ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพในผลิตภัณฑ์ข้าวผัด “ซอสกอและ”พร้อมรับประทาน

EFFECT OF THERMAL PROCESS ON QUALITY OF READY TO EAT FRIED RICE IN “GOLEK SAUCE” PRODUCT

อริสรา คุณพระมา

ARISARA KHUNPRAMA

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ 2565

KMITL-2022-SC-M-020-066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF THERMAL PROCESS ON QUALITY OF READY TO EAT FRIED RICE IN “GOLEK SAUCE” PRODUCT

ARISARA KHUNPRAMA

A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE

DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY

DEPARTMENT OF BIOLOGY SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

KMITL-2022-SC-M-020-066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022
SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพในผลิตภัณฑ์ข้าวผัด“ซอสกอและ”พร้อมรับประทาน
ชื่อนักศึกษา	นางสาว อริสรา คุณพระมา
รหัสประจำตัว	60605040
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ อารี ฤทธิบูรณ์

บทคัดย่อ

ในการศึกษาผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน ขั้นแรกศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวตาแห้ง17 ข้าวปทุมธานี60 และข้าวลืมผัว เพื่อนำมาใช้ทำข้าวผัดซอสกอและ พบว่าข้าวขาวตาแห้ง17 เหมาะสมในการแปรรูปเป็นข้าวผัด เนื่องจากมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำอยู่ในระดับน้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการหุงต้ม 16 นาที ซึ่งน้อยกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานีและข้าวลืมผัว นอกจากนี้ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และร่วน ไม่แตกและแข็งเกินไป จากการศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวขาวตาแห้ง17 มาลวกเป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที พบว่าการลวกที่ระยะเวลา 8 นาที ส่งผลให้เมล็ดข้าวเรียว มีปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม และมีความร่วนกว่าการลวกเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นข้าวผัด จากนั้นทำการศึกษาสูตรซอสกอและ โดยการคัดเลือกจาก 3 สูตร ที่มีส่วนผสมชนิดของข้าวแตกต่างกัน ได้แก่ สูตรที่ 1 ไม่เติมข้าว สูตรที่ 2 เติมข้าวหอมมะลิ และสูตรที่ 3 เติมข้าวลืมผัว พบว่าสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 point) มากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม มีค่าเท่ากับ 6.67, 6.60, 5.87, 6.00, และ 6.33 ตามลำดับ สำหรับการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้อุณหภูมิและเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ในการเตรียมโปรตีนเกษตรและข้าวผัดซอสกอและ โดยกำหนดอัตราส่วนโปรตีนเกษตรหรือข้าวต่อซอสกอและ 3 ระดับคือ 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ พบว่าการใช้อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ในการเตรียมโปรตีนเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และข้าวผัดซอสกอและอัตราส่วน 1:1 เหมาะสมที่สุด จากนั้นทำการทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อในระดับอุตสาหกรรมด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบพ่นน้ำ (Water spray retort) ที่ระดับ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อที่ระดับดังกล่าวส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วนค่า (a*) และ (b*) เพิ่มขึ้น โดยที่ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 6.35 ในขณะปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตลดลง แต่ปริมาณไขมัน เถ้า ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เพิ่มขึ้น สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวผัดซอสกอและพบว่าการฆ่าเชื้อส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) และค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) ลดลง ในขณะที่โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ มีลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นในทุกด้าน ทำการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 point) พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและได้รับการยอมรับในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สีสันของผลิตภัณฑ์ กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก มีค่าเท่ากับ 7.54, 7.77, 7.65, 7.54, 7.74, และ 7.76 ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือนมาทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และปลอดภัยต่อผู้บริโภค จัดเป็นการฆ่าเชื้อเชิงพาณิชย์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ ซึ่งเป็นอาหารท้องถิ่นทางใต้ของประเทศไทย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคจะได้รับประทานอาหารที่ปลอดภัย ไม่ยุ่งยากในการเตรียมวัตถุดิบ และยังคงความอร่อย เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค

คำสำคัญ : ซอสกอและ อาหารพร้อมรับประทาน รีทอร์ท การฆ่าเชื้อในระดับอุตสาหกรรม คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of sterilization on the physicochemical properties of ready-to-eat fried rice with traditional Golek sauce in retort bowl
Student Name	Arisara Khunprama
Student ID	60605040
Degree	Master of Science (Biotechnology)
Department	Biology
The year	2022
Thesis Advisor	Assoc. prof. Dr. Marisa Jatupornpipat
Thesis Co-advisor	Assoc. prof. Aree Rittiboon

Abstract

This study aims to effect of sterile condition Ready-to-eat fried rice with Golek sauce, a traditional food product of Southern Thailand, was developed using a standard recipe. The chemical properties of three rice varieties including Khao Tah Heang17, Pathum Thani 60, Black Glutinous rice for making Fried rice with Golek sauce were evaluated. The results revealed that Khao Tah Heang17 rice is the best choice for use as a ready-to-eat fried rice ingredient since it has a shorter cooking time (16 minutes) and a lower cooking gelatinization temperature (<70 °C) when compared to Pathum Thani 60 and Black Glutinous rice. Furthermore, Khao Tah Hang17 rice proved suitable due to its hardness and grain friability. A study of pre-cooked Khao Tah Haeng17 rice by dipping in boiled water at 2, 4, 6, 8, and 10 minutes showed that dipping rice at 8 minutes had less sticky, friableness, and full grains, which is a suitable property for processing fried rice. Then, a study of Golek sauce recipes to find out the best recipes by selecting three recipes which each had the same ingredients except for the addition of jasmine rice and black glutinous rice in recipes number 2 and 3, respectively. The results showed that Golek sauce with Jasmine rice showed the highest score of sensory tests (The 9-point hedonic Scale) for appearance, color, odor, overall taste, and overall acceptable were 6.67, 6.60, 5.87, 6.00,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 6.33, respectively. In case of sterile conditions in laboratory scale, the sterile conditions were determined at 3 levels: 121 ºC for 15 minutes, 116 ºC for 5 minutes, and 115 ºC for 6 minutes for preparation of Texture vegetable proteins (TVP) and fried rice with Golek sauce, and the ratio of TVP or fried rice to Golek sauce at 3 levels: 1:1, 1:2, and 1:3. The results showed that the optimum ratio of TVP or fried rice to Golek sauce at 1:1 was sterile product at 116 ºC for 5 minutes. In the confirmed study of sterile condition in commercial sterilization by water spray retort, it was found that the product, which was sterilized in a retort bowl at 116 ºC and an F_0 value of 5 min, exhibited a slightly decreased L* value, increased a* and b* values, and a trend for an increasing pH. While the protein and carbohydrate content decreased, the fat, ash, moisture content, and water activity index all increased. The sterilization process decreased the hardness, cohesiveness, and chewiness of the cooked rice, a main component of the product, whereas the texture parameters of the cooked vegetable protein (TVP) increased. The product exhibited acceptable sensory quality characteristics from 100 panelists via sensory tests (The 9-point hedonic scale) for appearance, color, odor, overall taste, and overall acceptable were 7.54, 7.77, 7.65, 7.54, 7.74, and 7.76, respectively. Moreover, no living microorganisms were detected in the product after 6 months of storage at ambient temperature which was respected to Ministry of Public Health Notification No. 355 B.E. 2556 (2013) entitled “Food in a Hermetically Sealed Container”. Thus, these findings indicate that the retort sterilization process does not negatively affect the quality of this food product to a degree that is unacceptable. The viability and manufacturability of a ready-to-eat fried rice with traditional Golek sauce should provide consumers an additional choice of a safe, convenient, and delicious southern food that may be a favorite of many people.

