กนกทิพย์. 2557. สุขภาพน่ารู้: ตีมนมจากข้าว..เพื่อชีวิตที่ยืนยาวกว่า. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://www.สุขภาพน่ารู้.com/ตีมน้ำนมจากข้าว-เพื่อชีวิตที่ยืนยาวกว่า/>. 5ธันวาคม 2558. ข้าวหอมนิล: พันธุ์ข้าวพื้นเมือง. 2012.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://siamlocalrices.blogspot.com/p/blog-page_5433.html. 5ธันวาคม 2558.
- นิธิยา รัตนปนนท์. 2557. **เคมีอาหาร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 487 หน้า.
- รุ่งนภา วิสิษฐอุตรการ และ Miyawaki, O. 2541. **ผลของความเข้มข้น อุณหภูมิ และชุดโครสต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกระแสวิทยาของสารละลายแอลจินेट**. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 1-13.
- วรรณวิมล พุ่มโพธิ์. การผลิตเต้าหู้โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558.
- อนุวัตร แจ่มชัด. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.
- Abdel-Aal, E.-S.M., Abou-Arab, A.A., Gamel, T.H., Hucl, P., Young, J.C. and Rabalski. 2008. **Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties**. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 11171-11177.
- AOAC. 2012. Official Method of Analysis of AOAC International. 19th ed. Washington D.C., U.S.A.
- Ann, B., Manuel, M. and Domingo, C. 1999. **Formation of calcium alginate gel capsules: Influence of sodium alginate and CaCl₂ concentration on gelation kinetics**. Journal of Bioscience and Bioengineering. 88: 686-689
- Chan, L. W., Lee, H. Y., & Heng, W.S. P. (2005). **Mechanisms of external and internal gelation and their impact on the functions of alginate as a coat and delivery system**. Carbohydrate Polymers, 63: 176-187
- Derringer, G. and R. Suich, 1980. **Simultaneous Optimization of Several Response Variables**. Journal of Quality Technology. 12: 214-219
- Enrique, J.M. and Rubiolo, A.C. 2003. **Crosslinking kinetic of cation – hydrocolloid gels**. Chemical Engineering Journal. 94: 73-77.
- Faas, M.M. (2014). **Immunological and technical considerations in application of alginate-based microencapsulation systems**. Bioeng Biotechnol. 2: 26.
- Harington, J. 1965. **The Desirability Function**. Industrial Quality Control. 21: 494-498.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W. and Kitts, D.D. 2003. **Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51 : 5271-5277.
- KIMICA. **Alginate: Chemical Structure.** 2009. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.kimica-alginate.com/alginate/chemical_structure.html. 4 ธันวาคม 2558
- Kong, J.-M., L.-S. Chia, N.-K. Goh, T.-F. Chia and R. Brouillard. 2003. **Analysis and Biological activity of anthocyanins.** Phytochemistry (64): 923-933.
- Le Roux M. A., Farshid G., & Lori A. S. 1999. **Compressive and shear properties of alginate gel: effects of sodium ions and alginate concentration.** Journal of biomedical materials research. 47: 46-53
- Lee, P., & Rogers, M.A. (2013). **Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate.** International Journal of Gastronomy and Food Science: 96-100
- Myers, R., Montgomery, D.C. and Cook, C.M.A. 2009. **Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments.** 3rd edition. John Wiley & Sons, New Jersey. 704 pages.
- Myhrovold, N., Chris, Y., and Maxime, B.¹. 2011. **Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 2 Techniques and Equipment.** The cooking lab, USA
- Myhrovold, N., Chris, Y., and Maxime, B.². 2011. **Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 3 Animals and Plants.** Bellevue: The cooking lab, USA
- Myhrovold, N., Chris, Y., and Maxime, B.³. 2011. **Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 4 Ingredients and preparation.** Bellevue: The cooking lab, USA
- Onsoyen, E. 1997. **Alginates.** In Thickening and Gelling agent for food. 2nd edition. Blackie Academic & Professional. 22-44
- Rhim, J. W. (2003). **Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films.** Lebensm.-Wiss. U.-Technol, 37: 323-330
- Spherification Overview. 2013. [Online]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.molecularrecipes.com/spherification-class/>. 4 ธันวาคม 2558
- Xie, Z.P., Wang Jia, X.Y. and Huang, Y. 2003. **Ceramic forming based on gelation principle and process of sodium alginate.** Materials Letters. 57: 1635-1647.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก.1 การวัดสี (Chroma meter; Minolta CR – 300, Japan)

