โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน

ชื่อนิสิต

นางสาว ฌวนา	ริมคีรี	6032515923
นางสาว นภสร	บุญส่ง	6032529723
นางสาว วรัญญา	โชติช่วง	6032561723

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน

โดย

นางสาว ฌวนา ริมคีรี
นางสาว นภสร บุญส่ง
นางสาว วรัญญา โชติช่วง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดริษ กวักเพฑูรย์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประจำปีการศึกษา 2563

Development of ready-to-eat chicken breast ball with rice bran flour high in protein rice porridge

Chawana Rimkeeree
Noppasorn Boonsong
Warunya Chotichuang

Project Advisor
Asst. Prof. Daris Kuakpetoon, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน

โดย นางสาว ณวนา ริมคีรี
นางสาว นภสร บุญส่ง
นางสาว วรัญญา โชติช่วง

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดริษ กวักเพชูรย์

ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดริษ กวักเพชูรย์)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน

โดย นางสาว ณวนา ริมคีรี

นางสาว นภสร บุญส่ง

นางสาว วรัญญา โชติช่วง

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดริษ กวักเพชูรย์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนและเพิ่มมูลค่าของแป้งรำข้าว โดยใช้ Mixture Design ในการออกแบบสูตรโจ๊กเป็น 3 สูตร ที่มีการแปรปริมาณปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว (อัตราส่วน 4 ต่อ 1) ไข่ขาวผง และแป้งรำข้าว โดยในโจ๊ก 1 ซอง น้ำหนักรวม 300 กรัม หรือหนึ่งหน่วยบริโภค ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ เนื้อโจ๊กและอกไก่ก้อน โดยเนื้อโจ๊กของโจ๊กทั้ง 3 สูตร มีปริมาณน้ำซุป ผักอบแห้ง และเครื่องปรุงเท่ากันที่ร้อยละ 59.00, 0.50 และ 0.50 ตามลำดับ เนื้อโจ๊กของโจ๊กสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียวที่ร้อยละ 22.50, 22.50 และ 21.25 ตามลำดับ และแปรปริมาณไข่ขาวผงในเนื้อโจ๊กของโจ๊กสูตรที่ 1, 2 และ 3 ที่ร้อยละ 1.88, 1.25 และ 2.50 ตามลำดับ สำหรับอกไก่ก้อนมีส่วนผสมพื้นฐานที่คงที่ คือ เนื้ออกไก่ที่ร้อยละ 10.00 โปรตีนถั่วเหลืองที่ร้อยละ 5.00 แต่แปรปริมาณแป้งรำข้าวเป็น 2 ระดับ โดยอกไก่ก้อนสูตร A ที่ใส่ในโจ๊กสูตรที่ 1 มีแป้งรำข้าวที่ร้อยละ 0.62 และอกไก่ก้อนสูตร B ที่ใส่ในโจ๊กสูตรที่ 2 และ 3 มีแป้งรำข้าวที่ร้อยละ 1.25 จากนั้นนำโจ๊กอกไก่ก้อนที่บรรจุในถุงลามิเนตปิดสนิทไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระดับสเตอริไลซ์ที่ค่า F_0 เท่ากับ 3 จากการประเมินเบื้องต้นโดยผู้วิจัยพบว่าโจ๊กทุกสูตรมีสมบัติด้านประสาทสัมผัสคล้ายคลึงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโจ๊กสูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ มีปริมาณโปรตีน 23.16 กรัมต่อ 300 กรัมของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับอาหารหนึ่งมื้อตาม Thai RDI จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์สูตรที่ 3 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ที่อายุการเก็บรักษาตลอด 2 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้นและมีสีเหลืองมากขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่ค่าของสีแดง (a*) ค่าของสีเหลือง (b*) ค่าความอิ่มตัวของสี (Chroma) และมุมของเฉดสี (Hue angle) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สำหรับความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 1 เดือนแรก และลดลงอย่างมี

นัยสำคัญ ($p<0.05$) ในเดือนที่ 2 โดยผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงกว่าผลิตภัณฑ์อ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาชี้ให้เห็นว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดน้อยกว่า 10 CFU/g และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างสปอร์และเจริญได้ในอุณหภูมิสูง (Thermophilic spore-forming) ได้แก่ กลุ่ม Thermophilic anaerobic spoilage และกลุ่ม Flat sour spoilage ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ($pH>4.6$) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอาหารมีความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน

Project Title Development of ready-to-eat chicken breast ball with rice bran flour high in protein rice porridge

Student Chawana Rimkeeree
Noppasorn Boonsong
Warunya Chotichuang

Study Program Bachelor of Science in Food Technology

Advisor Asst. Prof. Daris Kuakpetoon, Ph.D.

Academic Year 2020

ABSTRACT

This research studied the development of ready-to-eat chicken breast ball with rice bran flour high in protein rice porridge. The purposes of this research were to increase the nutritional value especially the protein content of chicken breast ball porridge product and to increase the value of rice bran flour. Mixture Design was used to design the porridge into three formulas varied in the amount of Jasmine broken-milled rice mixed with Glutinous rice (4 to 1 ratio), egg white powder and rice bran flour. One pouch of porridge with 300 grams of total weight or one serving consisted of two main components: rice and chicken breast ball. The rice component of all three porridge formulas consisted with fixed amount of soup, dehydrated vegetables and seasoning, in percentage of 59.00, 0.50 and 0.50, respectively. Rice component of the first, second and third formula contained Jasmine broken-milled rice mixed with Glutinous rice in percentage of 22.50, 22.50 and 21.25, respectively and contained egg white powder in percentage of 1.88, 1.25 and 2.50, respectively. All chicken breast ball contained a fixed amount of chicken breast at 10.00 percent, textured soy protein at 5.00 percent, but varied the amount of rice bran flour in two levels; namely, A and B. The formula A of chicken breast ball, which was used in the first porridge formula, had 0.62 percent of rice bran flour and the formula B of chicken breast ball, which was used in the second and third porridge formulas, had 1.25 percent of rice bran flour. The chicken breast ball porridge, packed in a sealed laminating pouch, was then sterilized by a sterilization process of F_0 at 3. Based on a preliminary evaluation by researchers, all three porridge formulas had similar sensory

characteristics. Therefore, the third porridge formula which contained the highest in protein content at 23.16 grams of protein per 300 grams of total weight, which was a sufficient quantity for one meal according to Thai RDI was chosen for storage studies. The changes in chemical, physical and microbiological properties of the third formula porridge during storage for 0, 1 and 2 months were evaluated. The pH value of the porridge significantly increased ($p<0.05$) during two-month storage. When stored at a longer time, the product had a darker color and was more yellow. The Redness (a*), Yellowness (b*), Saturation (Chroma) and Color angle (Hue angle) value of the product significantly increased ($p<0.05$), while the Lightness (L*) value significantly decreased ($p<0.05$). The viscosity of porridge significantly ($p<0.05$) increased in the first month and significantly ($p<0.05$) decreased in the second month. The developed rice porridge was significantly ($p<0.05$) higher in viscosity than the commercial ready-to-eat rice porridge. The results of microbiological analysis indicated that the total viable count in the porridge was less than 10 CFU/g and there was no contamination of Thermophilic spore-forming bacterias including Thermophilic anaerobic spoilage bacteria and Flat sour spoilage bacteria, which cause degradation in low acid food products (pH>4.6). The above data showed that the product was safe within two months of storage.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ก้อนผสมแป้งรำข้าวเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน เป็นส่วนหนึ่งของการสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดริษ กวักเพฑูรย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยจึงกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด บริษัท สมาร์ท ไซเอนซ์ จำกัด และบริษัท โชวารี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบบางส่วนอันได้แก่ แป้งรำข้าวคิง ไข่ขาวผง ตรา Hemomin และโจ๊ก ตรา BabyEarth ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านคำปรึกษา เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งให้โอกาสได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

นางสาว ณวนา ริมคีรี
นางสาว นภสร บุญส่ง
นางสาว วรัญญา โชติช่วง

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

2.1 ข้าว 4

2.1.1 อะไมโลส 6

2.1.2 อะไมโลเพกติน 6

2.2 รำข้าว 6

2.3 โปรตีนถั่วเหลือง 7

2.4 ไข่ขาวผง 9

2.5 ความหนืด 9

2.6 สี 9

2.7 กระบวนการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ 10

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย (Materials and methods)

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 11

3.1.1 วัตถุดิบ 11

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 11

3.1.3 วัสดุและครุภัณฑ์ 12

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 14

3.2.1 ค้นคว้าข้อมูล 14

3.2.2 วิเคราะห์และวางแผน 14

3.2.3 การดำเนินงานวิจัย 14

3.2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 14

3.2.3.2 การวางแผนออกแบบสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน 15

3.2.3.3 การผลิตโจ๊กอกไก่ก้อนตามการออกแบบ Mixture Design 18
3.2.3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมอกไก่ก้อน 18
3.2.3.3.2 ขั้นตอนการผลิตโจ๊กอกไก่ก้อนพร้อมรับประทาน 18
3.2.3.4 การบรรจุ 19
3.2.3.5 การฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ 19
3.2.3.6 การเลือกสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน 19
3.2.3.7 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน 19
3.2.3.8 การออกแบบแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ 19
3.2.3.9 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาของโจ๊กอกไก่ก้อน 20
ที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน
3.2.3.10 เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง 20
3.2.3.11 จัดทำรายงานและนำเสนอผลงานทางวิชาการ 20

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล (Results and discussion)
4.1 การทดสอบกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระดับสเตอริไลซ์ของโจ๊กอกไก่ก้อน 21
4.2 การเลือกสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน 23
4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน 23
4.4 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโจ๊กอกไก่ก้อน 24
4.5 การวัดค่าสีของโจ๊กอกไก่ก้อน 25
4.6 การวิเคราะห์สมบัติทางการไหลของโจ๊กอกไก่ก้อน 25
4.7 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร 27
4.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total viable count) 27
4.7.2 การวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหาร 27

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendations) 29

บรรณานุกรม 30

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 34
ภาคผนวก ข 40

ภาคผนวก ค 42
ภาคผนวก ง 44
ภาคผนวก จ 52

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) 2

2.1 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพข้าวสุก 5

2.2 ชนิดกรดอะมิโนในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม 7

2.3 ปริมาณสารอาหารในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม 8

3.1 ส่วนประกอบของโจ๊กอกไก่ก้อน 17

3.2 ส่วนประกอบของอกไก่ก้อน 18

4.1 ค่า F_0 ของโจ๊กอกไก่ก้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาในการฆ่าเชื้อ 35 นาที 23

4.2 ปริมาณของสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน 24

4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน 24

4.4 ค่า L* a* b* Chroma และ Hue angle ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน 25

4.5 ค่าความหนืดและ Torque ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เทียบกับผลิตภัณฑ์โจ๊กอ้างอิง 26

4.6 ค่าความหนืดของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน 26

4.7 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน 27

4.8 การเพาะสปอร์ของแบคทีเรียด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ CMM และ GTBP ที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส ในโจ๊กอกไก่ก้อน 28

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ร้อยละของอัตราส่วนวัตถุดิบที่คงที่ และวัตถุดิบที่แปรปริมาณ	16
3.2	การออกแบบ Mixture Design เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม	16
4.1	Heat penetration curve ของหม้อฆ่าเชื้อ และโจ๊กอกไก่ก้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาในการฆ่าเชื้อ 35 นาที	22

บทที่ 1

บทนำ
(Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โจ๊กเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างมากในทวีปเอเชีย เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังรับประทานง่ายและรับประทานได้ทุกมื้อ จึงทำให้โจ๊กได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง แม้การผลิตโจ๊กจะสามารถทำได้โดยง่ายแต่ก็ทำให้เสียเวลาในการปรุงแต่ละครั้ง และประกอบกับวิถีชีวิตของผู้คนในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกรวดเร็ว ผู้ประกอบการบางรายจึงผลิตผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามหากพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทานที่มีจำหน่ายทั่วไปจะพบว่าในผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภคมีปริมาณโปรตีน 5 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวันคิดเป็น 50 กรัม หรือประมาณ 17 กรัมต่อหนึ่งมื้ออาหาร ตามที่ Thai RDI กำหนด อ้างอิงจากบัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541

ปัจจุบันประเทศไทยมีข้าวหลากหลายสายพันธุ์และยังเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก จากสถิติการค้าข้าวของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2562 มีปริมาณการผลิตข้าว 24.304 ล้านตัน (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2019) ซึ่งพบว่าในกระบวนการสีข้าวนอกจากจะได้เมล็ดข้าวเป็นผลผลิตหลักแล้ว ยังมีผลิตผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการได้แก่ จมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดหรือที่เรียกว่า “รำข้าว” อีกประมาณร้อยละ 10.5 ของข้าวทั้งเมล็ด (Queen Sirikit Heart Center of the Northeast Khonkaen University, 2012) โดยทั่วไปรำข้าวถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ หาได้ง่าย และมีราคาถูก แต่ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายฉบับกล่าวถึงคุณประโยชน์ของสารอาหารในรำข้าวที่ส่งผลดีต่อร่างกายมนุษย์ เช่น ลดการดูดซึมน้ำตาลในกระแสเลือด เพิ่มประสิทธิภาพของระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย รวมถึงลดการดูดซึมไขมันจากอาหาร ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง และลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ด้วยประการนี้รำข้าวจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จากรำข้าว เช่น น้ำมันรำข้าว ได้รับความนิยมตามไปด้วย ทั้งนี้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันรำข้าวจะได้ผลพลอยได้เป็นรำข้าวสกัดน้ำมัน หรือแป้งรำข้าว ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก**ตารางที่ 1.1** พบว่ารำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันมีสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิดได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า ใยอาหาร และไขมัน (มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560)

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของรำข้าว	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)				
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
รำข้าวดิบ[a]	12.0	13.7	12.1	14.4	25.4
รำข้าวดิบ[b]	14.1	20.9	12.8	8.4	43.5
รำข้าวสกัดน้ำมัน[a]	18.3	5.4	11.2	8.6	31.6
รำข้าวสกัดน้ำมัน[b]	18.2	1.6	15.3	10.5	54.3
รำข้าวสกัดน้ำมัน[c]	12.8	7.0	8.9	8.2	58.2

ที่มา: [a] Connor (1976) [b] Prakash (1996) และ [c] Youssef (1974)

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยหลายฉบับได้นำรำข้าวสกัดน้ำมัน หรือแป้งรำข้าวมาใช้เป็นหนึ่งในวัตถุดิบเพื่อการพัฒนาคุณภาพของอาหาร เช่น การปรับปรุงองค์ประกอบของไขมันทรานส์ในลูกชิ้น (Hu และ Yu, 2015) การพัฒนาความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ด้วยการเติมรำข้าวสกัดน้ำมันในปริมาณ 5% และ 10% (Abdul-Hamid และ Luan, 2000) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในด้านเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น อีกทั้งยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ดังนั้นผู้วิจัยจึงอยากพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทานให้มีปริมาณโปรตีนสูง โดยเลือกใช้โปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาวผงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในการเพิ่มคุณค่าของโปรตีนให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละมื้ออาหาร และได้นำแป้งรำข้าวมาพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยใช้เป็นหนึ่งในส่วนประกอบของอกไก่ก้อนในผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของโจ๊กพร้อมรับประทานด้วยการเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาวผง

1.2.2 เพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าแป้งรำข้าวจากกระบวนการอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

ออกแบบสูตรโจ๊ก โดยแปรปริมาณวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ แป้งรำข้าว ไข่ขาวผง และปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว นำไปผ่านกระบวนการผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทาน จากนั้นจึงประเมินคุณลักษณะเบื้องต้นและเลือกสูตรที่เหมาะสำหรับนำไปพัฒนาต่อ แล้วนำสูตรที่ได้รับเลือกไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาได้แก่ สารประกอบหลักในอาหาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าสี

(Color) ค่าความหนืด (Viscosity) ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total plate count, TPC) และจำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหารที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปของผลิตภัณฑ์โจ๊กที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

1.4.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านคุณค่าโภชนาการและการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบัน

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
(Literature review)