Keywords : Golek sauce, ready-to-eat, retort, commercial sterilization, physicochemical properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีนั้นผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ. อารี ฤทธิบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.พิรุฬห์พร ศรีมงคล จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินงานวิจัย แนวทางในการแก้ไขปัญหาระหว่างการศึกษาวิจัย รวมถึงการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สีหนาท ประสงค์สุข ประธานกรรมการสอบจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รศ.ดร. อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม อาจารย์บัณฑิตประจำสาขา ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชาชีววิทยา ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการวิจัย ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ ที่สนับสนุนอุดทุนการศึกษาและงบประมาณการทำวิจัย เป็นอย่างสูง ตลอดจนคุณกัมพล สิริประภาพรรณ บริษัท สิริไฟน์ฟู้ดส์เฮลตี้ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบพ่นน้ำ (Water Spray Retort)

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ น้องและเพื่อนทุกคนที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา

อริสรา คุณพระมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ฐ
สารบัญรูป..... ณ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 ข้าว..... 4
2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว..... 4
2.1.2 การแบ่งชนิดข้าว..... 5
2.1.3 ข้าวขาวตาแห้ง17 (Khao Tah Haeng 17)..... 6
2.1.4 ข้าวปทุมธานี60 (Pathum Thani 60)..... 7
2.1.5 ข้าวลืมผัว (Luem Pua Rice)..... 8
2.1.6 โครงสร้างเมล็ดข้าว..... 9
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก..... 10
2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว..... 10
2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว..... 12
2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมล็ดข้าว..... 16
2.3 เทคโนโลยีการใช้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์อาหาร..... 21
2.3.1 กระบวนการหุงสุก..... 22
2.3.1.1 การหุงสุกข้าวด้วยเตาอบ (Over cooking)..... 22
2.3.1.2 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำน้อย (Small amount water)..... 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1.3 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำปานกลาง (Medium amount water)..... 22
2.3.1.4 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำมาก (Large amount water)..... 22
2.3.1.5 การนึ่ง (Steaming) 22
2.3.1.6 การนึ่งแบบเติมน้ำมัน (Steaming with oil added) 22
2.3.1.7 การหุงข้าวในน้ำที่เติมน้ำมัน (Cooking in water with oil added)..... 22
2.3.2 การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ทิพาพร, 2555)..... 23
2.4 เครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะปิดสนิทให้ปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า..... 25
2.4.1 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศปกติ..... 25
2.4.2 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อ (Aseptic systems) 25
2.4.3 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนชนิดภายใต้ความดัน (Retorts) 26
2.5 ซอสกอและ..... 32
2.6 โปรตีนเกษตร (Textured vegetable protein) 36
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 43
3.1 อุปกรณ์..... 43
3.2 สารเคมี..... 43
3.3 การศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน..... 45
3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ..... 45
3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี..... 45
3.3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ..... 45
3.4 การศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์..... 46
3.4.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ..... 46
3.4.2 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ..... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.5 การคัดเลือกสูตรซอสกอและ	46
	3.5.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ	47
	3.5.2 การวิเคราะห์ทางเคมี	47
	3.5.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน	48
	3.6 การศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ	48
	3.6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	48
	3.6.2 การวิเคราะห์ทางเคมี	49
	3.6.3 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ	49
	3.6.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน	49
	3.7 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ	50
	3.7.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	51
	3.7.2 การวิเคราะห์ทางเคมี	51
	3.7.3 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ	51
	3.7.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน	51
	3.8 การทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและในระดับอุตสาหกรรม	51
	3.8.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	52
	3.8.2 การวิเคราะห์ทางเคมี	52
	3.8.3 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	52
	3.8.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน	52
บทที่ 4	**ผลการวิจัยและอภิปรายผล**	**54**
	4.1 ผลศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน	54
	4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว 3 พันธุ์	54
	4.1.2 คุณสมบัติทางเคมีของข้าว 3 พันธุ์	57
	4.1.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว 3 พันธุ์	60
	4.2 ผลศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ..... 64
4.2.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ..... 65
4.3 ผลคัดเลือกสูตรซอสกอและ..... 68
4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ..... 68
4.3.2 คุณสมบัติทางเคมี..... 69
4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 71
4.4 ผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตร..... 72
4.4.1 ค่า L*..... 72
4.4.2 ค่า a*..... 74
4.4.3 ค่า b*..... 75
4.4.4 ปริมาณความชื้น..... 76
4.4.5 ปริมาณน้ำอิสระ..... 77
4.4.6 ค่าความแข็ง (Hardness) 78
4.4.7 ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) 80
4.4.8 ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) 81
4.4.9 ค่าความเป็นกรดด่าง..... 82
4.4.10 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ..... 84
4.4.11 ระดับคะแนนความชอบโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน..... 85
4.5 ผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ..... 89
4.5.1 ค่า L*..... 89
4.5.2 ค่า a*..... 89
4.5.3 ค่า b*..... 90
4.5.4 ปริมาณความชื้น..... 91
4.5.5 ปริมาณน้ำอิสระ..... 93
4.5.6 ค่าความแข็ง (Hardness) 94
4.5.7 ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) 96
4.5.8 ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.5.9 ค่าความเป็นกรดด่าง	98
	4.5.10 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ	99
	4.5.11 ระดับคะแนนความชอบข้าวผัดซอสกอและของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน	103
	4.6 ผลการทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและในระดับอุตสาหกรรม	106
	4.6.1 กระบวนการฆ่าเชื้อ	106
	4.6.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์	109
	4.6.3 การประเมินผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและทางประสาทสัมผัส	112
	4.7 การคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวผัดซอสกอและบรรจุในภาชนะปิดสนิท	113
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	**114**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	114
	5.2 ข้อเสนอแนะ	115
	เอกสารอ้างอิง	116
	ภาคผนวก	124
	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ	125
	ก-1 การเตรียมตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีการของสุนันทา, 2551	125
	ก-2 การวิเคราะห์ความชื้น ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000	125
	ก-3 การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300	126
	ก-4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) ดัดแปลงวิธีการของ Dexter. *et al*., 1978 ; สุนันทา, 2551	127
	ก-5 การวิเคราะห์การทดสอบคุณสมบัติลักษณะเนื้อสัมผัส ดัดแปลงวิธีการ Ziegler. *et al*., 2018 ; ปานมนัส และคณะ, 2555	127
	ก-6 การปริมาณน้ำอิสระ (A_W) โดยใช้เครื่อง Aqualab series 3	128
	ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี	129
	ข-1 การวัดพีเอช ด้วยเครื่อง Mettler toledo seven Go Pro	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Apparent amylose) ดัดแปลงวิธีการของ Juliano, 1971 ; วิไลลักษณ์, 2538..... 129
ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000..... 131
ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Crude Fat) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000..... 132
ข-5 การวิเคราะห์เถ้า (Total ash) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000..... 133
ข-6 การวิเคราะห์เส้นใยหยาบ (Crude Fiber) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000..... 133
ข-7 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000..... 135
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ..... 136
ค-1 การวิเคราะห์การสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) ดัดแปลงวิธีการของ Juliano. *et al.,* 1985 ; Little. *et al*., 1958 ; วิไลลักษณ์, 2538..... 136
ค-2 การวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) ดัดแปลงวิธีการของ Cagampang. *et al.,* 2010 ; Juliano, *et al*., 1985 ; วิไลลักษณ์, 2538..... 138
ค-3 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking) ดัดแปลงวิธีการของวิไลลักษณ์, 2538..... 139
ค-4 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการหุงต้ม (Cooking time) ดัดแปลงวิธีการของ Azeeze and Shafi, 1996 ; วิไลลักษณ์, 2538..... 139
ค-5 การหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม ดัดแปลงวิธีการของ Sodhi. *et al*., 2003 ; สุนันทา, 2551..... 140
ค-6 การวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาทิไนเซชัน (Degree of gelatinization, DG) ดัดแปลงวิธีการของสุนันทา, 2554 ; Chaing and Johnson, 1977..... 140
ค-7 ความสามารถในการอุ้มน้ำและละลายน้ำ (Water absorption index (WAI), Water solubility index (WSI)) ดัดแปลงวิธีการของกล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546; สุนันทา , 2551..... 141
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ..... 143
ง-1 การสกัดสารตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2018 ; Shao. *et al.,* 2014 ; Zhang. *et al*., 2015..... 143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง-2 การวิเคราะห์ฟีนอลิกรวม (total phenolic) ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2018 ; Shao. *et al.,* 2014 143