1.1 เตรียมตัวอย่างไรซ์บอล

1.2 ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; $L^*=97$, $a^*=-0.18$, $b^*=1.84$)

1.3 นำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่าทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของการวัด

1.4 บันทึกค่าสีในค่า L^* , a^* และ b^* โดยค่า

L^* คือ ค่าความสว่าง

มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

a^* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว

เมื่อ a^* มีค่าเป็นบวกเป็นสีแดง

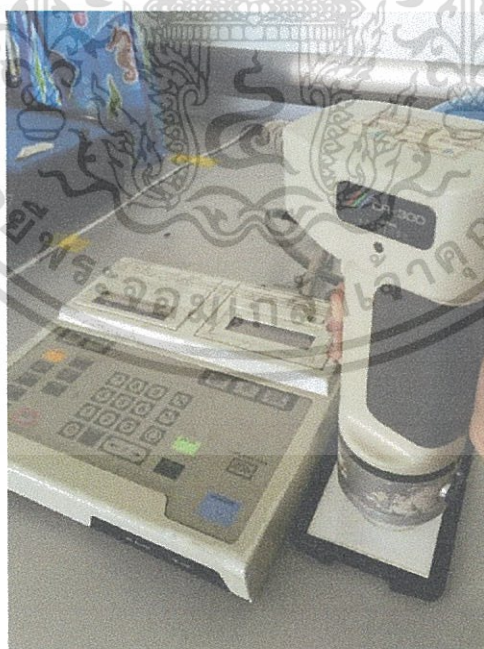
เมื่อ a^* มีค่าเป็นลบเป็นสีเขียว

b^* คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน

เมื่อ b^* มีค่าเป็นบวกเป็นสีเหลือง

เมื่อ b^* มีค่าเป็นลบเป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; $L^*=97$, $a^*=-0.18$, $b^*=1.84$) แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ ก.1 แสดงการวัดค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer

นำตัวอย่างโรซบอล จำนวน 10 เม็ด ต่อการทดลอง มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-X2i โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) เป็นระยะ (Stain) ร้อยละ 50 วิเคราะห์ค่าที่วัดได้ด้วยโปรแกรม Texture profile analysis ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของ Load cell ดังนี้

Pre-Test Speed	:	1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
Test Speed	:	5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
Post-Test Speed	:	5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที



ภาพที่ ก.2 แสดงการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

รายงานผลค่าความแข็งแรง (Hardness) ของโรซบอลในหน่วย กรัม•แรงกด ทดสอบในรูปแบบ Compression กำหนดการเคลื่อนที่ของหัววัดเป็น Return to start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield

นำนํ้านมข้าวที่ผ่านการนึ่งเป็นระยะเวลา 100 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 40°C มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Brookfield รุ่น DV-III ULTRA โดยใช้หัววัด 63

ตารางที่ ก.3.1 ความหนืดของนํ้านมข้าว ที่ 40°C

RPM	Torque (%)	Viscosity (cP)
20	20.8	5015
25	22.95	4400.5
30	24.85	3991
35	26.6	3668
40	28.25	3395
45	29.55	3156.5
50	31.1	2975.5
55	32.2	2818.5
60	33.35	2671
65	34.7	2551
70	35.1	2399
80	36.8	2199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. อะลูมิเนียมแค่น (Aluminium can)
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำ Aluminium can ใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างโรซ์บอล 3-5 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ) โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝา Aluminium can ไว้ เมื่อครบเวลาปิดฝาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (Furnace muffle)
4. Hot plate
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. เมาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึก
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไรซ์บอล 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
3. เมาตัวอย่างบน Hot plate จนหมดควัน (ทำในตู้ดูดความชื้น)
4. นำไปเผาที่ 600 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{b-a}{w} \times 100$$