2.1 ข้าว

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของเศรษฐกิจไทยมาอย่างยาวนาน เนื่องจากการจำหน่ายและส่งออกข้าวเป็นรายได้หลักของประเทศมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ข้าวในประเทศไทยมีหลากหลายสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมมะลิ 105 มีต้นกำเนิดมาจากจังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพันธุ์ข้าวเบาที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวขาวดอกมะลิ โดยเลข 105 หมายถึง พันธุ์ข้าวรวงที่ 105 จากพันธุ์ข้าวทั้งหมด 199 รวงที่นำมาทดลองปลูก ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ปลูกได้ดีในประเทศไทย ลักษณะเฉพาะของข้าวสายพันธุ์นี้ คือ มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เมื่อพิจารณาองค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวพบว่ามีสัดส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินต่ำ โดยมีปริมาณอะไมโลสเพียง 10-19% ดังที่แสดงใน**ตารางที่ 2.1** เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสต่ำทำให้ระหว่างการหุงข้าวจะดูดซึมน้ำได้น้อย ข้าวจึงมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเหนียว (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559)

ตารางที่ 2.1 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพข้าวสุก

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อะไมโลส (%)	อุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวแป้งสุก
ข้าวสุกนุ่มและเหนียว				
ขาวดอกมะลิ 105*	7.2-7.6	13-18	ต่ำ	อ่อน
กข15*	7.5	14-17	ต่ำ	อ่อน
กข21	7.3	17-19	ต่ำ	อ่อน
ปทุมธานี1*	7.3-7.8	14-18	ต่ำ	อ่อน
ข้าวสุกอ่อน (ขาวตาแห้ง)				
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง	7.5	24-28	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข7	7.2	22-26	ปานกลาง	อ่อน
กข23	7.3	20-26	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี60	7.5	20-26	ต่ำ	ปานกลาง
ข้าวสุกร่วนแข็ง (เสาไห้หรือข้าวเคี่ยว)				
เหลืองใหญ่148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
น้ำสะกุย19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
เหลืองประทิว123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
เล็บมือนาง111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง-อ่อน
ปิ่นแก้ว56	7.5	29-31	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
กข11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง
กข13	6.9	30-33	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
ปทุมธานี60*	7.5	27-32	ต่ำ	แข็ง
ชัยนาท1	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี60	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี1	7.3	29	ปานกลาง	อ่อน

ที่มา: กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2545)

2.1.1 อะไมโลส

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 10^5-10^6 อะไมโลสมีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรง สามารถจัดเรียงตัวในแนวขนานกับโมเลกุลของอะไมโลสด้วยกันได้ อีกทั้งยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน และสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับกรดไขมัน หรือโมโนกลีเซอไรด์ (งามชื่น คงเสรี, 2547)

2.1.2 อะไมโลเพกติน

อะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส มีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน โดยส่วนที่เป็นเส้นตรงประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 25-30 โมเลกุล เชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งก้านจะเชื่อมกันด้วยพันธะ α-1,6-glucosidic linkage มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^7-10^9 อะไมโลเพกตินสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนให้สารประกอบเชิงซ้อนสีแดงม่วง หรือสีน้ำตาล (พีชยา จิระธรรมกิจกุล, 2541)

2.2 รำข้าว

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการขัดสีข้าว จากข้อมูลในปี 2008 พบว่ามีปริมาณรำข้าวที่เหลือจากอุตสาหกรรมสูงถึง 66 ล้านตัน โดยทั่วไปรำข้าวถูกใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ หรือเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Saunders, 1990) อย่างไรก็ตามรำข้าวไม่เป็นที่นิยมสำหรับการบริโภค เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยที่สูงและมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากเปลือกข้าว (Luh, 1991) รำข้าวมีมูลค่าต่ำแต่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ (Saunders, 1990) โดยสารประกอบหลักในรำข้าวมีปริมาณดังนี้ คาร์โบไฮเดรต 34.1-52.3% ไขมัน 15-22% โปรตีน 10-16% ความชื้น 8-12% ใยอาหาร 7-11.4% และเถ้า 6.6-9.9% (Saunders, 1990) จากการศึกษาพบว่ารำข้าวมีประสิทธิภาพในการต้านมะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งลำไส้ อีกทั้งเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ (Shoji และคณะ, 2001) ทำให้รำข้าวถูกนำมาใช้สกัดเป็นน้ำมันรำข้าว ซึ่งจะมีผลพลอยได้เป็นรำข้าวสกัดน้ำมัน หรือแป้งรำข้าว ปัจจุบันมีการนำแป้งรำข้าวมาศึกษาและใช้ในการวิจัยโดยตัวอย่างงานวิจัยที่จะกล่าวถึง คือ ผลของการใช้แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์หมูบดทอดและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโอกาสที่เป็นไปได้ในการใช้แป้งรำข้าวทดแทนเนื้อหมู จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแป้งรำข้าวมีองค์ประกอบคล้ายสารทดแทนเนื้อสัตว์ ดังนั้นการนำแป้งรำข้าวมาใช้เป็นสารทดแทนเนื้อหมูจึงถือเป็นการลดต้นทุนการผลิต (ประวิทย์ สันติวัฒนา และ ธิดา สิริสุขพรชัย, 2559)

2.3 โปรตีนถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลือง หรือเนื้อเทียม ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน เป็นอาหารแปรรูปที่มีปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด ดังที่แสดงใน**ตารางที่ 2.2** และมีสารอาหารที่มีประโยชน์อีกหลายชนิดได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังที่แสดงใน**ตารางที่ 2.3** จึงเป็นที่ยอมรับว่าสามารถรับประทานทดแทนเนื้อสัตว์ได้ โดยไม่ทำให้ขาดสารอาหาร โปรตีนถั่วเหลืองที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมีหลายรูปแบบทั้งแบบมีรสชาติและไม่มีรสชาติ หลายขนาดและรูปร่างตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็ก อีกทั้งสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก จึงทำให้เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์และกลุ่มผู้ประกอบอาหาร (Hackett, 2019)

ตารางที่ 2.2 ชนิดกรดอะมิโนในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม)
ลูซีน	3.98
ไลซีน	3.11
ฟีนิลอะลานีน	2.85
วาลีน	2.25
ทรีโอนีน	2.18
ไอโซ-ลูซีน	2.13
ไทโรซีน	1.88
ทริปโตเฟน	0.91
ซิสตีน	0.80
เมทไทโอนีน	0.73

ที่มา: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2556)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารอาหารในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม

ประเภทของสารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร	
โปรตีน	49.76	กรัม
คาร์โบไฮเดรต (รวม Crude fiber)	40.89	กรัม
ใยอาหาร	13.60	กรัม
เถ้า	6.78	กรัม
ความชื้น	2.15	กรัม
ไขมัน	0.42	กรัม
พลังงาน	366.38	กิโลแคลอรี
โพแทสเซียม	6.71	กรัม
ฟอสฟอรัส	773.70	มิลลิกรัม
แคลเซียม	138.90	มิลลิกรัม
เหล็ก	6.80	มิลลิกรัม
โซเดียม	0.95	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	2.35	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.26	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.2	มิลลิกรัม

ที่มา: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2556)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับโปรตีนถั่วเหลืองพบว่าได้มีการนำโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับเนื้อสัตว์ เพื่อศึกษาผลของโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ รวมถึงความฉ่ำน้ำ และน้ำหนักของเนื้อที่สูญเสียระหว่างการปรุง จากผลการศึกษาพบว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณ 10% โดยน้ำหนัก ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นปริมาณที่ไม่ส่งผลในด้านลบต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของเนื้อดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่งหากเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้น คือ 20% และ 30% โดยน้ำหนัก จะส่งผลให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี ความฉ่ำน้ำ และน้ำที่สูญเสียระหว่างการปรุงดีขึ้น แต่จะทำให้คุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติแย่ลง (Gujral และคณะ, 2002)

2.4 ไข่ขาวผง

ไข่ขาว คือ ส่วนที่เป็นของเหลวข้นหนืดภายในไข่ที่ล้อมรอบไข่แดง ในไข่ขาวมีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำและโปรตีนอัลบูมิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็น นอกจากนี้คุณสมบัติเฉพาะของไข่ขาว เช่น คุณสมบัติการเกิดฟอง คุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และคุณสมบัติในการเกิดเจล ยังมีประโยชน์ในกระบวนการแปรรูปและใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น เบเกอรี่ มายองเนส น้ำสลัด ไอศกรีม พาสต้า และอาหารสำเร็จรูปต่างๆ เป็นต้น การทำแห้งไข่ขาวมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นและปริมาณน้ำ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าให้กับไข่ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า “ไข่ขาวผง” สามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารในระหว่างการแปรรูปและทดแทนไข่ขาวเหลวได้ ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำไข่ขาวผงมาประยุกต์ใช้กับอาหารหลายประเภท ในที่นี้จะยกตัวอย่างงานวิจัยที่พัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมอคคาฟ-วีทเสริมด้วยแป้งปลาดุกและไข่ขาวผง เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด รวมถึงศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางเคมี ผลการทดลองพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยแป้งไข่ขาวมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเมื่อเทียบกับแป้งปลาดุก (Agustia และคณะ, 2019)

2.5 ความหนืด

ความหนืด คือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหลเมื่อมีแรงมากระทำ ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะที่พบในอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลว การศึกษาพฤติกรรมความหนืดของของเหลวมีปัจจัยหลักที่สำคัญได้แก่ ธรรมชาติของของเหลว เวลา และแรงเฉือน (Tabilo-Munizaga และ Barbosa-Cánovas, 2005) เป็นต้น การวัดค่าความหนืดในอาหารสามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Viscometer โดยจะวัดค่าแรงต้านทานการไหลภายในของของเหลวเมื่อมีแรงมากระทำในแนวขนานกับพื้นที่ แรงต้านที่เกิดขึ้นเรียกว่า แรงเฉือน ซึ่งจะรายงานค่าในหน่วย centipoise (Bourne, 2002) ความหนืดมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร สามารถใช้กำหนดคุณลักษณะทางกายภาพของอาหารที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เช่น การศึกษาความหนืดของอาหารประเภทกึ่งของเหลวที่มีผลต่อการกลืนของกลุ่มผู้บริโภควัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Matsuo และคณะ, 2012) รวมถึงใช้ในการออกแบบเครื่องจักรและกระบวนการผลิตเพื่อให้มีประสิทธิภาพตรงตามมาตรฐานสากล

2.6 สี

สีเป็นสมบัติทางกายภาพของอาหารในเชิงทัศนศาสตร์ที่มีผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ถึงความสดใหม่รวมถึงการเสื่อมเสียของอาหารได้ สีในอาหารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ ชนิดและความเข้มของรงควัตถุ สายพันธุ์และความแก่-อ่อนของวัตถุดิบ เป็นต้น สีของอาหารอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาอาหาร เนื่องมาจากความร้อน เอนไซม์ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สารเคมี ออกซิเจน และแสง เป็นต้น นอกจากนี้

อาจเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ระหว่างองค์ประกอบของอาหารเอง เช่น Maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและโปรตีนในอาหารที่ได้รับความร้อน ทำให้เกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาลขึ้น ในการผลิตอาหารจึงความจำเป็นต้องรักษาและควบคุมสภาวะต่างๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีสีสม่ำเสมอ การประเมินลักษณะของสีทำได้หลายวิธีได้แก่ การประเมินด้วยสายตามนุษย์ การวัดด้วยเครื่องวัดสีในระบบ CIELAB โดยแสดงค่าในรูปของ L* a* และ b* (León และคณะ, 2006) เป็นต้น

2.7 กระบวนการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์

การฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์เป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารปลอดเชื้อภายใต้ความดันและความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส ในสภาวะของเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อาศัยไอน้ำเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส ความดัน 15 psi มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย อย่างไรก็ตามการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ต้องใช้ความร้อนสูงเป็นระยะเวลานาน ทำให้อาหารสูญเสียคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานมาก ดังนั้นเพื่อปรับวิธีการให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารในระดับอุตสาหกรรมจึงใช้ระดับการฆ่าเชื้อที่เรียกว่า การทำให้ปลอดเชื้อเพื่อการค้า (Commercial sterilization) เพื่อให้ความร้อนแก่อาหารในปริมาณเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสื่อมเสียโดยที่ยังคงคุณภาพของอาหารไว้ได้

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย
(Materials and methods)

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

- แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันจากบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด
- ปลายข้าวหอมมะลิ ตรา 9D
- ข้าวเหนียว ตรา Tesco
- อกไก่
- โปรตีนถั่วเหลืองเบอร์ 1 ตรา โยตา
- ไข่ขาวผงรสธรรมชาติ ตรา Hemomin จากบริษัท สมาร์ท ไซเอนซ์ จำกัด
- ใบหอมชิ้น ตรา Family B.
- เห็ดหอมแห้งหั่นเต๋า ตรา ชีวา
- เครื่องปรุง
- โจ๊กรสไก่ผสมแครอทและใบหอม ตรา BabyEarth จากบริษัท โชวารี จำกัด
- โจ๊กรสไก่ ตรา โรซ่าพร้อม

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด

- Ethyl alcohol
- HCl
- Ether
- Petroleum ether

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โปรตีน

- H_2SO_4
- Anhydrous $CuSO_4$
- Anhydrous Na_2SO_4 (หรือ K_2SO_4)
- สารละลาย 35% NaOH
- 4% Boric acid
- 0.1 N HCl หรือ H_2SO_4

- เม็ดกันเดือด (Anti-bumping granules)
- สารละลาย Methyl red-Methylene blue หรือสารละลาย Methyl red-Bromocresol green

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันในอาหาร

- Ether หรือ Petroleum ether
- 1.25% H_2SO_4
- 1.25% NaOH
- น้ำกลั่นต้ม

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

- สารละลายน้ำเกลือ
- Plate Count Agar

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหาร

- สารละลายน้ำเกลือ
- Cook meat medium
- Nutrient agar
- Glucose tryptone bromocresol purple agar

3.1.3 วัสดุและครุภัณฑ์

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้น

- ถ้วยอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50*20 มิลลิเมตร
- ตู้อบ
- เดซิกเคเตอร์
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เถ้า

- ถ้วยครูซิเบิล
- แผ่นให้ความร้อน
- ตู้ดูดควัน
- เตาไฟฟ้า
- เดซิกเคเตอร์
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด

- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

- แท่งแก้วคนสาร
- ขวดแก้วโมโจนีเยร์
- เครื่องอังน้ำ
- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- ชามกระเบื้อง
- ตู้อบ
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โปรตีน

- ขวดคเจลดาห์ล
- ขวดปริมาตรทรงกรวย
- ปิเปต
- กระดาษกรอง Whatman No.41 (Ashless)
- เม็ดตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst tablet)
- ชั้นวางหลอดทดลอง เบอร์ 8 เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร รูเปิดสี่เหลี่ยมขนาด 2.4*2.4 มิลลิเมตร
- ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (55-65)*(15-30) มิลลิเมตร
- หม้อสแตนเลส
- ถุงลามิเนตขนาด 20*30 เซนติเมตร

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันอาหาร

- บีกเกอร์
- เครื่องกรองสุญญากาศ
- กรวยกรองบุชเนอร์
- ถ้วยครูซิเบิล
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เตาเผา

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

- เครื่อง pH meter

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวัดค่าสี

- เครื่อง Minolta CR-300

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางการไหล

- เครื่อง Fungilab Viscometer

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

- ถุงตีผสมอาหาร
- เครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher)
- ไมโครปิเปตขนาด 1000 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- หลอดทดลองพร้อมฝาปิด
- จานเพาะเชื้อ
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- บีกเกอร์

ครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหาร

- ถุงตีผสมอาหาร
- เครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher)
- ไมโครปิเปตขนาด 1000 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- หลอดทดลองพร้อมฝาปิด
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- บีกเกอร์

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ค้นคว้าข้อมูล

ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือและสื่อออนไลน์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม องค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการของแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง ไข่ขาวผง และกระบวนการผลิตโจ๊กพร้อมรับประทาน

3.2.2 วิเคราะห์และวางแผน

วิเคราะห์ข้อมูลและเอกสารทางวิชาการ วางแผนออกแบบการทดลองที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ รวมถึงจัดหาวัตถุดิบ อุปกรณ์ บรรจุภัณฑ์ และสารเคมีที่ต้องใช้

3.2.3 การดำเนินงานวิจัย

ดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้ โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

3.2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ปลายข้าวหอมมะลิ

จัดซื้อปลายข้าวหอมมะลิ คัดแยกสิ่งเจือปน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ข้าวเหนียว

จัดซื้อข้าวเหนียว คัดแยกสิ่งเจือปน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

แป้งรำข้าว

แบ่งบรรจุแป้งรำข้าวแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

โปรตีนถั่วเหลือง

จัดซื้อโปรตีนถั่วเหลืองเบอร์ 1 (ขนาดเล็กที่สุด) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ไข่ขาวผง