ง-3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2014 ; Zhang. *et al*., 2015 144

ง-4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ดัดแปลงวิธีการของ Benzie and Strain, 1999 144

ภาคผนวก จ ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ 146

ประวัติผู้เขียน 148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ข้อแตกต่างระหว่างลักษณะที่สำคัญของข้าวอินคา จาโปนิคา และจาวานิคา....4
2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวขาวตาแห้ง17....6
2.3 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวปทุมธานี60....8
2.4 รูปร่างและความยาวของเมล็ดข้าว....11
2.5 ลักษณะข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส....14
2.6 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวแต่ละประเภท....14
2.7 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก....20
2.8 การแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิการหุงสุก....20
2.9 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีความเป็นกรดต่างๆ....28
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ กับค่า D....29
2.11 สวนผสมของซอสกอและ....33
2.12 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวตามปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละชนิด....38
3.1 ส่วนผสมสูตรซอสกอและ (Marisa. *et al*., 2017)....47
3.2 การออกแบบการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อ....49
3.3 การออกแบบการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อ....50
4.1 ปริมาณความชื้นของข้าวแต่ละพันธุ์....54
4.2 ค่าสีของข้าวแต่ละพันธุ์....55
4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแต่ละสายพันธุ์....56
4.4 ค่าความเป็นกรดด่างของข้าวแต่ละพันธุ์....58
4.5 ปริมาณอะไมโลสของข้าว 3 พันธุ์....58
4.6 ปริมาณโปรตีนของข้าวแต่ละพันธุ์....59
4.7 ปริมาณไขมันของข้าวแต่ละสายพันธุ์....60
4.8 การสลายเมล็ดในด่างของแป้งข้าวแต่ละพันธุ์....60
4.9 ความคงตัวของแป้งสุกในข้าวแต่ละพันธุ์....62
4.10 ระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์....62
4.11 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.12 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกในข้าวแต่ละพันธุ์ 63
4.13 ปริมาณความชื้นของข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ 64
4.14 ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ 65
4.15 การยืดตัวของเมล็ดข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ 67
4.16 ปริมาณความชื้นของซอสกอและ 68
4.17 ค่าสีของซอสกอและ 69
4.18 ค่าความเป็นกรดด่างของซอสกอและ 70
4.19 องค์ประกอบสารอาหารของซอสกอและ 70
4.20 ปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของซอสกอและ 71
4.21 คะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านต่างๆของซอสกอและ 72
4.22 ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของโปรตีนเกษตรผัดซอส 79
4.23 ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ 83
4.24 ค่าความเป็นกรดด่างของโปรตีนเกษตรผัดซอส 84
4.25 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนเกษตรผัดซอส 87
4.26 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่มีต่อโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ 88
4.27 ค่าสีของข้าวผัดซอสกอและ 91
4.28 ปริมาณความชื้นและน้ำอิสระของข้าวผัดซอสกอและ 94
4.29 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวผัดซอสกอและ 100
4.30 ค่าความเป็นกรดด่างของข้าวผัดซอสกอและ 101
4.31 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวผัดซอสกอและ 102
4.32 ระดับคะแนนความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่มีต่อข้าวผัดซอสกอและ 105
4.33 กำหนดสภาวะและปัจจัยควบคุมที่ส่งผลต่อการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ 108
4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและระยะเวลาการฆ่าเชื้อของข้าวผัดซอสกอและ 108
4.34 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและระยะเวลาการฆ่าเชื้อของข้าวผัดซอสกอและ 109
4.35 ผลการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์ 110
4.36 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ 111
4.37 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.38 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 112
4.39 ผลการวิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและของผู้บริโภค 113
4.40 ต้นทุนการผลิตข้าวผัดซอสกอและ 113
ก-1 ค่าสภาวะในการวัดคุณสมบัติลักษณะเนื้อสัมผัส.....127
ค-1 ค่าการสลายของเมล็ด.....137
ค-2 การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง.....137
ค-3 การประเมินประเภทข้าว.....139
ง-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก.....144
ง-2 การเตรียมสารละลาย $FeSO_4.7H_20$.....145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะเมล็ดข้าวขาวตาแห้ง17 6
2.2 ลักษณะเมล็ดข้าวปทุมธานี60 7
2.3 ลักษณะเมล็ดข้าวลืมผัว 8
2.4 โครงสร้างเมล็ดข้าว 10
2.5 โครงสร้างอะไมโลส 13
2.6 โครสร้างอะไมโลเพกติน 13
2.7 ตำแหน่งของไขมันในเมล็ดข้าว 16
2.8 กระบวนการเกิดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเม็ดสตาร์ช 17
2.9 ความหนืดของแป้งเปียกที่อุณหภูมิต่างๆ 17
2.10 ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ช 18
2.11 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง 19
2.12 ลักษณะเมล็ดข้าวที่สลายตัวในสารละลายเบส 21
2.13 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์และเครื่องฆ่าเชื้อ 31
2.14 ประเภทแคปไซซินอยด์ 35
4.1 ลักษณะเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์ (A คือ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17, B คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือ ข้าวพันธุ์ลืมผัว) 55
4.2 โครงสร้างจุลภาคตัดขวางของข้าว 3 พันธุ์ ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว) 57
4.3 ลักษณะข้าวหุงสุกแต่ละพันธุ์ (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว) 59
4.4 ลักษณะการสลายเมล็ดในด่างของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว) 61
4.5 ลักษณะการไหลของแป้งสุกในด่างของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (A คือ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว) 61
4.6 โครงสร้างจุลภาคตัดขวางของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ลวกเป็นระยะเวลาต่างๆ ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) (D คือ ข้าวลวก 2 นาที, E คือ ข้าวลวก 4 นาที, F คือ ข้าวลวก 6 นาที, G คือ ข้าวลวก 8 นาที และ H คือ ข้าวลวก 10 นาที) 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.7 ลักษณะข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ลวกเป็นระยะเวลา 2-10 นาที (A คือ 2 นาที, B คือ 4 นาที, C คือ 6 นาที, D คือ 8 นาที, และ E คือ 10 นาที 67

4.8 ขั้นตอนการผลิตข้าวผัดซอสกอและ 106

4.9 กราฟเซมิล็อก (semilog) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (นาที) ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ 107

ค-1 ลักษณะเมล็ดข้าวที่สลายตัวในสารละลายเบส..... 137

จ-1 ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเก็บรักษาที่ระยะเวลาเริ่มต้น (0 เดือน)..... 146

จ-2 ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน..... 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยสามารถผลิตอาหารทั้งพืช การประมง และปศุสัตว์ได้เพียงพอสำหรับการบริโภคภายในประเทศ นอกจากนี้ยังเป็นผู้ผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลก เช่น ข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักประจำวันของคนไทยกว่า 60 ล้านคน อีกทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ ทั้งนี้ ตั้งแต่ปี 2555 อินเดียได้เป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ของโลกแทนที่ประเทศไทย โดยปี 2559 อินเดียส่งออกข้าวคิดเป็น 10.20 ล้านตัน รองลงมาได้แก่ประเทศไทยคิดเป็น 9.88 ล้านตัน มีมูลค่าการส่งออกข้าว คิดเป็น 154,433.20 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จากสภาพการผลิตข้าวที่ผ่านมา ประเทศไทยได้มีการวางยุทธศาสตร์ข้าวไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรไทย ขยายปริมาณการบริโภคข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวและผลักดันการส่งออกข้าวสู่ตลาดโลก (กิตติพงษ์, 2558) ซึ่งในปัจจุบันภาครัฐและเอกชนได้สร้างผลิตภัณฑ์จากข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป ทั้งในรูปแบบของอาหารสำเร็จรูป กึ่งสำเร็จรูปพร้อมรับประทานหรือพร้อมปรุง นอกจากนี้ยังสร้างนวัตกรรมข้าวในรูปของส่วนประกอบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ด้านความงามยา เครื่องสำอาง อาหารเสริมและกระดาษ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

สำหรับพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปตามวิถีการดำรงชีวิต โดยมีการปรับตัวเข้าสู่ความเป็นเมืองมากขึ้น ส่งผลให้ผู้บริโภคเน้นความสะดวกสบาย ความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยของ กิตติพงษ์ (2558) พบว่ากระบวนการซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวของกลุ่มคนเมืองมักเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ข้าวที่พัฒนาใหม่ อาทิ ข้าวกล่องพร้อมบริโภคเมนูต่างๆ ผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวกาบา เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้บริโภคโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มผู้บริโภคคนเมืองชอบความแปลกใหม่ และมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนการบริโภคจากที่บริโภคเป็นประจำ โดยมักเลือกซื้อช่องทางจำหน่ายที่สะดวกและเข้าถึงง่าย

ในปัจจุบัน มีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ข้าวมากมาย อาทิ ข้าวแช่เยือกแข็ง ข้าวกึ่งสำเร็จรูป ข้าวเสริมโภชนาการ และข้าวบรรจุในภาชนะชนิดอ่อนตัวในรูปแบบของข้าวขาว ข้าวกล้อง หรือเมนูที่ได้รับความนิยม ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาข้าวผัดซอสกอและในรูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วย ที่คงคุณค่าทางอาหาร รสชาติที่ดี ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมือนหุงข้าวสุกใหม่ สามารถเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย (Food safety) ซึ่งการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสกอและมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ เพื่อเผยแพร่ภูมิปัญญาอาหารท้องถิ่นของภาคใต้ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นและตอบสนองรูปแบบการเลือกรับประทานของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ

1.2.2 เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

1.2.3 เพื่อคัดเลือกสูตรซอสกอและ

1.2.4 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตรและข้าวผัดซอสกอและระดับห้องปฏิบัติการ

1.2.5 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อชนิดพ่นน้ำ (Water spray retort)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ โดยคัดเลือก 1 พันธุ์ จาก 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวตาแห้ง17 ข้าวปทุมธานี60 และข้าวลืมผัว และใช้เกณฑ์การวิเคราะห์จากคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ จากนั้นนำพันธุ์ข้าวที่คัดเลือกมาศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดปัจจัยศึกษาคือ ระยะเวลาการลวกข้าวในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใช้เกณฑ์การวิเคราะห์จากคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และทำการคัดเลือกสูตรซอสกอและจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค สำหรับการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ รวมถึงข้าวผัดซอสกอและ โดยกำหนดปัจจัยศึกษาคือ สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ ได้แก่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และอัตราส่วนซอสกอและ 3 ระดับ โดยอัตราส่วนซอสกอและสำหรับการเตรียมโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ ได้แก่ 1:1, 1:2, และ 1:3 และอัตราส่วนซอสกอและสำหรับการเตรียมข้าวผัดซอสกอและ ได้แก่ 1:0.5, 1:1, และ 1:2 โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมจากคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพและการทดสอบทางประสามสัมผัส และทำการทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและในระดับอุตสาหกรรมด้วยเครื่องฆ่าเชื้อชนิดพ่นน้ำ (Water spray retort) พร้อมทั้งประเมินการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อได้ข้อมูลกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยความร้อน กระบวนการฆ่าเชื้อที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 เพื่อประยุกต์ซอสกอและเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน

1.4.3 เพื่อเพิ่มความหลากหลายของอาหารพร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วย

1.4.4 เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่สนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (Annual grass) จัดอยู่ในสกุลออไรซา (Genus Oryza) ของวงศ์โพเอซี (Family Paoceae) สามารถเจริญเติมโตได้ดีทั้งในเขตร้อน (Tropical zone) และเขตอบอุ่น (Temperate zone) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวเป็นหลักเกณฑ์ในการแบ่งแยกชนิดของข้าวที่มีอยู่ทั่วโลก ทำให้สามารถแบ่งข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ *Oryza sativa* L. ซึ่งปลูกกันโดยทั่วไปและปลูกกันมากที่สุดในส่วนต่างๆของโลก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามหลักเกณฑ์ลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1 ได้แก่ อินดิคา (Indica) เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันแพร่หลายในเขตร้อน เช่น ไทย อินเดีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ศรีลังกา เป็นต้น จาโปนิคา (Japonica) มีปลูกกันในประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศในเขตอบอุ่น และจาวานิคา (Javanica) จะมีเฉพาะอินเดียเท่านั้น กลุ่มที่ 2 คือ *O. glaberrima* L. มีปลูกเฉพาะแอฟริกา และกลุ่มที่ 3 คือข้าวป่า ซึ่งขึ้นอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ ได้แก่ *O. perennis* และ *O. rufipogon* (บุญหงส์, 2547)

ตารางที่ 2.1 ข้อแตกต่างระหว่างลักษณะที่สำคัญของข้าวอินคา จาโปนิคา และจาวานิคา

ลักษณะ	ชนิดของข้าว		
	อินดิคา (Indica)	จาโปนิคา (Japonica)	จาวานิคา (Javanica)
ใบ	สีเขียวอ่อนและกว้าง	สีเขียวเข้มและแคบ	สีเขียวอ่อนกว้างและแข็ง
การแตกกอ	มาก	ปานกลาง	น้อย
ต้น	ลำต้นอ่อนและสูง	ลำต้นแข็งและเตี้ย	ลำต้นสูงและแข็ง
เมล็ด	ยาวและค่อนข้างแบน	สั้นและค่อนข้างกลม	กว้างและหนา
หางของเมล็ด	ส่วนใหญ่ไม่มีหาง	ไม่มีหางจนถึงหางยาว	ไม่มีหางหรือหางยาว
ขนบนเปลือกข้าว	สั้นและมีจำนวนน้อย	ยาวและมีจำนวนมาก	ยาว
การร่วงของเมล็ด	ร่วงง่าย	ร่วงยาก	ร่วงยาก

ที่มา: บุญหงส์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การแบ่งชนิดข้าว

2.1.2.1 จำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด ได้แก่ 1) ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice) ประกอบด้วยแป้งประมาณร้อยละ 90 แบ่งเป็น อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ร้อยละ 60-90 และอะไมโลส (Amylose) ร้อยละ 10-30 2) ข้าวเหนียว (Glutinous rice) ประกอบด้วยอะไมโลเพคตินสูงถึงร้อยละ 95 โดยมีปริมาณอะไมโลสน้อยมากหรือไม่มีเลย

2.1.2.2 จำแนกตามสภาพการปลูก ได้แก่ 1) ข้าวไร่ (Upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน โดยไม่ต้องใช้น้ำมาก นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูง ตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ เนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศคิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ 2) ข้าวนาสวนหรือนาดำ (Lowland rice) สามารถปลูกในที่ลุ่มทั่วไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว ข้าวนาสวนนิยมปลูกกันมากแทบทุกภาคของประเทศ เนื้อที่เพาะปลูกคิดเป็นร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 3) ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ จึงต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่าข้าวลอย หรือข้าวฟ่างลอย ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาทและสิงห์บุรี มีเนื้อที่เพาะปลูกคิดเป็นร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศ

2.1.2.3 จำแนกตามฤดูการปลูก ได้แก่ 1) ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน (In-season rice หรือ Rained rice) เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและเก็บเกี่ยวสิ้นสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ 2) ข้าวนาปรัง (Off-season rice) เป็นข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม นิยมปลูกในพื้นที่ที่มีการชลประทานดี เช่น ภาคกลาง เป็นต้น