เมื่อ b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

w = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. Kjeldahl flask
3. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. Erlenmer flask ขนาด 250-500 มิลลิลิตร
6. Boiling chip ขนาด 3 เม็ด

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกร้อยละ 2
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32
5. ตัวเร่ง (Catalyst) (เตรียมจาก 1:10 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์
 - เตรียมร้อยละ 0.1 Bromocresol green ใน alcohol ร้อยละ 95
 - เตรียมร้อยละ 0.1 Methyl red ใน alcohol ร้อยละ 95
 - นำร้อยละ 1Bromocresol green จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับร้อยละ 0.1 Methyl red จำนวน 1 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ Boiling chip ขนาด 2-3 เม็ดใส่ในหลอดย่อยโปรตีน
2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส โดยปล่อยให้เครื่องดูดควันออกจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 กับน้ำกลั่น ใช้กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงกรดบอริก ร้อยละ 2 ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตรหยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
4. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใส มาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N \text{ HCOL} \times 14}{\text{Wt.sample} \times 1000} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

- เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง
B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับ Blank



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) พร้อมทิมเบล (Thimble) และปีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip ขนาด 3 เม็ด

สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

1. อบปีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทำการห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบล (Extraction thimble) ตวงตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 180 มิลลิลิตร ใส่ในปีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบลที่ใส่ตัวอย่างและปีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำปีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปีโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักปีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของปีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักของปีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การเตรียมน้ำกะทิบัวลอย

ส่วนผสม

- | | |
|------------------|----------|
| 1. หัวกะทิกล่่ง | 250 กรัม |
| 2. น้ำตาลปี๊ป | 30 กรัม |
| 3. น้ำตาลทรายขาว | 20 กรัม |

วิธีทำ

- นำหัวกะทิตั้งไฟให้ร้อน สังเกตว่าเริ่มมีควันขึ้นจากกะทิ แล้วนำส่วนผสมอื่นทั้งหมดใส่เข้าด้วยกันจนกลายเป็นเนื้อเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-Point Hedonic Scale Test
แบบสอบถามที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์ไรซ์บอล (Rice ball) โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

ผลิตภัณฑ์ : Rice ball วันที่ : _____ ผู้ทดสอบ : _____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

สเกลความชอบ :

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	6 = ชอบเล็กน้อย
2 = ไม่ชอบมาก	7 = ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	9 = ชอบมากที่สุด
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

ปัจจัยคุณภาพ	ตัวอย่าง 693	ตัวอย่าง 206	ตัวอย่าง 912
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่นหอมข้าว			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์
วัน เดือน ปี เกิด	20 กันยายน 2536
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนพระราม 9 กาญจนาภิเษก สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา สำเร็จการศึกษาลัทธิสุตรวินยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท โอเอสสภา จำกัด ผลงานการวิจัย ศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์ และเอกพงษ์ กรรดิพนิชกุล. การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม. ปัญหาพิเศษหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
รางวัลที่เคยได้รับ	อันดับที่ 5 การแข่งขันพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากมะเขือเทศ งานกีฬาเปิดกระป๋อง ครั้งที่ 25 ประจำปี 2559 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 ในงาน The 2 nd AUCFA Student Seminar and Competition with The 4 th AUCFA Conference and Workshop รางวัลสร้างชื่อเสียงให้กับคณะ ประจำปี 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นายเอกพงษ์ กรรดิพนิชกุล
วัน เดือน ปี เกิด	30 กันยายน 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนกุลศิริศาสน์ สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ชลบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท ซีพีแรม จำกัด ผลงานการวิจัย ศรัณย์ภัทร มุรธาธัญลักษณ์ และเอกพงษ์ กรรดิพนิชกุล. การผลิตไรซ์บอลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม. ปัญหาพิเศษหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
รางวัลที่เคยได้รับ	รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 ในงาน The 2 nd AUCFA Student Seminar and Competition with The 4 th AUCFA Conference and Workshop รางวัลสร้างชื่อเสียงให้กับคณะ ประจำปี 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้