จัดเก็บไข่ขาวผงไว้ที่อุณหภูมิห้อง

อกไก่

จัดซื้ออกไก่สด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผักอบแห้ง

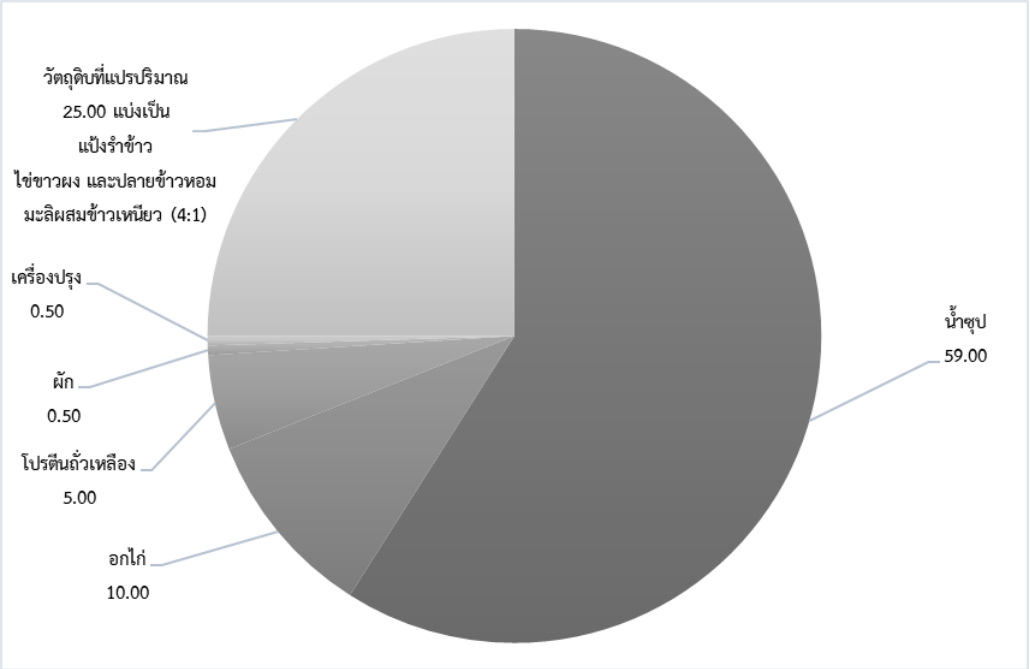
จัดซื้อผักอบแห้ง เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง และให้พ้นจากความชื้น

เครื่องปรุง

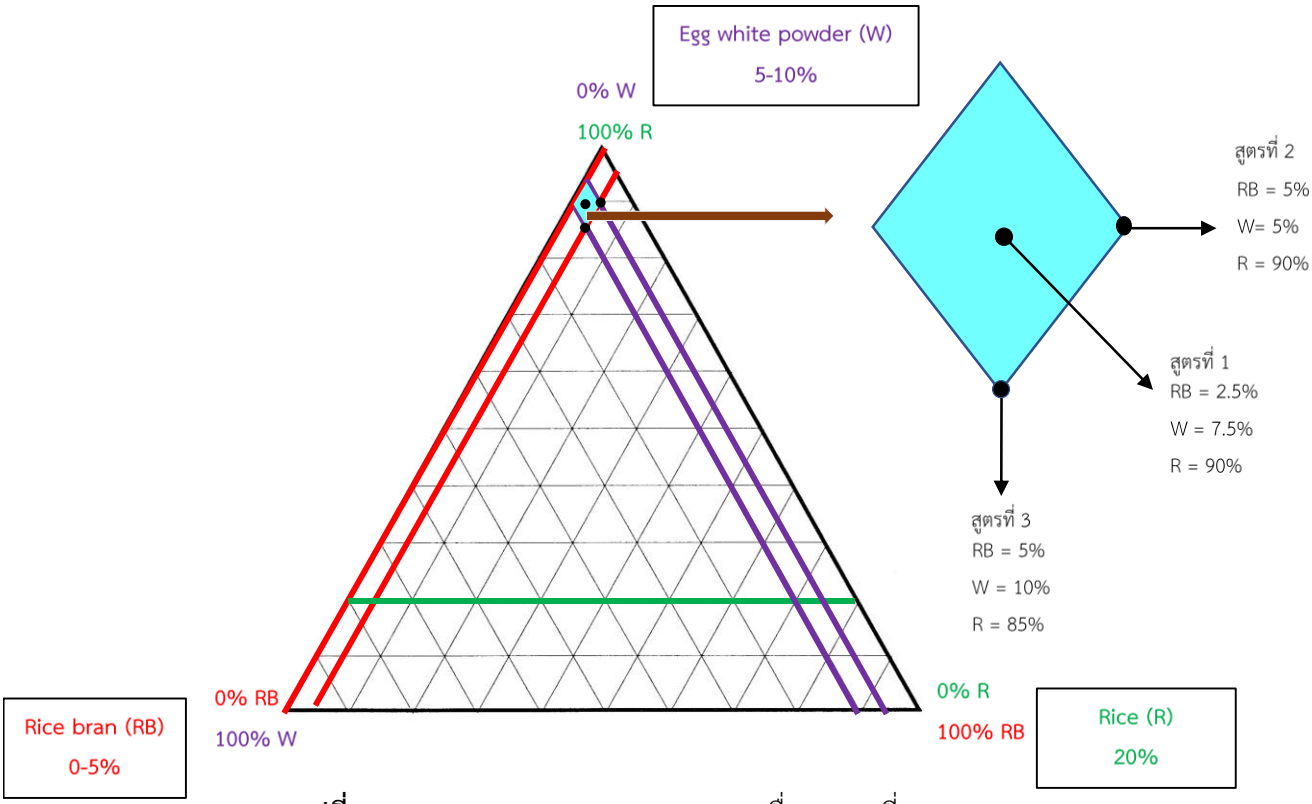
จัดซื้อเครื่องปรุง เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง และให้พ้นจากความชื้น

3.2.3.2 การวางแผนออกแบบสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน

จากข้อมูลใน**รูปที่ 3.1** ร้อยละของปริมาณอัตราส่วนวัตถุดิบแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ วัตถุดิบที่คงที่คิดเป็นร้อยละ 75.00 และวัตถุดิบที่แปรปริมาณคิดเป็นร้อยละ 25.00 ซึ่งในส่วนของวัตถุดิบที่คงที่ร้อยละ 75.00 แบ่งเป็นน้ำซุปร้อยละ 59.00 อกไก่ร้อยละ 10.00 โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 5.00 ผักอบแห้งร้อยละ 0.50 และเครื่องปรุงร้อยละ 0.50 ในส่วนของวัตถุดิบที่มีการแปรปริมาณร้อยละ 25.00 แบ่งเป็น แป้งรำข้าว ไข่ขาวผง และปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว (อัตราส่วน 4 ต่อ 1) ซึ่งในการแปรปริมาณนี้จะใช้ Mixture Design ในการออกแบบสูตรต่อไป ดัง**รูปที่ 3.2**



รูปที่ 3.1 ร้อยละของอัตราส่วนวัตถุดิบที่คงที่ และวัตถุดิบที่แปรปริมาณ



รูปที่ 3.2 การออกแบบ Mixture Design เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม

จากการออกแบบ Mixture Design เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม กำหนดให้

RB คือ แป้งรำข้าว ที่ปริมาณ 0-5%

W คือ ไข่ขาวผง ที่ปริมาณ 5-10%

R คือ ปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว ที่ปริมาณ 20%

จาก**รูปที่ 3.2** เมื่อลากเส้นแสดงปริมาณทั้งหมดจะได้บริเวณที่ซ้อนทับกันเป็นลักษณะรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน จากบริเวณนี้ผู้วิจัยได้เลือกจุด 3 จุด เพื่อเป็นตัวแทนของโจ๊กทั้ง 3 สูตร โดยจุดที่ 1 (จุดตรงกลาง) แทนโจ๊กสูตรที่ 1 มีปริมาณแป้งรำข้าวเท่ากับ 2.5% ไข่ขาวผงเท่ากับ 7.5% และปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียวเท่ากับ 90% จุดที่ 2 (จุดบน) แทนโจ๊กสูตรที่ 2 มีปริมาณแป้งรำข้าวเท่ากับ 5% ไข่ขาวผงเท่ากับ 5% และปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียวเท่ากับ 90% และจุดที่ 3 (จุดล่าง) แทนโจ๊กสูตรที่ 3 มีปริมาณแป้งรำข้าวเท่ากับ 5% ไข่ขาวผงเท่ากับ 10% และปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียวเท่ากับ 85% หลังจากได้อัตราส่วนของวัตถุดิบที่แปรปริมาณในทั้ง 3 สูตร แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การแปรอัตราส่วนดังกล่าวเป็นร้อยละของส่วนประกอบทั้งหมดในสูตรโจ๊ก ดังที่แสดงใน**ตารางที่ 3.1**

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของโจ๊กอกไก่ก้อน

ส่วนประกอบ	ปริมาณร้อยละของส่วนประกอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
น้ำซุป	59.00	59.00	59.00
ปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว (4:1) (R)	22.50	22.50	21.25
ไข่ขาวผง (W)	1.88	1.25	2.50
ผักอบแห้ง	0.50	0.50	0.50
อกไก่	10.00	10.00	10.00
โปรตีนถั่วเหลือง	5.00	5.00	5.00
แป้งรำข้าว (RB)	0.62	1.25	1.25
เครื่องปรุง	0.50	0.50	0.50

ตัวอย่างการคำนวณ

สูตรที่ 1

ของผสม RB+W+R 100 ส่วน คิดเป็นส่วนประกอบในโจ๊ก 25 ส่วน

ของผสม RB 2.5 ส่วน คิดเป็น $\frac{2.5 \times 25}{100}$ = 0.62

ของผสม W 7.5 ส่วน คิดเป็น $\frac{7.5 \times 25}{100}$ = 1.88

ของผสม R 90 ส่วน คิดเป็น $\frac{90 \times 25}{100}$ = 22.50

จาก**ตารางที่ 3.1** แบ่งส่วนประกอบเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของเนื้อโจ๊กและส่วนของอกไก่ก้อน ซึ่งในส่วนของเนื้อโจ๊กประกอบไปด้วย น้ำซุป ปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว ไข่ขาวผงและผักอบแห้ง และส่วนของอกไก่ก้อนประกอบไปด้วย อกไก่ โปรตีนถั่วเหลือง และแป้งรำข้าวที่มีการแปรปริมาณ 2 ระดับ จึงทำให้ได้อกไก่ก้อน 2 สูตร ได้แก่ อกไก่ก้อนสูตร A สำหรับใส่ในโจ๊กสูตรที่ 1 และอกไก่ก้อนสูตร B สำหรับใส่ในโจ๊กสูตรที่ 2 และ 3 ดังที่แสดงใน**ตารางที่ 3.2**

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของอกไก่ก้อน

ส่วนประกอบ	ปริมาณร้อยละของส่วนประกอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
อกไก่	10.00	10.00	10.00
โปรตีนถั่วเหลือง	5.00	5.00	5.00
แป้งรำข้าว (RB)	0.62[a]	1.25[b]	1.25[b]

หมายเหตุ a คือ อัตราส่วนร้อยละของแป้งรำข้าวในอกไก่ก้อนสูตร A

b คือ อัตราส่วนร้อยละของแป้งรำข้าวในอกไก่ก้อนสูตร B

3.2.3.3 การผลิตโจ๊กอกไก่ก้อนตามการออกแบบ Mixture Design

3.2.3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมอกไก่ก้อน

ทำการปั่นอกไก่ต้มและโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่น้ำด้วยเครื่องปั่นอาหารที่ความเร็วระดับต่ำประมาณ 5 นาที แล้วผสมส่วนผสมที่ผ่านการบดลดขนาดเข้ากับแป้งรำข้าวและเครื่องปรุงด้วยเครื่องผสมอาหารที่ความเร็วระดับต่ำ เมื่อส่วนผสมรวมเป็นเนื้อเดียวจึงนำมาขึ้นรูปด้วยมือโดยให้อกไก่แต่ละก้อนมีน้ำหนักประมาณ 10 กรัม หลังจากนั้นนำอกไก่ก้อนไปให้ความร้อนด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

3.2.3.3.2 ขั้นตอนการผลิตโจ๊กอกไก่ก้อนพร้อมรับประทาน

เริ่มจากการปรุงน้ำซุปโดยต้มน้ำซุปจากโครงไก่และปรุงรสด้วยเครื่องปรุงโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นปรุงโจ๊กโดยใส่ปลาย

ข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียวที่ผ่านการหุงสุก และผักอบแห้งลงในน้ำซุปที่เตรียมไว้ แล้วใส่ไข่ขาวผงที่ละลายน้ำในระหว่างการปรุงโจ๊ก ต้มโจ๊กต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

3.2.3.4 การบรรจุ

บรรจุเนื้อโจ๊กและอกไก่ก้อนลงถุงลามิเนตด้วยวิธี Hot filling โดยให้โจ๊ก 1 ถุง หนัก 300 กรัม ประกอบด้วย อกไก่ก้อน 10 ลูก และเนื้อโจ๊กหนัก 200 กรัม แล้วนำไปเข้าเครื่องซีลเพื่อปิดปากบรรจุภัณฑ์

3.2.3.5 การฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์

นำผลิตภัณฑ์ไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ ที่ F_0 เท่ากับ 3 อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที

3.2.3.6 การเลือกสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน

ทำการประเมินคุณลักษณะเบื้องต้น แล้วเลือกสูตรโจ๊กที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

3.2.3.7 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน

ส่งวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักของโจ๊กอกไก่ก้อนได้แก่ พลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ความชื้น เถ้า ไขมันทั้งหมด โปรตีน และใยอาหาร ซึ่งวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวิธีการดังนี้

1) การวิเคราะห์พลังงานทั้งหมดด้วยวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC International; 1993, p.106

2) การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดด้วยวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC International; 1993, p.8

3) การวิเคราะห์ความชื้นด้วยวิธี AOAC (2019) 945.15

4) การวิเคราะห์เถ้าด้วยวิธี AOAC (2019) 923.03

5) การวิเคราะห์ไขมันทั้งหมดด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2019) 922.06

6) การวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี In-house method TC 014 based on AOAC (2019) 991.20

7) การวิเคราะห์ใยอาหารด้วยวิธี In-house method based on AOAC (2019) 978.10

3.2.3.8 การออกแบบแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของตัวอย่างโจ๊กโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (Completely

randomized design, CRD) ประมวลผลข้อมูลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.3.9 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน ดังนี้

<u>วิเคราะห์สมบัติทางเคมี</u>

1) การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโจ๊กอกไก่ก้อน

<u>วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ</u>

1) การวัดค่าสีของโจ๊กอกไก่ก้อน

2) การวิเคราะห์สมบัติทางการไหลของโจ๊กอกไก่ก้อน

<u>วิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา</u>

1) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตามวิธี FDA BAM, Online, 2001 (Chapter3)

2) วิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหารด้วยวิธี BAM

3.2.3.10 เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง

3.2.3.11 จัดทำรายงานและนำเสนอผลงานทางวิชาการ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล
(Results and discussion)

4.1 การทดสอบกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระดับสเตอริไลซ์ของโจ๊กอกไก่ก้อน

กำหนดสภาวะในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

จากสภาวะการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนด ซึ่งอ้างอิงจากสภาวะการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่มีค่าเท่ากับ 122 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 27 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น จะสามารถคงให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้นและรักษาสีของผลิตภัณฑ์ให้คล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อได้ (มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และ ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ, 2557) จากผลการทดลองพบว่าที่เวลาฆ่าเชื้อ 35 นาที เพียงพอที่จะทำให้ Probe ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิช้าที่สุด มีค่า F_0 ในช่วงอุณหภูมิการฆ่าเชื้อเท่ากับ 3 ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้เป็นขั้นต่ำในการทำลายจุลินทรีย์ทนร้อนที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในอาหาร ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถทนความร้อนได้มากและมีค่า D (เวลาหน่วยเป็นนาที ณ อุณหภูมิคงที่ ที่ทำลายจุลินทรีย์ให้ลดลงร้อยละ 90) มากกว่า Clostridium botulinum 20-25 เท่า อย่างไรก็ตามค่า F_0 สุดท้ายของ Probe 1 ถึง 5 มีค่าเกิน 3 และผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการฆ่าเชื้อมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากการได้รับความร้อนนานเกินไป (Over processing) จึงสามารถปรับลดเวลาในการฆ่าเชื้อลงได้