2.1.2.4 จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว นับตั้งแต่วันเพาะกล้าหรือหว่านข้าวในน้ำจนเก็บเกี่ยว ได้แก่ 1) ข้าวเบา มีอายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน 2) ข้าวกลาง มีอายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วัน 3) ข้าวหนัก มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป

2.1.2.5 จำแนกตามความไวต่อช่วงแสง ได้แก่ 1) ข้าวที่ไวต่อแสง (Photoperiod sensitive variety) มีอายุการเก็บเกี่ยวไม่แน่นอน เนื่องจาก จะออกดอกในช่วงเดือนที่มีระยะเวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน ทั้งนี้ในประเทศไทยเริ่มเดือนตุลาคม ข้าวประเภทนี้จึงต้องปลูกในฤดูนาปีเท่านั้น เช่น ข้าวหอมมะลิ105 2) ข้าวที่ไม่ไวต่อแสง (Non-photoperiod sensitive variety) สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล เช่น ข้าวพันธุ์ปทุมธานี

2.1.2.6 จำแนกตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร ได้แก่ 1) ข้าวเมล็ดสั้น (Short grain) ความยาวเมล็ดไม่เกิน 5.50 มม. 2) ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (Medium grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 5.51-6.60 มม. 3) ข้าวเมล็ดยาว (Long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 6.61-7.50 มม. 4) ข้าวเมล็ดยาวมาก (Extra-long grain) ความยาวเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ข้าวขาวตาแห้ง17 (Khao Tah Haeng 17)

ข้าวขาวตาแห้งจัดเป็นข้าวเจ้าที่มีชื่อเสียง นิยมปลูกในภาคกลาง จังหวัดนครนายก กรุงเทพมหานคร (ลาดกระบัง) เพชรบูรณ์ และพิจิตร มีลำต้นแข็งปานกลางทรงกอ ค่อนข้างแบะ แตกกอดี ความยาวลำต้นประมาณ 150 ซม. หูใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบและกาบใบมีสีเขียว ข้อต่อใบสีเขียว ออกดอกประมาณวันที่ 23 พฤศจิกายน ยอดดอกสีขาว กลีบรองดอกสีฟาง ใบธงทำมุมในแนวนอนรวงค่อนข้างแน่น คอรวงยาว ก้านรวงอ่อน เมล็ดร่วงยาก ข้าวเปลือกสีฟาง ข้าวกล้องสีขาว เมล็ดเรียว ท้องไข่ปานกลาง (สุนทร, 2556) ดังรูปที่ 2.1 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 20.0-25.0 โดย น.น. ข้าวหุงสุกจึงมีลักษณะร่วนนุ่ม โดยลักษณะประจำพันธุ์แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวขาวตาแห้ง 17

ลักษณะประจำพันธุ์	ข้าวขาวตาแห้ง17
ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละโดย น.น.)	20.0-25.0
ความไวต่อช่วงแสง	ไวต่อช่วงแสง
สีของข้าวเปลือก	ฟาง
ความยาวเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)	9.1-10.9
ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง (มม.)	6.9-8.1
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง	3.1:1 – 3:9:1
น้ำหนักของข้าวเปลือก 100 เมล็ด (กรัม)	2.2-3.2

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560)

รูปที่ 2.1 ลักษณะเมล็ดข้าวขาวตาแห้ง17

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยของอินทิรา และคณะ (2562) ได้ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ขาวแก้ว ขาวตาแห้ง17 ข้าวนก6 ข้าวนก7 และข้าวเหนียวหนักในจังหวัดปทุมธานี พบว่าข้าวเหนียวหนักมีสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.00 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด รองลงมาคือข้าวนก6 ข้าวนก7 ขาวตาแห้ง17 และขาวแก้ว โดยมีค่าเท่ากับ 2.98, 2.74, 2.44, และ 2.35 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ในขณะที่ ข้าวนก7 และข้าวนก6 มีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าขาวแก้ว ข้าวเหนียวหนัก และขาวตาแห้ง17 โดยมีค่าเท่ากับ 26.20, 24.85, 20.99, 18.33, และ 17.54 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด

2.1.4 ข้าวปทุมธานี60 (Pathum Thani 60)

ข้าวปทุมธานี60 จัดเป็นข้าวเจ้า นิยมปลูกในภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ของประเทศไทย เป็นพันธุ์ข้าวที่เกิดจากการผสมกันระหว่างพันธุ์ดอกมะลิ70*2 และไชนีส345 ลำต้นและใบสีเขียว มีขนบนใบ รวงแน่น ระแง้ถี่ คอรวงยาว เมล็ดเรียวยาว มีลักษณะเด่นคือ คุณภาพเมล็ดดี เรียวยาว เลื่อนมัน ใสแกร่ง มีท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดี ดังรูปที่ 2.2 ต้านทานโรคกาบใบเน่าและโรคใบหงิกในสภาพธรรมชาติ คุณภาพหุงสุกค่อนข้างร่วน และมีกลิ่นหอม มีปริมาณอะไมโลสคิดเป็นร้อยละ 27-32 โดย น.น. และมีลักษณะประจำแสดงดังตารางที่ 2.3

รูปที่ 2.2 ลักษณะเมล็ดข้าวปทุมธานี60

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2556)

จากงานวิจัยของไชยรัตน์ และคณะ (2543) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารพันธุ์แตกต่างกัน ได้แก่ ขาวดอกมะลิ105 หอมสุพรรณบุรี กข7 กข23 สุพรรณบุรี60 เหลืองประทิว123 ชัยนาท1 และปทุมธานี60 พบว่าปทุมธานี60 เหลืองประทิว123 และชัยนาท1 มีปริมาณอะไมโลสสูงร้อยละ 28.1 27.6 และ 27.4 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าปทุมธานี60 มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด คิดเป็นร้อยละ 5.11 ในขณะที่มีความหนืดสูงสุดคิดเป็น 440 RVU และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันเท่ากับ 69.9 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวปทุมธานี60

ลักษณะประจำพันธุ์	ข้าวขาวตาแห้ง17
ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละโดย น.น.)	27-32
ความไวต่อช่วงแสง	ไวต่อช่วงแสง
สีของข้าวเปลือก	ฟาง
ความยาวเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)	10.5x2.7x2.1
ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง (มม.)	7.5x2.3x1.8

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2556)

2.1.5 ข้าวลืมผัว (Luem Pua Rice)

ข้าวลืมผัว (Luem Pua Rice) หรือที่เรียกว่าข้าวก่ำ (Purple Rice) ข้าวเหนียวดำ (Black Glutinous rice) จัดเป็นข้าวไร่พื้นเมือง นิยมปลูกมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย มีลักษณะเด่น คือ สีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้นข้าว เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือก เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด ดังรูปที่ 2.3 (ณัฐวดี, 2556) และลักษณะเด่นอีกอย่าง คือ ข้าวกล้องเมื่อหุงสุก มีกลิ่นหอม ลักษณะสัมผัสแรกเคี้ยวจะกรุบ หนึบ ภายในนุ่มเหนียว ทั้งนี้ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกเก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวเหนียวนาปีของกลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้งจากจังหวัดตาก ปลูกเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกจากแหล่งเดิม (อำเภอพบพระ) และคัดเลือกพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ระหว่างปี 2534-2538 และได้รับการรับรองพันธุ์ข้าวโดยคณะกรรมการบริหาร กรมการข้าว เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2555 (กรมการข้าว, 2556)