ช่วงเวลาก่อนอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (Come up period)

จากข้อมูล**รูปที่ 4.1** ช่วงเวลาก่อนอุณหภูมิฆ่าเชื้อ คือ ช่วงตั้งแต่เริ่มบันทึกอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ฆ่าเชื้อ ใช้เวลานาน 10 นาที และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 45 ถึง 60 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณา Heat penetration curve จะพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโจ๊กอกไก่ก้อนใน Probe 1 ถึง 5 ช้ากว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อใน Probe ที่ 6 ทั้งนี้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิใน Probe 1 ถึง 5 เป็นผลมาจากการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในถุงลามิเนต ทำให้อัตราการส่งผ่านความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้ช้ากว่าในหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อให้ Probe 1 ถึง 5 มีอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลาประมาณ 45 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ช่วงเวลาก่อนอุณหภูมิฆ่าเชื้อจนสิ้นสุดช่วงเวลาฆ่าเชื้อ

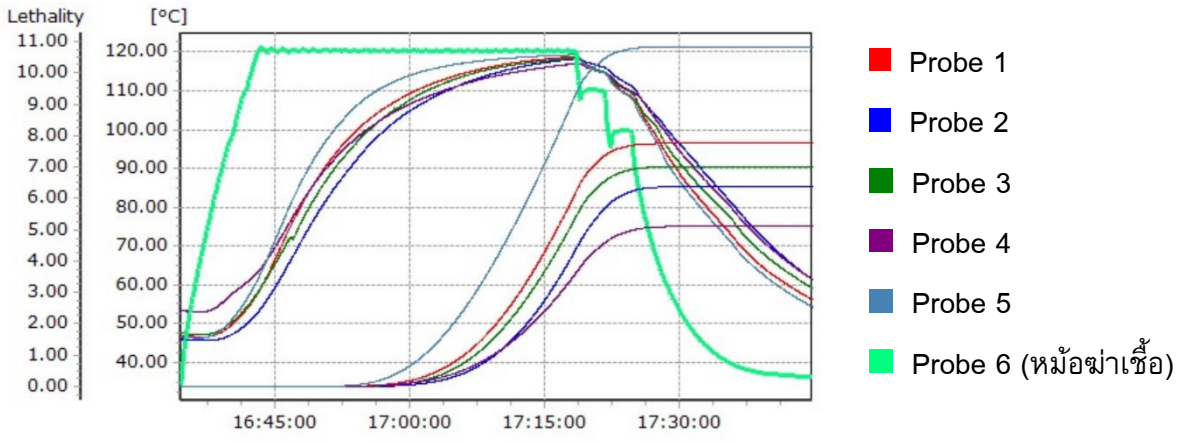
ช่วงเวลาฆ่าเชื้อ (Cooking period)

สำหรับช่วงเวลาฆ่าเชื้อจะใช้เวลา 35 นาที ซึ่งจากข้อมูลใน**รูปที่ 4.1** อุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อจะคงที่ที่ 120 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงการฆ่าเชื้อ ในขณะที่อุณหภูมิของโจ๊กอกไก่ก้อนใน Probe 1 ถึง 5 จะอยู่ระหว่าง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกของการฆ่าเชื้อ และจะสูงถึง 119 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาในการฆ่าเชื้อ แม้ว่าอุณหภูมิสุดท้ายในช่วงเวลาฆ่าเชื้อสูงไม่ถึง 120 องศาเซลเซียส แต่ค่า F_0 สุดท้ายหลังจบ

กระบวนการฆ่าเชื้อของ Probe 1 ถึง 5 มีค่าเกิน 3 โดยค่า F_0 ที่เกิน 3 เป็นผลมาจากการลดอุณหภูมิที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันที ทำให้มีความร้อนสะสมในผลิตภัณฑ์และสามารถทำลายจุลินทรีย์ต่อไปได้

ช่วงเวลาทำให้เย็น (Cooling period)

ในช่วงเวลาทำให้เย็นพบว่าอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อลดลงด้วยอัตราที่เร็วกว่าอุณหภูมิของโจ๊กอกไก่ก้อน เนื่องจากในโจ๊กอกไก่ก้อนมีองค์ประกอบบางส่วนที่เป็นของแข็ง อาจส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ช้ากว่าปกติ



รูปที่ 4.1 Heat penetration curve ของหม้อฆ่าเชื้อ และโจ๊กอกไก่ก้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาในการฆ่าเชื้อ 35 นาที

จากข้อมูลตาม**ตารางที่ 4.1** พบว่าค่า F_0 ที่ได้จากตำแหน่ง Probe ที่ 1 ถึง 5 เป็นค่าที่เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและเป็นดัชนีที่บ่งชี้สภาวะการฆ่าเชื้อของอาหารในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท รวมถึงจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียของอาหารในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ในส่วนของตำแหน่ง Probe ที่ 4 และ 5 ที่แสดงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของ F_0 แม้ว่าจะถูกจัดวางในตำแหน่งที่ใกล้กัน แต่มีค่า F_0 ต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการทำความสะอาดหัวพ่นไอน้ำในแต่ละด้านที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดตะกรันบริเวณหัวพ่นไอน้ำ ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ถูกจ่ายออกมาและประสิทธิภาพการส่งผ่านความร้อนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.1 ค่า F_0 ของโจ๊กอกไก่ก้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่เวลาในการฆ่าเชื้อ 35 นาที

ตำแหน่ง Probe	F_0
1	7.75
2	6.38
3	7.01
4	5.11
5	10.82

4.2 การเลือกสูตรโจ๊กอกไก่ก้อน

เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดต่อเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ทำให้การจัดการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ เพื่อให้งานวิจัยสามารถดำเนินการต่อได้ผู้วิจัยจึงได้ลงความเห็นและทำการเลือกสูตรโจ๊กอกไก่ก้อนกันเองภายในกลุ่ม จากการลงความเห็นสรุปได้ว่าโจ๊กทุกสูตรมีสมบัติด้านประสาทสัมผัสคล้ายคลึงกัน ทั้งในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเลือกโจ๊กอกไก่ก้อนสูตรที่ 3 ซึ่งมีสัดส่วนของน้ำซุป : ปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว : โปรตีนถั่วเหลือง : ไข่ขาวผง : แป้งรำข้าว : อกไก่ : ผักอบแห้ง : เครื่องปรุง ดังนี้ 59.00 : 21.25 : 5.00 : 2.50 : 1.25 : 10.00 : 0.50 : 0.50 สำหรับใช้ผลิตเป็นโจ๊กโปรตีนสูงพร้อมรับประทาน เนื่องจากเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนร้อยละของแหล่งโปรตีนมากที่สุด

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน

จากข้อมูลตาม**ตารางที่ 4.2** ปริมาณโปรตีน 23.16 กรัม จากโจ๊กน้ำหนัก 300 กรัม หรือหนึ่งหน่วยบริโภคเทียบกับปริมาณโปรตีนที่แนะนำต่อวันตาม Thai RDI ซึ่งเท่ากับ 50 กรัม หรือประมาณ 17 กรัมต่อหนึ่งมื้ออาหาร (อ้างอิงจากบัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541) พบว่าเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณโปรตีนตามที่ Thai RDI กำหนด และเป็นปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์โจ๊กที่ใช้อ้างอิง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของสารประกอบหลักในโจ๊กอกไก่ก้อน

รายการทดสอบ	ปริมาณ (ต่อตัวอย่างโจ๊ก 100 กรัม)		ปริมาณ (ต่อตัวอย่างโจ๊ก 300 กรัม หรือหนึ่งหน่วยบริโภค)	
พลังงานทั้งหมด	95.90	กิโลแคลอรี	287.7	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	9.19	กรัม	27.57	กรัม
ความชื้น	78.13	กรัม	234.39	กรัม
เถ้า	1.82	กรัม	5.46	กรัม
ไขมันทั้งหมด	3.14	กรัม	9.42	กรัม
โปรตีน	7.72	กรัม	23.16	กรัม
ใยอาหาร	0.28	กรัม	0.84	กรัม

4.4 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโจ๊กอกไก่ก้อน

จาก**ตารางที่ 4.3** แสดงให้เห็นว่าโจ๊กอกไก่ก้อนจัดอยู่ในอาหารประเภทอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) นอกจากนี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จากงานวิจัยที่ศึกษาผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โจ๊กที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ต่อค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นเวลา 28 สัปดาห์ พบว่าในช่วง 12 สัปดาห์แรก ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีค่าลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 16 ถึงสัปดาห์ที่ 28 ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขององค์ประกอบไขมันกับออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์ รวมถึงการสลายตัวของกลูโคสและองค์ประกอบไขมัน ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (Jang และ Lee, 2012)

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
เดือนที่ 0	$6.58^{a}\pm0.02$
เดือนที่ 1	$6.69^{b}\pm0.06$
เดือนที่ 2	$6.80^{c}\pm0.05$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.5 การวัดค่าสีของโจ๊กอกไก่ก้อน

จาก**ตารางที่ 4.4** ชี้ให้เห็นว่าโจ๊กอกไก่ก้อนมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่ค่าของสีแดง (a*) ค่าของสีเหลือง (b*) ค่าความอิ่มตัวของสี (Chroma) และมุมของเฉดสี (Hue angle) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้โจ๊กอกไก่ก้อนมีสีเข้มขึ้น มีค่าของสีแดงและสีเหลืองมากขึ้น และมีเฉดสีอยู่ในช่วงสีเหลืองแกมเขียวในช่วงอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของสีอาจเป็นผลมาจากสารประกอบระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในโปรตีนจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล หรือ Maillard reaction โดยมีอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยในการเกิดปฏิกิริยา ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลในช่วงระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Jang และ Lee, 2012) เนื่องจากการติดตามการทดสอบสีของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน เครื่อง Minolta Colorimeter เกิดการชำรุดเสียหาย ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลของเดือนที่ 1 ได้ แต่จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

ตารางที่ 4.4 ค่า L* a* b* Chroma และ Hue angle ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	L*	a*	b*	Chroma (C*)	Hue angle (h°)
0	57.76±0.94	-1.89±0.03	3.71±0.11	4.11±0.07	117.00±0.75
2	56.29±0.07	-0.95±0.06	8.61±0.04	8.66±0.04	96.30±0.36

หมายเหตุ ค่าจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6 การวิเคราะห์สมบัติทางการไหลของโจ๊กอกไก่ก้อน

จากข้อมูลดัง**ตารางที่ 4.5** พบว่าที่ Shear rate เท่ากับ 50 rpm มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาเป็นสภาวะในการทดลองหาค่าความหนืดของโจ๊กทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากการทดสอบความหนืดในสภาวะดังกล่าวจะมี Torque ของโจ๊กทั้ง 3 ชนิดอยู่ในช่วง 10-90% ซึ่งเป็นค่าที่อ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติการการประกันคุณภาพอาหาร จากการเปรียบเทียบค่าความหนืดของโจ๊กทั้ง 3 ชนิด พบว่าโจ๊กอกไก่ก้อนมีความหนืดสูงที่สุด รองลงมาเป็นโจ๊ก ตรา โรซ่าพร้อม และโจ๊ก ตรา BabyEarth ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าความหนืดที่แตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากอัตราส่วนของน้ำต่อน้ำหนักแป้งและคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำของวัตถุดิบอื่นๆ เนื่องจากโจ๊กอกไก่ก้อนมีอัตราส่วนของน้ำต่อน้ำหนักแป้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับโจ๊กอีกสองชนิด และมีองค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ จึงทำให้โจ๊กอกไก่ก้อนมีความหนืดสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืดและ Torque ของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เทียบกับผลิตภัณฑ์โจ๊กอ้างอิง

ผลิตภัณฑ์ / Shear rate (rpm)	โจ๊กอกไก่ก้อน		โจ๊ก ตรา โรซ่าพร้อม		โจ๊ก ตรา BabyEarth	
	ค่าความหนืด (cP)	Torque (%)	ค่าความหนืด (cP)	Torque (%)	ค่าความหนืด (cP)	Torque (%)
20	14,521.00^{c}±254.56	29.00^{c}±0.49	7,913.10^{c}±25.74	15.75^{b}±0.07	2,499.80^{a}±121.69	5.00^{a}±0.21
30	4,591.60^{a}±74.10	13.80^{a}±0.21	5,048.25^{a}±12.52	15.10^{a}±0.00	3,375.90^{b}±33.66	10.10^{b}±0.14
50	5,280.60^{b}±486.70	26.40^{b}±2.47	4,687.40^{b}±25.60	23.40^{c}±0.14	2,630.80^{a}±7.78	13.15^{c}±0.07

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากข้อมูลดัง**ตารางที่ 4.6** พบว่าที่ระยะการเก็บที่นานขึ้นจากเดือนที่ 0 ถึงเดือนที่ 1 ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากการดูดน้ำและพองตัวของข้าว เมื่อติดตามค่าความหนืดที่ระยะเวลานานขึ้นจากเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 2 พบว่าค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เป็นผลมาจากการรวมตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินจนเกิดเป็นผลึก (Recrystallization) และเกิดการแยกตัวของน้ำออกจากผลึก (Syneresis) (Kim และ Seog, 1994)

ตารางที่ 4.6 ค่าความหนืดของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความหนืด (cP)
0	12,919.67^{a}±541.44
1	15,758.33^{c}±5.51
2	14,174.00^{b}±116.26

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.7 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร

4.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total viable count)

จากข้อมูล**ตามตารางที่ 4.7** พบว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน น้อยกว่า 10 CFU/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายอาหารกำหนด อ้างอิงจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 210 พ.ศ. 2543 เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าโจ๊กอกไก่ก้อนมีความปลอดภัย จึงสามารถใช้สภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที ในกระบวนการทำให้ปลอดเชื้อเชิงการค้า (Commercial sterilization) ได้

ตารางที่ 4.7 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	จำนวนโคโลนี (CFU/g)
0	< 10
1	< 10
2	< 10

4.7.2 การวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหาร

จาก**ตารางที่ 4.8** การเพาะสปอร์ของแบคทีเรียด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ CMM ที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส ในโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน พบว่าไม่เกิดฟองแก๊สบริเวณวุ้นและอาหารไม่มีความขุ่น และจากการเพาะสปอร์ของแบคทีเรียด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ GTBP ที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าสีของอาหารไม่เปลี่ยนแปลงและอาหารไม่มีความขุ่น จึงสรุปได้ว่าไม่พบการปนเปื้อนของกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างสปอร์และเจริญได้ในอุณหภูมิสูง (Thermophilic spore-forming) ได้แก่ Thermophilic anaerobic spoilage เช่น Clostridium thermosaccharolyticum ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่เจริญได้โดยไม่ใช้อากาศ (Anaerobic) สามารถสร้างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้บรรจุภัณฑ์มีลักษณะบวมพองขึ้น และกลุ่ม Flat sour spoilage เช่น Bacillus stearothermophilus ซึ่งเป็นกลุ่มที่เจริญได้ในสภาวะที่มีหรือไม่มีอากาศ (Facultative anaerobe) ไม่สามารถสร้างแก๊ส แต่ทำให้เกิดกรดจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง จากข้อมูลข้างต้นบ่งชี้ว่ากระบวนการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ด้วยหม้อฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียของอาหารในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท

ตารางที่ 4.8 การเพาะสปอร์ของแบคทีเรียด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ CMM และ GTBP ที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส ในโจ๊กอกไก่ก้อน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ทดสอบ	อาหารเลี้ยงเชื้อ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผล
0	Thermophilic anaerobic spoilage	CMM	35	ไม่พบเชื้อ
			55	
	Flat sour spoilage	GTBP	35	
			55	
1	Thermophilic anaerobic spoilage	CMM	35	ไม่พบเชื้อ
			55	
	Flat sour spoilage	GTBP	35	
			55	
2	Thermophilic anaerobic spoilage	CMM	35	ไม่พบเชื้อ
			55	
	Flat sour spoilage	GTBP	35	
			55	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
(Conclusions and recommendations)

จากการศึกษาพบว่าแป้งรำข้าวที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้ โดยใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอกไก่ก้อนสำหรับโจ๊กโปรตีนสูงพร้อมรับประทาน และโจ๊กอกไก่ก้อนสูตรที่ 3 ซึ่งมีสัดส่วนของน้ำซุป : ปลายข้าวหอมมะลิผสมข้าวเหนียว : โปรตีนถั่วเหลือง : ไข่ขาวผง : แป้งรำข้าว : อกไก่ : ผักอบแห้ง : เครื่องปรุง ดังนี้ 59.00 : 21.25 : 5.00 : 2.50 : 1.25 : 10.00 : 0.50 : 0.50 เป็นสูตรที่ได้รับเลือกสำหรับใช้ผลิตเป็นโจ๊กโปรตีนสูงพร้อมรับประทาน เนื่องจากเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนร้อยละของแหล่งโปรตีนมากที่สุด จากการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของโจ๊กอกไก่ก้อนสูตรที่ 3 พบว่ามีปริมาณโปรตีน 23.16 กรัมโปรตีนต่อ 300 กรัมน้ำหนักโจ๊ก ซึ่งเป็นค่าที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไปตาม Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) อ้างอิงจากบัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541

จากการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน ยังไม่เพียงพอต่อการอภิปรายผล จึงควรมีการศึกษาคุณสมบัติดังกล่าวในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เพื่อให้มีความสอดคล้องกับอายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไลซ์ สำหรับอกไก่ก้อนสามารถพัฒนาสูตรให้ดีขึ้นได้ โดยปรับขั้นตอนกระบวนการผลิตบางส่วนและนำสารประกอบฟอสเฟตมาเป็นส่วนประกอบในอกไก่ก้อน เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติช่วยทำให้เนื้อของอกไก่ก้อนมีความคงตัวและมีความชุ่มฉ่ำของเนื้อมากยิ่งขึ้น และแม้ว่าโจ๊กอกไก่ก้อนจะมีปริมาณโปรตีนสูง แต่อัตราส่วนระหว่างปริมาณข้าวและปริมาณอกไก่ก้อนยังคงไม่เหมาะสม โดยมีปริมาณของข้าวน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณของอกไก่ก้อน ทั้งนี้สามารถลดอัตราส่วนของอกไก่ก้อนลงได้ เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงเกินกว่าปริมาณโปรตีนที่คำนวณไว้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2559). การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากการย่อยโปรตีนของถั่วเหลือง โดย Kjeldahl method. วิธีมาตราฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหารเล่มที่ 4. 15(1).