รูปที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดข้าวลืมผัว

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

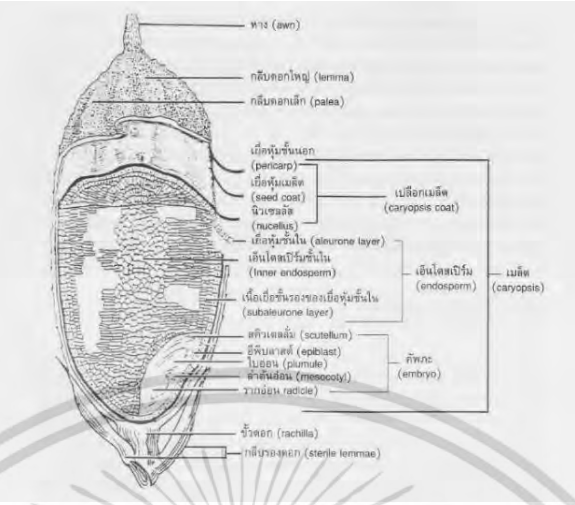
เมล็ดข้าวลืมผัวประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารปฐมภูมิ และทุติยภูมิ โดยสารปฐมภูมิที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ส่วนสารทุติยภูมิ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โพลีฟีนอล แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไฟเตท ออไรซานอล และวิตามินอี เป็นต้น ซึ่งสารหรือรงควัตถุสีดำหรือสีม่วงดำที่พบในข้าวลืมผัว คือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) จัดเป็นรงควัตถุประเภทฟลาโวนอยด์ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ช่วยในการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง เป็นต้น (วิลาสินี, 2556) จากการศึกษาวิจัยและรายงานในวารสารสาขาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ พบว่าข้าวก่ำมีสรรพคุณทางยา ซึ่งอุดมไปด้วยสารแกมมาโอไรซานอล (Gamma Oryzanol) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ เพิ่มระดับของคอเลสเตอรอลชนิดดี (High Density Lipoprotein, HDL) ในเลือด ยับยั้งการรวมตัวของเลือดและการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร (ณัฐวดี, 2556)

2.1.6 โครงสร้างเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว เรียกว่าคารีออฟซิส (Caryopsis) ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยกลีบดอกใหญ่ (Lemma) และกลีบดอกเล็ก (Palea) กลายเป็นเมล็ดข้าวเปลือกที่สมบูรณ์ โดยกลีบดอกทั้งสองชนิดเมื่อแก่เต็มที่จะมีลักษณะเป็นเนื้อไม้แข็งแต่เปราะ ซึ่งประกอบด้วยธาตุซิลิกา (Silica) เมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องผ่าตามความยาวและศึกษาโครงสร้างผ่านกล้องจุลทรรศน์ ดังรูปที่ 2.4 พบว่าชั้นนอกสุดของข้าวกล้องมีลักษณะเป็นเยื่อบาง เรียกว่าเยื่อชั้นนอก (Pericarp) ซึ่งเป็นชั้นที่บ่งบอกสีของข้าวกล้อง ได้แก่ สีน้ำตาลอ่อน ถัดจากเยื่อชั้นนอกเข้าไปด้านในจะพบเยื่อชั้นกลาง 2 ชั้น คือเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) และนิวเซลลัส (Nucellus) ซึ่งจะหุ้มคัพภะ (Embryo) ไว้ทั้งหมด ถัดจากเยื่อหุ้มชั้นกลางเข้าไปด้านใน คือเยื่อหุ้มชั้นใน (Aleurone layer) ซึ่งจะหุ้มเอนโดสเปิร์มไว้ (Endosperm) โดยเอ็นโดสเปิร์มประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (Parenchyma cells) ที่บรรจุเม็ดแป้งไว้จนเต็ม (Compound starch granule) ซึ่งมีโปรตีนแทรกอยู่รอบนอกใกล้กับชั้นของเยื่อหุ้มชั้นใน อย่างไรก็ตาม ในเมล็ดข้าวเจ้า (Non-glutinous rice) จะมีเม็ดแป้งอัดแน่นกว่าในข้าวเหนียว (Glutinous rice) ส่งผลให้เนื้อข้าวสารของข้าวเจ้ามีลักษณะใส ทั้งนี้จะมีส่วนที่ขาวขุ่น ซึ่งเรียกว่าท้องไข่หรือท้องปลาซิว (White abdomen หรือ Chalkiness) เกิดจากการอัดแน่นของเม็ดแป้งไม่เพียงพอ จึงเป็นสิ่งบ่งชี้ลักษณะประจำพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมในการปลูกไม่เหมาะสม เมื่อนำไปสีจะทำให้เมล็ดแตกหักง่ายและเมล็ดข้าวสารไม่ขาวสม่ำเสมอ

ส่วนคัพภะหรือต้นอ่อนจะมีขนาดเล็กมาก อยู่บริเวณฐานของเมล็ดติดอยู่กับเยื่อหุ้มชั้นใน ห่อหุ้มด้วยชั้นของสคิวเทลัม (Scutellum) และอีพิบลาสต์ (Epiblast) คัพภะประกอบด้วยส่วนของใบอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) ลำต้นอ่อน (Mesocotyl) เชื่อมระหว่างใบและราก (บุญหงส์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างเมล็ดข้าว

ที่มา: บุญหงส์ (2547)

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว เป็นคุณสมบัติที่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา เกิดจากการชั่ง ตวง วัด ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด (Grain weight) สีของข้าวกล้อง (Pericarp) ขนาดรูปร่างเมล็ด (Grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (Chalkiness) ความใสของเมล็ด (Grain translucency) ความขาวของข้าวสาร (Whiteness) และคุณภาพการสี (Milling quality) โดยแต่ละคุณสมบัติมีรายละเอียดดังนี้

น้ำหนักเมล็ด (Grain weight) เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่ มักจะแปรตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพอากาศ ซึ่งเมล็ดข้าวพันธุ์ไทยจะมีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.16-4.17 กรัม น้ำหนักของเมล็ดกำหนดได้เป็น 2 แบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร เป็นการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยปริมาตรคงที่ เช่น กรัมต่อลิตร กิโลกรัมต่อถัง เป็นต้น และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เป็นการชั่งน้ำหนักด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เช่น กรัมต่อ 100 เมล็ด (อรอนงค์, 2547; เครือวัลย์, 2534)

สีของข้าวกล้อง (Pericarp) เกิดจากสารสีที่เยื่อหุ้มผล (Pericarp) สำหรับเนื้อในเมล็ดของข้าวทุกชนิดมีสีขาวเสมอ จากการสำรวจพันธุ์ข้าวต่างๆในธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าข้าวกล้องมี 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วง) โดยส่วนใหญ่มีสีขาว สำหรับข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วงจะสารสีพวกแอนโทไซยานิน (Anthocyanin pigment) เป็นองค์ประกอบ ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนานหรือใช้แรงกดมาก เพื่อทำให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออก เป็นผลทำให้ข้าวหักมาก มีปริมาณข้าวสารน้อย ดังนั้นข้าวกล้องที่มีสีอ่อนจึงเป็นที่นิยม เช่น สีขาว หรือน้ำตาล (เครือวัลย์, 2534 อ้างโดยพลกฤษณ์, 2547)

ขนาดรูปร่างเมล็ด (Grain dimension) เป็นคุณลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อใช้จำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายข้าวในประเทศไทย ซึ่งวัดขนาดเป็นความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด โดยความยาวของเมล็ด คือ วัดระยะทางจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนเมล็ด ความกว้างของเมล็ด คือ วัดระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก และความหนาของเมล็ด คือ วัดระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง (เครือวัลย์, 2534 อ้างโดยพลกฤษณ์, 2547) เมื่อเปรียบเทียบรูปร่างเมล็ดระหว่างข้าวสาร ข้าวกล้อง และข้าวเปลือก สามารถแบ่งรูปร่างของเมล็ดข้าวได้เป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลางและป้อม ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รูปร่างและความยาวของเมล็ดข้าว

รูปร่าง	ความยาว (มม.)		
	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
เรียว	≥ 3.4	≥ 3.1	≥ 3.0
ปานกลาง	2.3-3.3	2.1-3.0	2.0-2.9
ป้อม	≤ 2.2	≤ 2.0	≤ 1.9