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559). การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหาร. ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2563, จาก https://bsc.dip.go.th/th/category/production2/qs-heatinfoods

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2559). ข้าว. ค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, จาก http://brrd.ricethailand.go.th/

ทีมงานโภชนาการ. (2555). จากฟอง.....กลายเป็นผง (วงเล็บไข่). ข่าวคณะแพทย์ เดือนกันยายน 55. หน้า 36-38.

งามชื่น คงเสรี. (2547). คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 41-61.

เจษฎาภรณ์ เทียนสงวนกุล และ พิบูลย์ ลิมปธนโชติ. (2544). การใช้เทคนิคของคอมพิวเตอร์อินเตอร์เฟสเพื่อช่วยในโปรแกรมการหาค่า F_0 สำหรับอาหารกระป๋อง. ค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2564, จาก http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Food_Engineering/2544/Bs/JessadapornTkGroup/JessadapornTkGroupAll.pdf. หน้า 42-56.

กระทรวงสาธารณสุข. (2541). สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป. บัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541. ค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2564, จาก http://food.fda.moph.go.th/Rules/dataRules/4-4-2ThaiRDI.pdf

ประวิทย์ สันติวัฒนา และ ธิดา สิริสุขพรชัย. (2559). ผลของการใช้แป้งร้าข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์หมูบดทอดและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. 24(3).

พีชยา จิระธรรมกิจกุล. (2541). ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 140.

ภัควัฒน์ เดชชีวะ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2559). ผลของโปรตีนไข่ขาวผงต่อสมบัติทางเนื้อสัมผัส คุณภาพการหุงต้ม และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเกตตีแป้งข้าวปราศจากกลูเทน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. หน้า 37-46.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2560). การวัดสี. คู่มือปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560, หน้า 1-3.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2560). ความหนืดและความหนืดปรากฏ. คู่มือปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560, หน้า 8-10.

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และ ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ. (2557). ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊กพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมรชูปถัมภ์ (2560).รำข้าว-น้ำมันรำข้าวทางเลือกใหม่เพื่อหัวใจที่แข็งแรง ค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, จาก http://www.thaiheartfound.org/category/details/food/254

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2556). โปรตีนเกษตร. ค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, จาก http://www.ifrpd.ku.ac.th/th/products/ifrpd-protein.php

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2562). สถิติการผลิตข้าวของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2562. ค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2563, จาก http://www.thairiceexporters.or.th/default.htm

สายัณ์ สุยพงษ์พันธ์ และ วิรัชน์ ปฐมชัยอัมพร. (2549). ความหนืดคุณลักษณะเฉพาะของของไหล. ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2563, จาก http://www.dss.go.th/images/starticle/pep_9_2549_viscosity.pdf

Abdul-Hamid, A., & Luan, Y. S. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68(1), 15-19.

Asghar, A., & Abbas, A. (2012). Dried egg powder utilization, a new frontier in bakery products, 3(12), 493-505.

Cui, R., & Oates, C. G. (1999). The effect of amylase-lipid complex formation on enzyme susceptibility of sago starch. Food Chemistry, 65, 417-425.

F. C. Agustia, Y. P. Subardjo, and G. R. Ramadhan. (2019). Development of Mocaf-Wheat Noodle Product with the Addition of Catfish and Egg-White Flours as an Alternative for High-Animal-Protein Noodles, Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, vol. 8, no. 2.

Fabian, C., & Ju, Y.-H. (2011). A Review on Rice Bran Protein: Its Properties and Extraction Methods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 51(9).

Gujral, H. S., Kaur, A., Singh, N., & Sodhi, N. S. (2002). Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw and baked patties from goat meat. Journal of Food Engineering, 53(4), 377-385.

Hu, G., & Yu, W. (2015). Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties. Food Chemistry, 186, 239-243.

Jang, D. H., & Lee, K. T. (2012). Quality changes of ready-to-eat ginseng chicken porridge during storage at 25°C. Meat Science, 92(4), 469-473.

Kim, J. S., & Seog, H. M. (1994). Properties of crude amylase isolated from pine nut. Korean Journal of Food Science and Technology, 26, 398-402.

León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. Food Research International, 39(10), 1084-1091.

Luh, B. S. and Benedito de Barder, C. (1991). Rice bran: chemistry and technology. 313-362.

Malcolm C. Bourne. (2002). Food Texture and Viscosity Concept and Measurement, 82(2), 17-22.

Matsuo, K., Kawase, S., Wakimoto, N., Iwatani, K., Masuda, Y., & Ogasawara, T. (2012). Effect of Viscosity on Food Transport and Swallow Initiation During Eating of Two-Phase Food in Normal Young Adults: A Pilot Study. Dysphagia, 28(1), 63-68.

McGuire, R.G. (1992). Report of Objective Color Measurements. HortScience 27(12), 1254-1255.

Pelembe, L. A., Erasmus, C., & Taylor, J. R. (2002). Development of a Protein-rich Composite Sorghum-Cowpea Instant Porridge by Extrusion Cooking Process. LWT-Food Science and Technology. 35(2): 120-127.

Queen Sirikit Heart Center of the Northeast Khonkaen University. (2012). Bran healthful. Retrieved October 10, 2020, from http://www.heart.kku.ac.th

Rickles, F. R., Shoji, M., & Abe, K. (2001). The Role of the Hemostatic System in Tumor Growth, Metastasis, and Angiogenesis: Tissue factor is a Bifunctional Molecule Capable of Inducing Both Fibrin Deposition and Angiogenesis in Cancer. International Journal of Hematology, 73(2), 145-150.

Saunders, R. M. (1990). The properties of rice bran as a food stuff. Cereal Foods World. 35(1): 632-639.

Tabilo-Munizaga, G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Rheology for the food industry. Journal of Food Engineering, 67(1-2), 147-156.

the spruce eats. (2019). What is textured vegetable protein (TVP)?. Retrieved October 10, 2020, from https://www.thespruceeats.com/what-is-tvp-3376820

ภาคผนวก ก

วิธีดำเนินงานวิจัย

ก.1 การวิเคราะห์พลังงานทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณพลังงานทั้งหมดในตัวอย่างด้วยวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC International; 1993, p.106 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ คำนวณพลังงานจากปริมาณร้อยละของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แสดงผลเป็นค่ากิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม หรือกิโลจูลต่อ 100 กรัม แบบไม่มีทศนิยม โดยกำหนดให้ 1 กิโลจูล เท่ากับ 4.18 กิโลแคลอรี อ้างอิงจาก Sullivan DM, chapter editor. Proximate and mineral analysis. In: Sullivan DM. Carpenter DF Editors. Methods of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC International; 1993.p.106.

ตัวอย่างการคำนวณ

พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100 กรัม) = (% โปรตีน x 4) + (% ไขมัน x 9) + (% คาร์โบไฮเดรต x 4)

ก.2 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่างด้วยวิธี Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC International; 1993, p.8 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณร้อยละของโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในตัวอย่าง จากนั้นคำนวณปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง โดยหักลบผลรวมปริมาณร้อยละของโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าจาก 100 อ้างอิงจาก Ellefson W, chapter editor. Provisions of the nutrition labeling and education act. In: Sullivan DM, Carpenter DE, editors. Methods of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia: AOAC, International; 1993, p. 8.

ตัวอย่างการคำนวณ

คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (%) = 100 - (% โปรตีน + % ไขมัน + % ความชื้น + % เถ้า)

ก.3 การวิเคราะห์ความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างอ้างอิงจากวิธี AOAC (2019) 945.15 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ อบถ้วยอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50*20 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ จากนั้นชั่งถ้วยอะลูมิเนียม แล้วจึงชั่งถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง 10 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-104 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกไปใส่ในเดซิกเคเตอร์ ทิ้งไว้จนเย็นและชั่งตัวอย่าง

ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง อบตัวอย่างซ้ำครั้งละ 30 นาที จนน้ำหนักคงที่ รายงานผลในรูปของเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมด

ก.4 การวิเคราะห์เถ้า

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างอ้างอิงจากวิธี AOAC (2019) 923.03 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ลงในถ้วยครูซิเบิล วางถ้วยครูซิเบิลบนแผ่นให้ความร้อน รอจนน้ำระเหยออกหมดแล้ว นำถ้วยตัวอย่างไปเผาบนแผ่นให้ความร้อนจนหมดควันในตู้ดูดควัน จากนั้นนำถ้วยตัวอย่างไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำถ้วยตัวอย่างออกจากเตาไฟฟ้า และทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์อย่างน้อย 45 นาที แล้วชั่งถ้วยตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำถ้วยตัวอย่างไปเผาในเตาไฟฟ้าอีกครั้งที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำออกไปใส่ในเดซิกเคเตอร์ ทิ้งไว้จนเย็น แล้วนำไปชั่ง เผาจนน้ำหนักคงที่ รายงานผลในรูปของเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมด

ก.5 การวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมดในตัวอย่างอ้างอิงจากวิธี AOAC (2019) 922.06 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ ชั่งตัวอย่างหนัก 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Ethyl alcohol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง คนสารละลายอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการกระเด็นของสารขณะเติมกรด จากนั้นเติม HCl ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน และนำบีกเกอร์วางในเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-40 นาที คนเป็นระยะๆ เมื่อครบเวลาเติม Ethyl alcohol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และทิ้งให้เย็น ถ่ายสารละลายทั้งหมดในบีกเกอร์ลงในขวดแก้วโมโจนีเยร์ ล้างด้วยอีเทอร์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และปิดจุกเขย่าแรงๆ 1 นาที จากนั้นล้างบีกเกอร์ซ้ำด้วย Petroleum ether ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และถ่ายรวมลงในขวดแก้วโมโจนีเยร์ ปิดจุกเขย่าแรงๆ 1 นาที ทำให้สารละลายแยกชั้นโดยนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วประมาณ 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จนสารละลายแยกออกเป็นสองชั้น กรองสารละลายใสชั้นบนผ่านชั้นสำลีลงในบีกเกอร์ให้ได้มากที่สุดโดยไม่ทำให้สารละลายชั้นล่างติดออกมาด้วย จากนั้นเทสารละลายลงในชามกระเบื้อง และนำไประเหยสารละลายให้แห้งบนเครื่องอังน้ำ สกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยใช้ Ether และ Petroleum ether อย่างละ 15 มิลลิลิตร ทำการสกัดและระเหยสารละลายให้แห้งเช่นเดียวกับการสกัดครั้งแรกดังที่ได้กล่าวข้างต้น จากนั้นอบชามกระเบื้องที่มีไขมันในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ (ประมาณ 90 นาที) นำชามกระเบื้องออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 30 นาที และชั่งน้ำหนัก รายงานผลในรูปของเปอร์เซ็นต์ไขมันทั้งหมด

ก.6 การวิเคราะห์โปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างอ้างอิงจากวิธี In-house method TC 014 based on AOAC (2019) 991.20 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ เตรียมตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ลงในขวดคเจลดาห์ล จากนั้นเติม K_2SO_4 15 กรัม สารละลาย $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 1 มิลลิลิตร และเม็ดกันเดือด 8-10 เม็ด ลงในขวดคเจลดาห์ลแล้วปิดจุก ทำการวิเคราะห์ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง ย่อยตัวอย่างโดยใช้ความร้อนต่ำเพื่อไม่ให้เกิดฟองล้นออกจากคอของขวดคเจลดาห์ลจนกระทั่งได้ตัวอย่างสีเขียวอมฟ้าจางๆ ต้มให้เดือดต่อไปอีก 1-1.5 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แกว่งเพื่อให้สารละลายผสมกัน ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปกลั่น กลั่นตัวอย่างโดยเปิดน้ำหล่อเย็น จากนั้นเติมสารละลาย H_3BO_3 ที่มีอินดิเคเตอร์ 50 มิลลิลิตร ลงในขวดปริมาตรทรงกรวยขนาด 500 มิลลิลิตร และต่อขวดเพื่อรองรับของเหลวจากการกลั่นโดยให้ปลายของหลอดที่ต่อจากปลายของเครื่องควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลาย H_3BO_3 และค่อยๆ เติม 50% NaOH 75 มิลลิลิตร อย่างระมัดระวัง จากนั้นประกอบขวดเข้ากับเครื่องควบแน่นทันที เขย่าอย่างแรงเพื่อให้สารละลายผสมกัน และให้ความร้อนจนกระทั่ง NH_3 ถูกกลั่นออกมา เมื่อการกลั่นสมบูรณ์ไทเทรตสารละลาย H_3BO_3 ด้วย 0.1000 M HCl จนกระทั่งจุดยุติเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตร HCl ที่ใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ไนโตรเจน} \left(\frac{\text{กรัม}}{\text{100 กรัม}} \right) = \frac{14.007 \times M \times (V_A - V_B) \times 100}{1000 \times W}$$

เมื่อ V_A คือ ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_B คือ ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไทเทรต Blank (มิลลิลิตร)

M คือ Molarity ของสารละลาย HCl

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ก.7 การวิเคราะห์ใยอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในตัวอย่างอ้างอิงจากวิธี In-house method based on AOAC (2019) 978.10 มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ สกัดตัวอย่าง 2 กรัม ด้วย Ether หรือ Petroleum ether แล้วใส่ลงบีกเกอร์สำหรับย่อยสารเยื่อใยขนาด 600 มิลลิลิตร เติมสารละลายร้อน 1.25% H_2SO_4 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มบนเตาย่อยสารเยื่อใยจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำร้อนลงไปเพื่อล้างตะกอน แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศที่ความดัน 25 มิลลิเมตรปรอท ล้างตะกอนตกค้างด้วยน้ำร้อนปริมาตร 40-50 มิลลิลิตร จำนวน 4 ครั้ง แล้วถ่ายตะกอนลงบีกเกอร์สำหรับย่อยสารเยื่อใย เติมสารละลายร้อน 1.25% NaOH ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วต้มบนเตาย่อยสารเยื่อใยจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเปิดเครื่อง

กรองสุญญากาศ วางถ้วยครูซิเบิลในเครื่อง ตั้งความดัน 25 มิลลิเมตรปรอท แล้วจึงล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างตะกอนด้วยสารละลายร้อน 1.25% H_2SO_4 ปริมาตร 25-30 มิลลิลิตร 1 ครั้ง และล้างด้วยน้ำร้อน ปริมาตร 25-30 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ถ่ายตะกอนที่ได้ลงในถ้วยเผาที่สะอาดและชั่งน้ำหนัก (W_1) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วตั้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักทันทีที่อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง (W_2) นำตะกอนที่ผ่านการอบแห้งไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วตั้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักทันทีที่อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง (W_3)

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ใยอาหาร (\%)} = \frac{[(W_2 - W_3) - (B_2 - B_3)]}{W_1} \times 100$$

เมื่อ B_2 และ B_3 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของ Blank หลังจากการอบครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ก.8 การวัดค่าสี

อ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ เลื่อนสวิทซ์ให้อยู่ที่ตำแหน่ง OFF ต่อปลายสายของหัววัดเข้ากับเครื่องและขันสครูทั้ง 2 ข้างให้แน่น เสียบปลายด้านหนึ่งของ Adapter เข้าที่ตำแหน่ง Adapter socket แล้วเลื่อนสวิทซ์ POWER ON พร้อมกดปุ่ม ALL DATA CLEAR รอจนหน้าจอขึ้นตัวอักษร หลังจากนั้นกดปุ่ม INDEX SET และเลือกแหล่งแสง C หรือ D_{65} แล้วกดปุ่ม CALIBRATE เพื่อป้อนค่า Y, x และ y ซึ่งทราบได้จากแผ่น Calibrate นำหัววัดวางบนแผ่น Calibrate แล้วกดปุ่ม MEASURE รอจนเกิดการสะท้อนแสงครบ 3 ครั้ง หลังจากนั้นกดปุ่ม COLOR SPACE SELECT เพื่อเลือกระบบสีที่ต้องการใช้งาน เช่น CIE L*, a*, b* แล้วกดปุ่ม MEASURE เพื่อวัดสีตัวอย่างโดยใช้หัววัด CR-A71 ร่วมกับฐานรอง CR-A70 เนื่องจากตัวอย่างเป็นของเหลวขุ่น/ข้น

ตัวอย่างการคำนวณ

Chroma เป็นค่าที่แสดงถึงความอิ่มตัวของสี (McGuire, 1992) โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 หมายถึง สีจาง และค่าที่เข้าใกล้ 60 หมายถึง สีเข้ม

ตัวอย่างการคำนวณหา Chroma

จากข้อมูลการทดลองทำซ้ำครั้งที่ 1 a* = -1.89 , b* = 3.59

จากสูตร $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

$$c = \sqrt{(-1.89)^2 + (3.59)^2}$$

$$c = 4.06$$

Hue angle เป็นค่าที่แสดงถึงมุมในการตกกระทบของค่า a* ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 360 องศา (MaGuire, 1992)

ตัวอย่างการคำนวณหา Hue angle

จากสูตร $\text{Hue angle} = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) + 180° \text{ เมื่อ } a^*<0$

$$\text{Hue angle} = \arctan\left(\frac{3.59}{-1.89}\right) + 180°$$

$$\text{Hue angle} = 117.75$$

ก.9 การวัดค่าความหนืด

อ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีขั้นตอนพอสังเขป ดังนี้ นำหัววัดประกอบเข้ากับเครื่องวัดความหนืด โดยให้หมุนหัววัดไปทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งหัววัดความหนืดมีหลายเบอร์แต่ละเบอร์แตกต่างกันไปตามความหนืดของอาหารที่ต้องการใช้วัด หลักการเลือกหัววัด คือ ตัวอย่างที่มีความหนืดมากให้ใช้หัววัดที่มีขนาดเล็กและตัวอย่างที่มีความหนืดน้อยให้ใช้หัววัดที่มีขนาดใหญ่ ค่าของ Torque ที่ได้ต้องอยู่ในช่วง 10-90% หลังจากนั้นเปิดเครื่องโดยกดปุ่มสวิทช์ทางด้านหลังของเครื่อง แล้วเข้าโปรแกรมวัดความหนืด เลือกความเร็วรอบของการหมุนและเบอร์ของหัววัด แล้วใส่ตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดในภาชนะรองรับ นำมาวางประกอบเข้ากับเครื่องวัดความหนืด หมุนลูกบิดสีดำในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเพื่อปรับให้ส่วนที่เป็นหัววัดจุ่มในตัวอย่าง โดยระดับที่จุ่มจะต้องท่วมขีดเครื่องหมายที่แสดงอยู่บนหัววัด เมื่อทุกอย่างพร้อมจึงเริ่มวัดค่าความหนืด

ก.10 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total viable count)

เตรียมตัวอย่างอาหารโดยใช้กรรไกรปลอดเชื้อตัดตัวอย่างที่เป็นชิ้นให้ละเอียด นำมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม แล้วใส่ในถุงตีผสมอาหารปลอดเชื้อ เติมสารละลายน้ำเกลือ 225 มิลลิลิตร ลงในถุง นำไปตีผสมด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} เตรียมตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} และ 10^{-3} ดังนี้ ปิเปตตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายน้ำเกลือ 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} สำหรับตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-3} เตรียมได้โดยวิธีเดียวกัน นำตัวอย่างแต่ละระดับความเจือจางมาทำวิธี Pour plate ความเจือจางละ 2 ซ้ำ ในอาหาร

เลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของแต่ละความเจือจาง และหาค่า CFU/g ของตัวอย่าง

ก.11 การวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียในอาหาร

ก.11.1 การวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียกลุ่ม Thermophilic anaerobic spoilage

เตรียมตัวอย่างอาหารโดยใช้กรรไกรปลอดเชื้อตัดตัวอย่างที่เป็นชิ้นให้ละเอียด นำมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม แล้วใส่ในถุงตีผสมอาหารปลอดเชื้อ เติมสารละลายน้ำเกลือ 225 มิลลิลิตร ลงในถุง นำไปตีผสมด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} เตรียมตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} และ 10^{-3} ดังนี้ ปิเปตตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายน้ำเกลือ 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} สำหรับตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-3} เตรียมได้โดยวิธีเดียวกัน เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้ตับบดละเอียด หรืออาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Cooked meat medium ต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และถ่ายลงในหลอดทดลองจำนวน 4 หลอด ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองข้างต้น ปิดด้วยชั้นวุ้น Nutrient agar นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96-120 ชั่วโมง จำนวน 2 หลอด และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-72 ชั่วโมง จำนวน 2 หลอด สังเกตความเปลี่ยนแปลงของชั้นวุ้นด้านบน และบันทึกผล

ก.11.2 การวิเคราะห์จำนวนสปอร์ของแบคทีเรียกลุ่ม Flat sour spoilage

เตรียมตัวอย่างอาหารโดยใช้กรรไกรปลอดเชื้อตัดตัวอย่างที่เป็นชิ้นให้ละเอียด นำมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม แล้วใส่ในถุงตีผสมอาหารปลอดเชื้อ เติมสารละลายน้ำเกลือ 225 มิลลิลิตร ลงในถุง นำไปตีผสมด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} เตรียมตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} และ 10^{-3} ดังนี้ ปิเปตตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายน้ำเกลือ 9 มิลลิลิตร จะได้ตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-2} สำหรับตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-3} เตรียมได้โดยวิธีเดียวกัน ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร ใส่ในอาหารเหลว Bromocresol purple dextrose broth จำนวน 4 หลอด นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96-120 ชั่วโมง จำนวน 2 หลอด และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จำนวน 2 หลอด สังเกตความเปลี่ยนแปลงของสีอาหารเลี้ยงเชื้อ และบันทึกผล

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองเพิ่มเติม

จากการพัฒนาอกไก่ก้อนโดยการเพิ่มผงแอคคอด ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื้อของอกไก่ก้อนจึงมีความชุ่มน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิตโดยใช้อกไก่สดปั่นผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองแทนการใช้อกไก่ต้ม พบว่าอกไก่ก้อนที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นและจับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น

ตารางที่ ข.1 คุณลักษณะของอกไก่ก้อนสูตรต่าง ๆ

คุณลักษณะ	อกไก่ก้อนสูตร 1	อกไก่ก้อนสูตร 2	อกไก่ก้อนสูตร 3
เนื้อสัมผัส	เนื้อสัมผัสเป็นแป้ง ไม่มีความยืดหยุ่นขณะเคี้ยว	เนื้อสัมผัสของแป้งลดลง มีความคล้ายลูกชิ้น	เนื้อสัมผัสเป็นเนื้อบด ไม่มีความเป็นแป้ง
สี	สีเข้มที่สุด	สีเข้มปานกลาง	สีเข้มปานกลาง
กลิ่นรส	กลิ่นโปรตีนถั่วเหลือง	กลิ่นโปรตีนถั่วเหลือง	กลิ่นโปรตีนถั่วเหลือง
ความคงตัว	น้อยสุด	มากสุด	ปานกลาง
ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ	ชุ่มฉ่ำน้อย เนื้อค่อนข้างแห้ง	ชุ่มฉ่ำปานกลาง	ชุ่มฉ่ำมากที่สุด
ตัวอย่าง			

หมายเหตุ

อกไก่ก้อนสูตร 1 (สูตรที่ใช้ในโจ๊กอกไก่ก้อน): ใช้อกไก่ต้มสุกผสมกับโปรตีนถั่วเหลือง แป้งรำข้าว แป้งมัน ผงฟู และเครื่องปรุง

อกไก่ก้อนสูตร 2: ใช้อกไก่สดผสมกับโปรตีนถั่วเหลือง แป้งรำข้าว เครื่องปรุง แป้งมัน ผงฟู และผงแอกคอด

อกไก่ก้อนสูตร 3: ใช้อกไก่สดผสมกับโปรตีนถั่วเหลือง แป้งรำข้าว เครื่องปรุง และผงแอกคอด

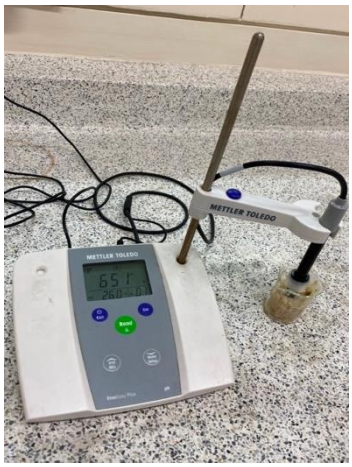
จากข้อมูลในตารางพบว่าเนื้อสัมผัสของอกไก่ก้อนสูตร 1 และ 2 มีลักษณะของความเป็นเนื้อแป้งมากกว่าอกไก่ก้อนสูตรที่ 3 เนื่องจากอกไก่ก้อนสูตร 1 และ 2 มีแป้งมันเป็นส่วนประกอบ ในส่วนของสีพบว่าอกไก่ก้อนสูตร 1 มีสีเข้มที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากการใช้อกไก่ต้มสุกเป็นวัตถุดิบ ทำให้อกไก่ก้อนสูตร 1 ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมากกว่าสูตร 2 และ 3 ซึ่งใช้อกไก่ดิบเป็นวัตถุดิบ สำหรับด้านกลิ่นรสพบว่าการเติมผงแอกคอดลงในส่วนผสมไม่ส่งผลต่อกลิ่นรสของอกไก่ก้อน โดยอกไก่ก้อนทั้ง 3 สูตรมีกลิ่นถั่วจากโปรตีนถั่วเหลืองเช่นเดียวกัน ในด้านความคงตัวพบว่าอกไก่ก้อนสูตร 2 มีความคงตัวมากที่สุด ยึดเกาะกันได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีองค์ประกอบของแป้งมันและผงแอกคอด ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการยึดเกาะกันเป็นก้อนของเนื้อรองลงมาเป็นอกไก่ก้อนสูตร 3 ซึ่งมีความคงตัวปานกลาง ยึดเกาะกันได้ดี และอกไก่ก้อนสูตร 1 ซึ่งมีความคงตัวน้อย ยึดเกาะกันได้ไม่ดี เนื่องจากมีเพียงแป้งมันเป็นตัวช่วยยึดเกาะ นอกจากนี้ในด้านความชุ่มฉ่ำของเนื้อสัมผัสพบว่าอกไก่ก้อนสูตร 3 มีความชุ่มฉ่ำมากที่สุด เนื่องจากมีองค์ประกอบของผงแอกคอดซึ่งมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ และไม่มีองค์ประกอบของแป้งมันที่อาจเกิดการเจลาติไนซ์กลายเป็นเจลของสตาร์ช ทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง

ภาคผนวก ค

อุปกรณ์

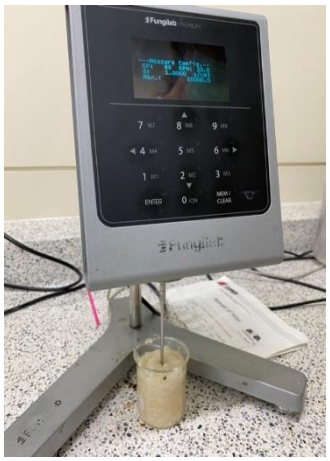
รูปที่ ค.1 หม้อฆ่าเชื้อ

รูปที่ ค.2 เครื่อง pH meter



รูปที่ ค.3 เครื่อง Minolta Colorimeter

รูปที่ ค.4 เครื่อง Fungilab Viscometer



ภาคผนวก ง

สารเคมี

รูปที่ ง.1 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของอาหารเลี้ยงเชื้อ Agar powder

SAFC®

www.sigmaaldrich.com

SAFETY DATA SHEET
according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 8.1
Revision Date 25.01.2021
Print Date 16.02.2021
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifiers

Product name	:	Agar extra pure, EMPROVE® ESSENTIAL Ph Eur,BP
Product Number	:	1.01615
Catalogue No.	:	101615
Brand	:	Millipore
REACH No.	:	A registration number is not available for this substance as the substance or its uses are exempted from registration, the annual tonnage does not require a registration or the registration is envisaged for a later registration deadline.
CAS-No.	:	9002-18-0

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses	:	Pharmaceutical production

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company	:	Merck KGaA Frankfurter Str. 250 D-64271 DARMSTADT
Telephone	:	+49 (0)6151 72-0
Fax	:	+49 6151 727780
E-mail address	:	TechnicalService@merckgroup.com

1.4 Emergency telephone

Emergency Phone #	:	+(44)-870-8200418 (CHEMTREC (GB)) +(353)-19014670 (CHEMTREC Ireland) 001-803-017-9114 (CHEMTREC India)

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.2 Label elements

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

รูปที่ ง.2 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของ Bromocresol purple

ThermoFisher SCIENTIFIC

SAFETY DATA SHEET

Creation Date 29-Oct-2010 **Revision Date** 18-Jan-2018 **Revision Number** 4

1. Identification

Product Name **Bromocresol Purple**

Cat No. : **AC151330000; AC151330010; AC151330050; AC151330250; AC151331400; AC151332500**

CAS-No 115-40-2
Synonyms 5`,5``-Dibromo-o-cresolsulfonephthalein; BCP; Bromcresol Purple

Recommended Use Laboratory chemicals.
Uses advised against Food, drug, pesticide or biocidal product use.
Details of the supplier of the safety data sheet

Company
Fisher Scientific
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100

Acros Organics
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410

Emergency Telephone Number
For information **US** call: 001-800-ACROS-01 / **Europe** call: +32 14 57 52 11
Emergency Number **US:**001-201-796-7100 / **Europe:** +32 14 57 52 99
CHEMTREC Tel. No.**US:**001-800-424-9300 / **Europe:**001-703-527-3887

2. Hazard(s) identification

Classification
Classification under 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

This chemical is not considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Label Elements

Hazard Statements

Precautionary Statements
Storage
Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed
Hazards not otherwise classified (HNOC)
None identified

รูปที่ ง.3 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของอาหารเลี้ยงเชื้อ Cooked meat medium

OXOID

SAFETY DATA SHEET
COOKED MEAT MEDIUM

Date of issue - 09/10/2008. **CM0081**

Section 1. Chemical Product and Company Identification

Product No.	CM0081
Trade name	COOKED MEAT MEDIUM
Manufacturer	Oxoid Limited Wade Road Basingstoke Hants RG24 8PW ENGLAND Tel: + 44 (0)1256 841144 Fax: + 44 (0)1256 463388
Supplier	Oxoid Limited Wade Road Basingstoke Hants RG24 8PW ENGLAND Tel: + 44 (0)1256 841144 Fax: + 44 (0)1256 463388

Section 2. Hazards Identification

Most Important Hazards	Not classified as hazardous.
Human health hazards - Eyes	May cause slight transient irritation.
Human health hazards - Skin	Material may cause slight irritation on prolonged or repeated contact.
Human health hazards - Ingestion	A large dose may have the following effects:- diarrhoea, nausea, vomiting.
Human health hazards - Inhalation	Exposure to dust at high concentrations may have the following effects:- irritation of nose, throat and respiratory tract.

Section 3. Composition, Information on Ingredients

Hazardous ingredients	This preparation does not contain any substances presenting a health hazard within the meaning of the Dangerous Substances Directive 67/548/EEC.

Section 4. First Aid Measures

First Aid - Eyes	Wash out eye with plenty of water. Obtain medical attention if soreness or redness persists.
First Aid - Skin	Wash skin with soap and water.
First Aid - Ingestion	Wash out mouth with water. Have victim drink 1-3 glasses of water to dilute stomach contents.
First Aid - Inhalation	Remove from exposure. Seek medical attention if you feel unwell.

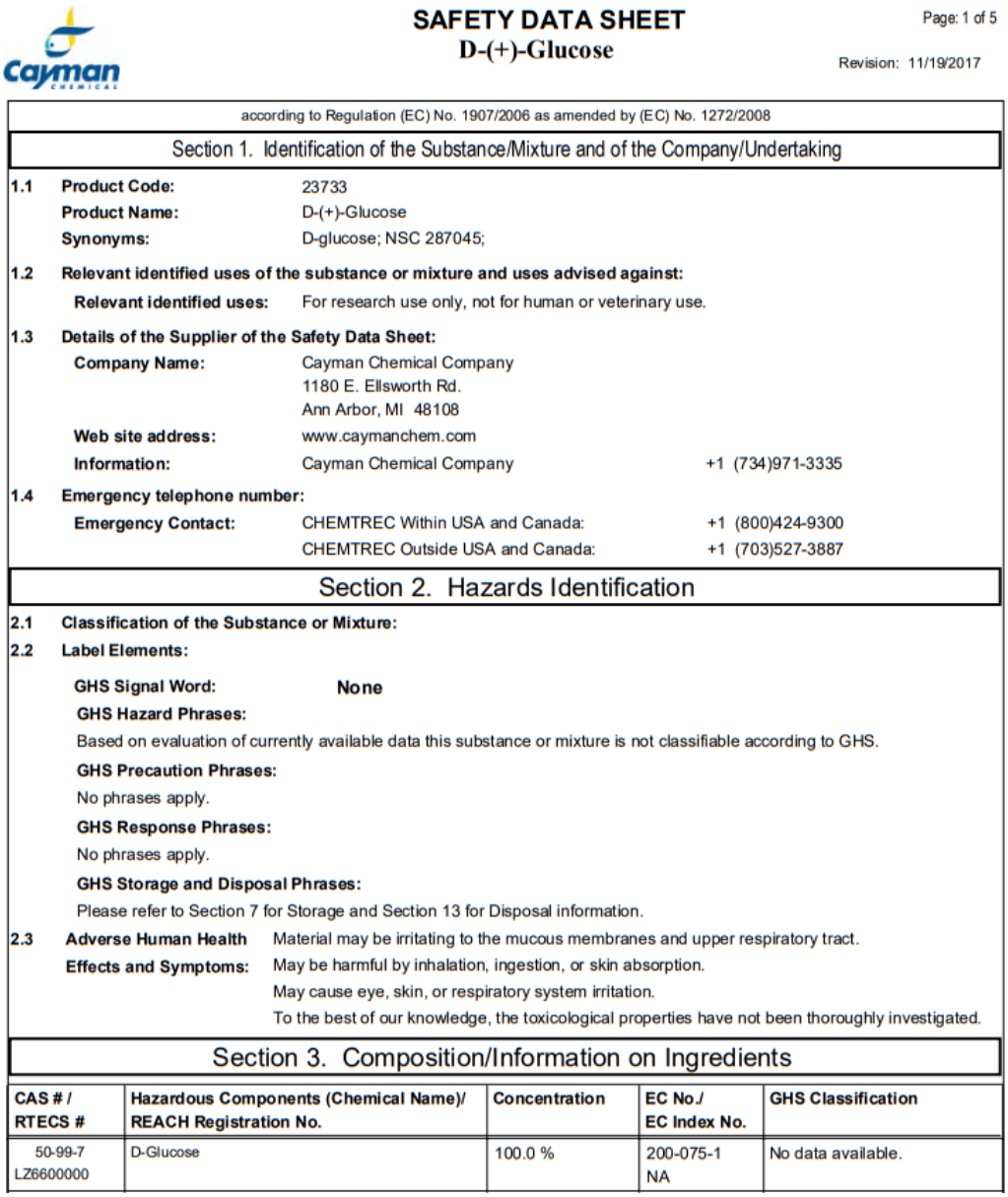
Section 5. Fire Fighting Measures

Extinguishing Media - Suitable	Use water spray, foam, dry chemical or carbon dioxide.

Section 6. Accidental Release Measures

Personal Precautions	Wear appropriate protective clothing.
Spill	Sweep up into suitable containers for recovery or disposal. Finally flush area with plenty of water.

รูปที่ ง.4 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของ D-(+)-Glucose



Cayman CHEMICAL

SAFETY DATA SHEET
D-(+)-Glucose

Page: 1 of 5
Revision: 11/19/2017

according to Regulation (EC) No. 1907/2006 as amended by (EC) No. 1272/2008

Section 1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking

1.1 Product Code: 23733
Product Name: D-(+)-Glucose
Synonyms: D-glucose; NSC 287045;

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against:
Relevant identified uses: For research use only, not for human or veterinary use.

1.3 Details of the Supplier of the Safety Data Sheet:
Company Name: Cayman Chemical Company
1180 E. Ellsworth Rd.
Ann Arbor, MI 48108
Web site address: www.caymanchem.com
Information: Cayman Chemical Company +1 (734)971-3335

1.4 Emergency telephone number:
Emergency Contact: CHEMTREC Within USA and Canada: +1 (800)424-9300
CHEMTREC Outside USA and Canada: +1 (703)527-3887

Section 2. Hazards Identification

2.1 Classification of the Substance or Mixture:
2.2 Label Elements:

GHS Signal Word: **None**

GHS Hazard Phrases:
Based on evaluation of currently available data this substance or mixture is not classifiable according to GHS.

GHS Precaution Phrases:
No phrases apply.

GHS Response Phrases:
No phrases apply.

GHS Storage and Disposal Phrases:
Please refer to Section 7 for Storage and Section 13 for Disposal information.

2.3 Adverse Human Health Effects and Symptoms: Material may be irritating to the mucous membranes and upper respiratory tract.
May be harmful by inhalation, ingestion, or skin absorption.
May cause eye, skin, or respiratory system irritation.
To the best of our knowledge, the toxicological properties have not been thoroughly investigated.

Section 3. Composition/Information on Ingredients

CAS # / RTECS #	Hazardous Components (Chemical Name)/ REACH Registration No.	Concentration	EC No./ EC Index No.	GHS Classification
50-99-7 LZ6600000	D-Glucose	100.0 %	200-075-1 NA	No data available.

รูปที่ ง.5 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar

Millipore

www.sigmaaldrich.com

SAFETY DATA SHEET
according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.4
Revision Date 14.03.2021
Print Date 03.04.2021
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifiers

Product name : Nutrient agar acc. ISO 6579, ISO 10273 and ISO 21528

Product Number : 1.05450
Catalogue No. : 105450
Brand : Millipore
REACH No. : This product is a mixture. REACH Registration Number see section 3.

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Reagent for analysis

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Merck KGaA
Frankfurter Str. 250
D-64271 DARMSTADT

Telephone : +49 (0)6151 72-0
Fax : +49 6151 727780
E-mail address : TechnicalService@merckgroup.com

1.4 Emergency telephone

Emergency Phone # : +(44)-870-8200418 (CHEMTREC (GB))
+(353)-19014670 (CHEMTREC Ireland)
001-803-017-9114 (CHEMTREC India)

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.2 Label elements

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

รูปที่ ง.6 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของ Sodium Chloride

Supelco®

www.sigmaaldrich.com

SAFETY DATA SHEET
according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.5
Revision Date 24.02.2021
Print Date 28.02.2021
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifiers

Product name : Sodium chloride for analysis EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur

Product Number : 1.06404
Catalogue No. : 106404
Brand : Millipore
REACH No. : 01-2119485491-33-XXXX
CAS-No. : 7647-14-5

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Reagent for analysis

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Merck KGaA
Frankfurter Str. 250
D-64271 DARMSTADT

Telephone : +49 (0)6151 72-0
Fax : +49 6151 727780
E-mail address : TechnicalService@merckgroup.com

1.4 Emergency telephone

Emergency Phone # : +(44)-870-8200418 (CHEMTREC (GB))
+(353)-19014670 (CHEMTREC Ireland)
001-803-017-9114 (CHEMTREC India)

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.2 Label elements

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

รูปที่ ง.7 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของ Tryptone

Safety Data Sheet
according to 29CFR1910/1200 and GHS Rev. 3

Effective date : 10.24.2014 Page 1 of 6

Tryptone

SECTION 1 : Identification of the substance/mixture and of the supplier

Product name : **Tryptone**

Manufacturer/Supplier Trade name:

Manufacturer/Supplier Article number: **S25827**

Recommended uses of the product and uses restrictions on use:

Manufacturer Details:

AquaPhoenix Scientific
9 Barnhart Drive, Hanover, PA 17331

Supplier Details:

Fisher Science Education
15 Jet View Drive, Rochester, NY 14624

Emergency telephone number:

Fisher Science Education Emergency Telephone No.: 800-535-5053

SECTION 2 : Hazards identification

Classification of the substance or mixture:

Not classified for physical or health hazards under GHS.

Hazard statements:
Precautionary statements:
If medical advice is needed, have product container or label at hand
Keep out of reach of children
Read label before use
Do not eat, drink or smoke when using this product

Combustible Dust Hazard: :
May form combustible dust concentrations in air (during processing).

Other Non-GHS Classification:

WHMIS
NFPA/HMIS

NFPA SCALE (0-4)

HMIS RATINGS (0-4)

SECTION 3 : Composition/information on ingredients

รูปที่ ง.8 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar

Millipore®

www.sigmaaldrich.com

SAFETY DATA SHEET

according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.4
Revision Date 20.01.2021
Print Date 09.02.2021
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifiers

Product name : Plate Count agar acc. ISO 4833, ISO 17410 and FDA-BAM

Product Number : 1.05463
Catalogue No. : 105463
Brand : Millipore
REACH No. : This product is a mixture. REACH Registration Number see section 3.

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Biochemical research/analysis, Reagent for analysis

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Merck KGaA
Frankfurter Str. 250
D-64271 DARMSTADT

Telephone : +49 (0)6151 72-0
Fax : +49 6151 727780
E-mail address : TechnicalService@merckgroup.com

1.4 Emergency telephone

Emergency Phone # : +(44)-870-8200418 (CHEMTREC (GB))
+(353)-19014670 (CHEMTREC Ireland)
001-803-017-9114 (CHEMTREC India)

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.2 Label elements

Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No 1272/2008.

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความหนืดของโจ๊กอกไก่ก้อนที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

Viscosity

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
50	2	4687.400		
30	2		5048.250	
20	2			7913.100
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ทอร์กของโจ๊กอกไก่ก้อนที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

%Torque

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
30	2	15.100		
20	2		15.750	
50	2			23.400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความหนืดของโจ๊ก ตรา โรซ่าพร้อม ที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

Viscosity

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
50	2	4687.400		
30	2		5048.250	
20	2			7913.100
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ทอร์กของโจ๊ก ตรา โรซ่าพร้อม ที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

%Torque

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
30	2	15.100		
20	2		15.750	
50	2			23.400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความหนืดของโจ๊ก ตรา BabyEarth ที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

Viscosity

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
20	2	2499.750	
50	2	2630.800	
30	2		3375.900
Sig.		.171	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ทอร์กของโจ๊ก ตรา BabyEarth ที่ Shear rate 3 ระดับ ได้แก่ 20, 30 และ 50

%Torque

Duncan[a]

Shearrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
20	2	4.950		
30	2		10.100	
50	2			13.150
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความหนืดของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

Viscosity

Duncan[a]

Month	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	3	12919.67		
2	3		14174.00	
1	3			15758.33
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ทอร์กของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

%Torque

Duncan[a]

Month	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	3	64.53		
2	3		70.80	
1	3			78.70
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสีของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน

Group Statistics

	Month	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
L	0	3	57.7633	.93607	.54044
	2	3	56.2933	.07234	.04177
a	0	3	-1.8900	.03000	.01732
	2	3	-.9500	.06245	.03606
b	0	3	3.7133	.10786	.06227
	2	3	8.6100	.03606	.02082
C	0	3	4.1067	.07234	.04177
	2	3	8.6633	.04041	.02333
Hue	0	3	-63.000	.7550	.4359
	2	3	-83.700	.3606	.2082

ตารางที่ จ.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสีของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
L	Equal variances assumed	7.556	.051	2.712	4	.053	1.47000	.54205	-.03498	2.97498
	Equal variances not assumed			2.712	2.024	.112	1.47000	.54205	-.83609	3.77609
a	Equal variances assumed	2.286	.205	-23.500	4	.000	-.94000	.04000	-1.05106	-.82894
	Equal variances not assumed			-23.500	2.876	.000	-.94000	.04000	-1.07045	-.80955
b	Equal variances assumed	5.365	.081	-74.577	4	.000	-4.89667	.06566	-5.07897	-4.71437
	Equal variances not assumed			-74.577	2.441	.000	-4.89667	.06566	-5.13545	-4.65788
C	Equal variances assumed	2.165	.215	-95.243	4	.000	-4.55667	.04784	-4.68950	-4.42384
	Equal variances not assumed			-95.243	3.138	.000	-4.55667	.04784	-4.70521	-4.40812
Hue	Equal variances assumed	1.280	.321	42.853	4	.000	20.7000	.4830	19.3588	22.0412
	Equal variances not assumed			42.853	2.867	.000	20.7000	.4830	19.1216	22.2784

ตารางที่ จ.11 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของโจ๊กอกไก่ก้อนที่อายุการเก็บรักษา 0, 1 และ 2 เดือน

pH

Duncan[a]

Month	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	3	6.5767		
1	3		6.6900	
2	3			6.8033
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ปีงบประมาณ 2563
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ฉีกเสริมโปรตีนจากแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทาน
(Development of ready-to-eat chicken breast rice porridge high in protein)

นิสิตผู้ร่วมโครงการ
1. นางสาว ฌวนา ริมคีรี 6032515923 (หัวหน้าโครงการ)
2. นางสาว นภสร บุญส่ง 6032529723 (ผู้ร่วมโครงการ)
3. นางสาว วรัญญา โชติช่วง 6032561723 (ผู้ร่วมโครงการ)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร. ดริษ กวักเพฑูรย์

---

1. มูลเหตุจูงใจ

ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นไปอย่างเร่งรีบแข่งกับเวลา มนุษย์จึงต้องการความสะดวกสบายและรวดเร็ว การพัฒนาโจ๊กพร้อมรับประทานจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกใหม่ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน จากการสำรวจผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูปที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด พบว่ามีโปรตีนในปริมาณต่ำ อีกทั้งขาดใยอาหารและวิตามินที่สำคัญแก่ร่างกาย ผู้วิจัยเล็งเห็นว่ารำข้าวเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยใยอาหารและวิตามิน รวมทั้งถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น อีกทั้งปัจจุบันรำข้าวสกัดไขมันที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยจึงเลือกนำรำข้าวสกัดไขมันที่เหลือจากกระบวนการอุตสาหกรรมหรือที่เรียกว่าแป้งรำข้าวนั้น มาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่า และทำให้เกิดประโยชน์โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โจ๊กเสริมโปรตีนจากแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงพร้อมรับประทานเหมาะสำหรับทุกเพศ ทุกวัย

2. ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

2.1 รำข้าว

รำข้าว คือ ผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รำหยาบ หรือรำข้าวกล้อง เป็นรำข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง รำประเภทนี้มีปริมาณใยอาหารสูง แต่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ และรำละเอียด หรือรำข้าวขาว เป็นรำข้าวที่ได้จากการสีข้าวกล้องให้เป็นข้าวขาว รำประเภทนี้มีปริมาณน้ำมันสูง จึงนิยมนำไปใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันรำข้าวที่รู้จักกันในปัจจุบัน ในกระบวนการสกัดน้ำมันจะสูญเสียวิตามินอี และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โอรีซานอล ไฟโตสเต

อรอล ฯลฯ ไปกับน้ำมันด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจาก**ตารางที่ 1** รำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันยังคงมีสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า และใยอาหาร (มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของรำข้าว	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)				
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
รำข้าวดิบ[a]	12.0	13.7	12.1	14.4	25.4
รำข้าวดิบ[b]	14.1	20.9	12.8	8.4	43.5
รำข้าวสกัดไขมัน[a]	18.3	5.4	11.2	8.6	31.6
รำข้าวสกัดไขมัน[b]	18.2	1.6	15.3	10.5	54.3
รำข้าวสกัดไขมัน[c]	12.8	7.0	8.9	8.2	58.2

ที่มา: [a] Connor (1976) [b] Prakash (1996) และ [c] Youssef (1974)

โดยทั่วไปรำละเอียดจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ หาได้ง่าย และมีราคาถูก แต่ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายฉบับกล่าวถึงคุณประโยชน์ของสารอาหารในรำข้าวที่ส่งผลดีต่อร่างกายของมนุษย์ เช่น ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล และลดการดูดซึมน้ำตาลในกระแสเลือด ส่งผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพิ่มประสิทธิภาพของระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่าย ลดปัญหาท้องผูก ป้องกันโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร และมะเร็งลำไส้ใหญ่ รวมถึงลดการดูดซึมไขมันจากอาหาร ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง และป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด ด้วยประการนี้รำข้าวจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น จากงานวิจัยพบว่าในปัจจุบันแป้งรำข้าวถูกนำมาใช้เป็นหนึ่งในวัตถุดิบเพื่อการพัฒนาคุณภาพของอาหาร เช่น การปรับปรุงองค์ประกอบของไขมัน ทรานส์ในลูกชิ้น (Hu, G, 2015) การพัฒนาความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ด้วยการเติมรำข้าวสกัดไขมันในปริมาณ 5 และ10% (Abdul-Hamid et al., 2000) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในด้านเนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น อีกทั้งยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

2.2 ข้าว

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของเศรษฐกิจไทยมาอย่างยาวนาน เนื่องจากการจำหน่ายและส่งออกข้าวเป็นรายได้หลักของประเทศมาตั้งแต่สมัยอยุธยาจนถึงปัจจุบัน ข้าวในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมมะลิ 105 มีต้นกำเนิดมาจากจังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพันธุ์ข้าวเบาที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวขาวดอกมะลิ โดยเลข 105 หมายถึงพันธุ์ข้าวรวงที่ 105

จากพันธุ์ข้าวทั้งหมด 199 รวงที่นำมาทดลองปลูก ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ปลูกได้ดีที่สุดในประเทศไทยเท่านั้น ลักษณะเฉพาะของข้าวสายพันธุ์นี้คือ มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เมื่อพิจารณาองค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวพบว่ามีสัดส่วนอมิโลสต่ออมิโลเปคตินต่ำ โดยมีปริมาณอมิโลสเพียง 10-19% ทำให้ข้าวสุกที่ผ่านการหุงมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และเหนียว เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำในระหว่างการหุงจะดูดน้ำได้น้อยกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูง ทำให้ข้าวที่ได้มีความเหนียวมากกว่า (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559)

2.3 โปรตีนถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลือง หรือเนื้อเทียมคืออาหารแปรรูปที่มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูง ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน โปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิดดังที่แสดงใน**ตารางที่ 2** และมีสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุดังที่แสดงใน**ตารางที่ 3** จึงเป็นที่ยอมรับว่าสามารถรับประทานทดแทนเนื้อสัตว์ได้ ไม่ทำให้ขาดสารอาหาร ในปัจจุบันโปรตีนถั่วเหลืองที่พบมีหลายรูปแบบทั้งแบบมีรสชาติและไม่มีรสชาติ หลายขนาดและรูปร่างตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงเกล็ดเล็กๆสามารถหาซื้อได้ง่าย และมีราคาถูกจึงเป็นที่นิยมในกลุ่มคนทำอาหาร (Hackett, 2019) จากรายละเอียดข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กเสริมใยอาหารจากรำข้าวและโปรตีนถั่วเหลืองพร้อมรับประทาน

ตารางที่ 2 ชนิดกรดอะมิโนในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณ (กรัม)
ลูซีน	3.98
ไลซีน	3.11
ฟีนิลอะลานีน	2.85
วาลีน	2.25
ทรีโอนีน	2.18
ไอโซ-ลูซีน	2.13
ไทโรซีน	1.88
ทริปโตเฟน	0.91
ซิสตีน	0.80
เมทไทโอนีน	0.73

ที่มา: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2556)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารอาหารในโปรตีนถั่วเหลือง 100 กรัม

ประเภทของสารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร	
โปรตีน	49.76	กรัม
คาร์โบไฮเดรต (รวม Crude fiber)	40.89	กรัม
ใยอาหาร	13.60	กรัม
เถ้า	6.78	กรัม
ความชื้น	2.15	กรัม
ไขมัน	0.42	กรัม
พลังงาน	366.38	กิโลแคลอรี
โพแทสเซียม	6.71	กรัม
ฟอสฟอรัส	773.70	มิลลิกรัม
แคลเซียม	138.90	มิลลิกรัม
เหล็ก	6.80	มิลลิกรัม
โซเดียม	0.95	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	2.35	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.26	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.2	มิลลิกรัม

ที่มา: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2556)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับโปรตีนถั่วเหลือง โดยส่วนใหญ่เป็นการนำโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับเนื้อสัตว์ เพื่อศึกผลของโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ และน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างการปรุงของเนื้อ ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน กล่าวคือการเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณ 10% โดยน้ำหนัก ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นปริมาณที่ไม่ส่งผลในด้านลบต่อคุณภาพของเนื้อข้างต้น หากเติมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณที่มากขึ้น คือ 20 และ 30% โดยน้ำหนัก จะส่งผลให้คุณภาพของเนื้อในด้านเนื้อสัมผัส สี ความฉ่ำน้ำ และน้ำที่สูญเสียระหว่างการปรุงดีขึ้น แต่จะทำให้คุณภาพของกลิ่นและรสชาติแย่ลง (Gujral et al., 2002)

2.4 ไข่ขาวผง

ไข่ขาวผง (Egg White Powder) เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านกระบวนการคัดแยกเอาไข่แดงออก และเปลี่ยนสถานะจากของเหลว ด้วยกรรมวิธี Spray Dry เพื่อให้กลายเป็นผง ในไข่ขาวผงมีโปรตีนคุณภาพดีในปริมาณสูงประมาณ 78.7% wet basis (E., 2009) สามารถตอบโจทย์กลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการโปรตีนเสริมหลายกลุ่ม เช่น นักกีฬา ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคมะเร็ง ผู้ป่วยโรคไต และผู้คนที่มีวิถีชีวิตเร่งรีบ เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับไข่ขาวผงพบว่าในปัจจุบันได้มีการผสมไข่ขาวผงลงในอาหารเพื่อพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการและคุณค่าทางประสามสัมผัสของอาหารเช่น การเติมไข่ขาวผงร้อยละ 5.0 ของน้ำหนักแห้งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส การหุงต้ม และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเกตตีแป้งข้าว (ภัควัฒน์ เดชชีวะ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2559)

2.5 โจ๊ก

โจ๊กเป็นอาหารที่รับประทานกันอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย มีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังรับประทานง่าย และรับประทานได้ทุกมื้อ ด้วยเหตุนี้ทำโจ๊กได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากการรับประทานโจ๊ก 1 ชาม พบว่าสารอาหารหลักที่ได้รับ คือ คาร์โบไฮเดรตคิดเป็น 44.77 กรัม ในส่วนของโปรตีนคิดเป็น 8.74 กรัม ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับในแต่ละวัน กำหนดโดย Thai RDI (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่182, 2541) (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2553) แม้จะมีการเพิ่มโปรตีนจากแหล่งต่างๆ เช่น หมู เครื่องใน ไข่ เป็นต้น แต่ปริมาณโปรตีนที่ได้รับอาจไม่เพียงพอและมีคุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กพร้อมรับประทานที่มีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่าการรับประทานอาหารในหนึ่งมื้อและมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของโจ๊กพร้อมรับประทานด้วยการเสริมโปรตีนจากแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผง

3.2 เพื่อพัฒนา และเพิ่มมูลค่ากากรำข้าวสกัดไขมันที่ผ่านกระบวนการอุตสาหกรรม

3.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบคุณลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปของผลิตภัณฑ์โจ๊กเมื่อมีการเติมแป้งรำข้าวในปริมาณต่างๆ

4.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์

5. ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลา / การดำเนินงาน	มิ.ย. 63	ก.ค. 63	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64
1.ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย												
2.ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนและออกแบบการทดลองและจัดเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ บรรจุภัณฑ์ และสารเคมีที่ใช้												
3.ดำเนินการเตรียมและพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูป เพื่อวิเคราะห์และเลือกสูตรโดยการจัดทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส												
4.พัฒนาสูตรที่ได้รับการยอมรับโดยเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Sterilization												
5.วิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา												
6.ศึกษาผลของเวลาต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลา 0,1,2 เดือน และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ												

7.สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและนำเสนอ												

6. รายละเอียดการดำเนินการงานวิจัย

6.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ และสื่อออนไลน์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง ไข่ขาวผงและกระบวนการผลิตโจ๊กสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน

6.2 วิเคราะห์ข้อมูล เอกสารทางวิชาการ วางแผนและออกแบบการทดลองที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ รวมถึงการจัดหาวัตถุดิบ อุปกรณ์ บรรจุภัณฑ์ และสารเคมีที่ต้องใช้

6.3 ดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้ โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

6.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

6.3.1.1 ปลายข้าวหอมมะลิ 105

จัดซื้อปลายข้าวหอมมะลิ 105 คัดแยกสิ่งเจือปน จากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 250µm เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.1.2 แป้งรำข้าว

นำตัวอย่างแป้งรำข้าวที่ได้รับจากโรงงานคิงส์มาแบ่งบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องและพ้นแสงแดด จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.1.3 โปรตีนถั่วเหลือง

จัดซื้อโปรตีนถั่วเหลืองประเภทบดละเอียด คัดแยกสิ่งเจือปน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.1.4 ไข่ขาวผง

จัดซื้อไข่ขาวผง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.1.5 อกไก่ฉีก

จัดซื้ออกไก่สด นำมาต้มให้สุก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.1.6 ผักอบแห้ง

จัดซื้อผักอบแห้ง คัดแยกสิ่งเจือปน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

6.3.2 การเตรียมส่วนผสมของวัตถุดิบ

ทำการผสมวัตถุดิบปลายข้าวหอมมะลิ โปรตีนถั่วเหลืองบด ไข่ขาวผง อกไก่ฉีก ผักอบแห้ง และแป้งรำข้าว

กำหนดให้สูตรที่ใช้ในการทดลองกำหนดให้มีอัตราส่วนของของแห้งเท่ากับ 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ ซุป 3 ลิตร
โดยมีอัตราส่วนดังนี้

สูตรที่ 1 60 : 10 : 10 : 10 : 5 : 5
สูตรที่ 2 55 : 10 : 10 : 10 : 5 : 10
สูตรที่ 3 50 : 10 : 10 : 10 : 5 : 15

ผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน 1 ซอง มีปริมาตร 300 กรัม โดยอัตราส่วนของวัตถุดิบในแต่ละสูตรจะได้รับคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

สูตรที่ 1 โจ๊กปริมาตร 300 กรัม มีส่วนประกอบของปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 48.00 กรัม และโปรตีน 3.60 กรัม โปรตีนถั่วเหลืองบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 4.09 กรัม โปรตีน 4.98 กรัม ใยอาหาร 1.36 กรัม และไขมัน 0.042 กรัม ไข่ขาวผงร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 8.00 กรัม อกไก่ฉีกร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 2.36 กรัม แป้งรำข้าวร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 1.58 กรัม โปรตีน 0.92 กรัม และใยอาหาร 0.52 กรัม

สูตรที่ 2 โจ๊กปริมาตร 300 กรัม มีส่วนประกอบของปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 55 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 44.00 กรัม และโปรตีน 3.30 กรัม โปรตีนถั่วเหลืองบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 4.09 กรัม โปรตีน 4.98 กรัม ใยอาหาร 1.36 กรัม และไขมัน 0.042 กรัม ไข่ขาวผงร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 8.00 กรัม อกไก่ฉีกร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 2.36 กรัม แป้งรำข้าวร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 3.16 กรัม โปรตีน 1.83 กรัม และใยอาหาร 1.05 กรัม

สูตรที่ 3 โจ๊กปริมาตร 300 กรัม มีส่วนประกอบของปลายข้าวหอมมะลิร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 40.00 กรัม และโปรตีน 3.00 กรัม โปรตีนถั่วเหลืองบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 4.09 กรัม โปรตีน 4.98 กรัม ใยอาหาร 1.36 กรัม และไขมัน 0.042 กรัม ไข่ขาวผงร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 8.00 กรัม อกไก่ฉีกร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คิดเป็นโปรตีน 2.36 กรัม แป้งรำข้าวร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก คิดเป็นคาร์โบไฮเดรต 4.74 กรัม โปรตีน 2.74 กรัม และใยอาหาร 1.58 กรัม

6.3.3 การเตรียมผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูป

ผสมวัตถุดิบแห้งได้แก่ ปลายข้าวบด โปรตีนถั่วเหลืองบด ไข่ขาวผง อกไก่ฉีก ผักอบแห้ง และแป้งรำข้าว โดยมีอัตราส่วนดังนี้

สูตรที่ 1 60 : 10 : 10 : 10 : 5 : 5
สูตรที่ 2 55 : 10 : 10 : 10 : 5 : 10
สูตรที่ 3 50 : 10 : 10 : 10 : 5 : 15

เคี่ยวน้ำซุปจากโครงไก่ กระเทียม และรากผักชี ปรุงรสด้วย เกลือ ซีอิ๊วขาว น้ำตาลทราย และพริกไทย

↓

ผสมวัตถุดิบแห้งและน้ำซุปในอัตราส่วน 1: 3

↓

ให้ความร้อนใน water bath อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

↓

ได้ผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ฉีกเสริมใยอาหารจากรำข้าวสกัดไขมันและเสริมโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผง ทั้งหมด 3 สูตร

6.3.4 จัดทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โจ๊กทั้ง 3 สูตร ที่ได้จัดเตรียมในขั้นตอนข้างต้น โดยวิธี 7-point hedonic Scale

6.3.5 เลือกสูตรผลิตภัณฑ์โจ๊กอกไก่ฉีกเสริมโปรตีนจากแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผง ที่มีคะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านการยอมรับรวมสูงที่สุดจากผู้ทดสอบมาเป็นสูตรควบคุมและนำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Sterilization ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที และคำนวนค่า F-value

6.3.6 วิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพเคมีและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โจ๊กเสริมโปรตีนจากแป้งรำข้าว โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาวผงทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Sterilization โดยวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังนี้

<u>วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ</u>

1. วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์โจ๊กด้วยเครื่องวัดสี Color Flex HunterLab รายงานค่า L^*, a^* และ b^*

2. วัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โจ๊กโดยใช้เครื่อง Viscometer รายงานค่า centipoise

<u>วิเคราะห์สมบัติทางเคมี</u>

1. วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โจ๊กได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และความชื้น โดยใช้วิธี AOAC (2005)

<u>วิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา</u>

1. ตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียทั้งหมดในอาหารโดยวิธี Pour plate ตามวิธีมาตรฐาน DMSc F 2013

2. ตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus* ในอาหารตามวิธีมาตรฐาน DMSc F 2001

3. ตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีมาตรฐาน DMSc F 2006

4. ตรวจวิเคราะห์ *Salmonella spp* ตามวิธีมาตรฐาน DMSc F 2004

5. ตรวจวิเคราะห์ *Clostridium perfringens* ตามวิธีมาตรฐาน DMSc F 2002

6. ศึกษาผลของเวลาต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โจ๊กสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน (Shelf life of food) ที่เวลา 0, 1, 2 เดือน โดยตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าสี , ความหนืด

7. เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน และสรุปผลการทดลอง

8. จัดทำรายงานและนำเสนอผลงานทางวิชาการ

7. งบประมาณ

7.1 วัตถุดิบ		
โปรตีนถั่วเหลือง	2,000	บาท
ปลายข้าวหอมมะลิ	500	บาท
ไข่ขาวผง	1,500	บาท
อกไก่สด	500	บาท
เครื่องปรุงรสอื่นๆ	1,500	บาท
7.2 วัสดุและอุปกรณ์		
สารเคมี	2,000	บาท
อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	2,000	บาท
บรรจุภัณฑ์	1,000	บาท
7.3 อื่นๆ		
ค่าสำเนาเอกสารและสิ่งพิมพ์	500	บาท
เงินสำรอง	1,500	บาท
รวม	**13,000**	**บาท**

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวณวนา ริมคีรี

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 092-087-9110

Email chawanar.mm@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวนภสร บุญส่ง

ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 087-320-2344

Email earthnoppasorn@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาววรัญญา โชติช่วง

ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 065-942-2947

Email warunyachotichuang@gmail.com