ที่มา: USDA (1982)

ลักษณะท้องไข่ (Chalkiness) คือจุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ดข้าวสาร เป็นลักษณะที่เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆของเม็ดแป้ง (Starch granule) กับเม็ดโปรตีน (Protein body) ในเนื้อเมล็ด ลักษณะนี้ควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลักษณะท้องไข่เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพและราคาของข้าว ข้าวที่เป็นท้องไข่มากเมื่อนำไปสีจะมีข้าวหักมาก และไม่เป็นข้าวเกรดสูง เช่น ข้าวร้อยละ 100 หรือข้าวร้อยละ 5 ได้ เพราะข้าวเกรดสูงจะมีท้องไข่ได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 (เครือวัลย์, 2534)

ความใสของเมล็ด (Grain translucency) คือลักษณะความโปร่งแสง โดยส่องผ่านได้ทั้งเมล็ด มักจะสังเกตความแตกต่างนี้ได้ในข้าวเจ้ามากกว่าข้าวเหนียว เนื่องจากข้าวเหนียวมีลักษณะขุ่นเพียงอย่างเดียว ความแตกต่างระหว่างเมล็ดใสและขุ่นนี้อาจเกิดจากพันธุ์ข้าวและพื้นที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความขาวของข้าวสาร (Whiteness) ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี (Degree of milling) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกรดของข้าว และอายุการเก็บข้าว โดยข้าวที่เก็บไว้นานๆจะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ

คุณภาพการสี (Milling quality) ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือก โดยสิ่งที่ได้จากการสีข้าว คือ แกลบประมาณร้อยละ 20-24 รำคิดเป็นร้อยละ 8-10 และข้าวสารร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากการขัดขาวจะนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวและข้าวหัก ซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นกับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว การปฏิบัติรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว ระยะเวลา วิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การตากข้าวก่อนนวดและหลังนวด การนวดข้าว การเก็บรักษา และกระบวนการสี (เครือวัลย์, 2534)

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และกลิ่นสารระเหย ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลต่อคุณค่าทางอาหาร กรรมวิธีการหุงต้ม และคุณภาพของการเก็บรักษาข้าว เป็นต้น โดยแต่ละคุณสมบัติ มีรายละเอียดดังนี้

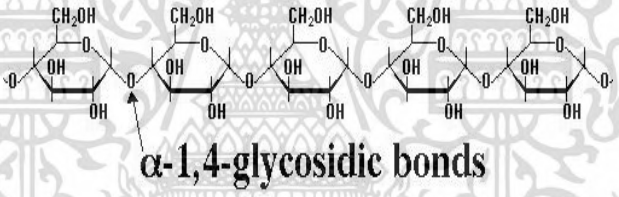
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) จำแนกตามโครงสร้างของโมเลกุลเป็น 4 กลุ่ม คือ โมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดเล็กที่สุด ไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) ให้เล็กลงได้อีก ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส สำหรับไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharide) จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ซึ่งอาจประกอบด้วยน้ำตาลชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดก็ได้ เชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคไซด์ เช่น น้ำตาลซูโครส มอลโตส และแลคโตส เป็นต้น โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 3-10 โมเลกุล เช่น แรฟฟิโนส (Raffinose) และสตาคีโอส (Stachyose) จัดเป็นไตรแซ็กคาไรด์ (Trisaccharide) ที่พบในพืช กลุ่มสุดท้าย คือ พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) เป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 10 โมเลกุลขึ้นไป กลุ่มที่พบในธรรมชาติจะมีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นสารประกอบที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Amorphous) ไม่มีสีและส่วนใหญ่ไม่มีรสชาติ เมื่อละลายจะได้สารละลายคอลลอยด์ และสกัดแยกออกมาให้บริสุทธิ์ได้ยาก พอลิแซ็กคาไรด์ส่วนใหญ่มักพบในโครงสร้างของพืชและสัตว์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์พืชและสัตว์ สำหรับไคตินเป็นองค์ประกอบในเปลือกของสัตว์น้ำ เช่น กุ้งและปู ส่วนกรดมิวรามิก (Muramic acid) เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย

พอลิแซ็กคาไรด์จำแนกตามโครงสร้างโมเลกุลได้เป็น 3 กลุ่ม คือ โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homo-polysaccharide) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น ได้แก่ สตาร์ช (Starch) ไกลโคเจน (Glycogen) เซลลูโลส (Cellulose) และอินูลิน (Inulin) กลุ่มที่ 2 คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

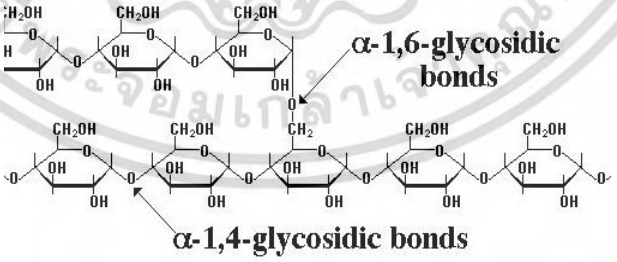
เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Hetero-polysaccharide) ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 2 หรือมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป เช่น เพกติน (Pectin) กัม (Gum) มิวซิเลจ (Mucilage) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเรซิน (Resin) และกลุ่มสุดท้ายคือ สารประกอบคอนจูเกต (Conjugated compound) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เกาะรวมอยู่กับสารอื่น เช่น รวมกับลิพิด (Lipid) ได้เป็นไกลโคลิพิด (Glycolipid) หรือรวมกับโปรตีนได้เป็นไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) (นิธิยา, 2545)

เมล็ดข้าวประกอบด้วยสตาร์ชคิดเป็นร้อยละ 90 ขององค์ประกอบทั้งหมด โดยรวมตัวอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ช (Starch granule) ภายในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์กลูแคน (Glucan) 2 ชนิดผสมกัน คือ อะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของ α-(1-4) ดังรูปที่ 2.5 และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) เป็นสายแขนงที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ลักษณะเป็นสายตรงต่อกันด้วยพันธะ α-(1-4) สายแขนงต่อกันด้วยพันธะ α-(1-6) ดังรูปที่ 2.6 โดยสตาร์ชของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่น้ำหนักโมเลกุล จำนวนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่อยู่ในสายพอลิเมอร์ (Degree polymerization, DP) ตำแหน่งที่อยู่ในเม็ดสตาร์ช และสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน (นิธิยา, 2545)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างอะไมโลส

ที่มา: นิธิยา (2545)



รูปที่ 2.6 โครสร้างอะไมโลเพกติน

ที่มา: นิธิยา (2545)

โครงสร้างของอะไมโลเพกตินประกอบด้วยสายแกนหนึ่งสาย (C-chain) และสายที่มาต่อกับสายแกนนี้จะเป็นสายกิ่ง (B-chain) โดยเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ และสายที่มีจุดเชื่อมตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว (A-chain) รวมอยู่ในโมเลกุลอะไมโลเพกติน ทั้งสายโซ่กิ่งและสายแกนจะอยู่รวมตัวกันเป็นกลุ่ม (Cluster) ทำให้เม็ดสตาร์ชมีโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-cystalline) และแบบอสันฐาน (Amorphous)

อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำ และขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ เนื่องจากอะไมโลสเมื่อต้มสุกแล้ว มีคุณสมบัติการคืนตัว (Retrogradation) เปลี่ยนแปลงจากสภาพละลายน้ำได้เป็นของแข็ง ทำให้ข้าวที่มีอะไมโลสสูง เมื่อหุงสุกจึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ โดยที่ข้าวไม่เหนียวเกาะติดกัน ทำให้ข้าวฟู มีช่องอากาศมาก ซึ่งเป็นการขยายปริมาตรของข้าวสุกหรือที่เรียกว่าหุงขึ้นหม้อ ดังนั้นจึงมีการจัดแบ่งข้าวตามปริมาณอะไมโลสดังตารางที่ 2.5 (งามชื่น, 2546) จะเห็นได้ว่าปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละชนิดส่งผลต่อลักษณะของข้าวหุงสุก นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงสุกก็ส่งผลต่อลักษณะของข้าวหุงสุกเช่นกัน ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้แบ่งได้ตามปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 ลักษณะข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)		ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
0-5*	0-3**	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
5.1-12.0*	4-11**	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว
12.1-20.0*	12-19**	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	นุ่ม-เหนียว/หุงแฉะง่าย
20.1-25.0*	20-25**	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	ค่อนข้างนุ่ม-ร่วน
≥25*	26.34**	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน แข็ง/หุงขึ้นหม้อ

หมายเหตุ: * Juliano (1993), ** งามชื่น (2546)

ที่มา: Juliano (1993); งามชื่น (2546) อ้างโดย อรอนงค์ (2547)

ตารางที่ 2.6 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวแต่ละประเภท

ชนิดต่อข้าว	อัตราส่วนน้ำต่อข้าว (โดย นน.)
ข้าวอะไมโลสต่ำ	1.7 : 1
ข้าวอะไมโลสปานกลาง	1.9 : 1
ข้าวอะไมโลสสูง	2.1 : 1

ที่มา: Perez and Juliano (1979)

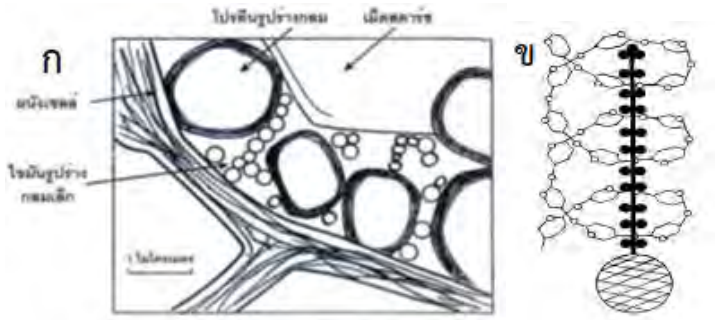
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโปรตีน (Protein) ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยทั่วไปจะพบโปรตีนในข้าวน้อยกว่าธัญพืชชนิดอื่น คิดเป็นร้อยละ 7-9 และมีโปรตีนหลักในเมล็ดข้าว คือ กลูเทลิน (Glutelin) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 โพรลามีน (Prolamine) คิดเป็นร้อยละ 5 และไลซีน (Lysine) ร้อยละ 3.5-4 การวิเคราะห์และคำนวณปริมาณโปรตีนในข้าวใช้แฟกเตอร์ 5.95 เนื่องจากในองค์ประกอบของกลูเทลินนั้นมีไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 16.8 พบมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด โดยเนื้อเมล็ดด้านนอกจะมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด และปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในข้าวเปลือกไม่แตกต่างจากข้าวกล้องมากนัก เนื่องจากเปลือกมีปริมาณโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 2-3 โดยมีกรดอะมิโนไลซีนมากกว่าส่วนอื่น และในข้าวกล้องมีไลซีนมากกว่าในข้าวสารเล็กน้อย (อรอนงค์, 2547) โมเลกุลของโปรตีนจะรวมกันเป็นรูปร่างโปรตีน (Protein bodies) แบ่งรูปร่างได้เป็น 3 แบบ คือ แบบผลึก (Crystalline) แบบรูปร่างกลมเล็ก และรูปร่างกลมใหญ่ ซึ่งในเนื้อเมล็ดจะพบโปรตีนรูปร่างกลมเล็กแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช โดยเกาะอยู่บนพื้นผิวเม็ดสตาร์ช ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชมีอัตราการดูดซึมน้ำ อัตราการพองตัว อัตราการเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) และระยะเวลาในการหุงต้มเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อหุงสุก (Martin and Fitzgerald, 2002) เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการดูดซึมน้ำเข้าไปในเมล็ด ส่วนโปรตีนรูปร่างกลมใหญ่จะพบมากในส่วนกลางของเมล็ด โดยโปรตีนจะประกอบด้วยโพลามีนร่วมกับกลูเทลินสำหรับร่างแหโปรตีน (Protein matrix) พบน้อยมากหรือไม่พบเลย

ดังนั้น โปรตีนในข้าวสามารถแบ่งได้ตามคุณสมบัติการละลายได้เป็น 4 ชนิด คือ อัลบูมิน (Albumin) สามารถละลายได้ในน้ำ มีปริมาณร้อยละ 3.8-8.8 โกลบูลิน (Globulin) สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ มีปริมาณร้อยละ 9.6-10.8 โพรลามิน (Prolamine) ละลายได้ในแอลกอฮอล์ มีปริมาณร้อยละ 2.6-3.3 และกลูเทลิน (Glutelin) ละลายได้ในสารละลายกรดด่างเจือจาง มีปริมาณร้อยละ 66-78 (อรุณี, 2551)

ไขมัน (Fat) ในข้าวมีประมาณร้อยละ 3 พบในส่วนด้านนอกของเมล็ดมากกว่าใจกลางเมล็ด สำหรับข้าวที่ผ่านการขัดสีจะพบไขมันอยู่เพียงร้อยละ 0.3-0.5 ซึ่งเป็นไขมันที่เกาะเกี่ยว (Bound lipids) กับสารอื่น โดยไขมันจะอยู่ติดกับเม็ดสตาร์ช 3 ลักษณะ กล่าวคือ ไขมันอยู่ชิดกับโปรตีนที่อยู่บนผิวสตาร์ชภายนอก ดังรูปที่ 2.7-ก อยู่รวมกับโครงสร้างของอะไมโลเพกตินสายนอก เช่น สาย A หรือ B ดังรูปที่ 2.7-ข และอยู่ภายในเม็ดสตาร์ช ดังนั้นไขมันจึงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยอุณหภูมิการหุงสุกเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความหนืดของแป้ง (Paste) เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไขมันในเมล็ดข้าว เนื่องจากไขมันจะฟอร์มตัวเข้าไปอยู่ในรูพรุนของโครงสร้างอะไมโลสส่งผลให้การละลายน้ำและความสามารถในการย่อยแป้งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของไขมันในเมล็ดข้าว (ก คือตำแหน่งของไขมันในเมล็ดข้าวผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และ ข คือโมเลกุลของไขมันเกาะเกี่ยวกับโมเลกุลของสตาร์ช ภายในเม็ดสตาร์ช)
ที่มา: อรอนงค์ (2547)

กลิ่นสารระเหย (Aroma compound) กลิ่นของข้าวเป็นคุณลักษณะที่สามารถใช้จำแนกชนิดของข้าวได้เป็น ข้าวหอม และข้าวธรรมดา โดยข้าวหอมมีสารระเหย ได้แก่ อินโดล (Indole) และ ไพโรลิดีน (Pyrrolidine) สำหรับข้าวธรรมดา พบว่ามีสารระเหยจำพวก 4-vinylphenol, 1-hexanal และยังพบว่าในข้าวธรรมดามีความเข้มข้นของสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) น้อยกว่าในข้าวหอม และในข้าวกล้องจะมีความเข็มข้นของ 2AP มากกว่าในข้าวขาว โดยสาร 2AP นี้ ให้กลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่วในข้าวหุงสุกโดยเป็นผลทดสอบจากผู้ทดสอบในกลุ่มชาวตะวันตก สำหรับกลุ่มผู้ทดสอบชาวตะวันออกอธิบายว่า 2AP ให้กลิ่นคล้ายใบเตย (Ling and Julaino, 1983). ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นในข้าวหุงสุกเกิดจากการสลายตัวอันเนื่องมาจากความร้อน โดยมีการเกิดกรดคูมาริก (Coumaric acid) และกรดเฟอรูลิค (Ferulic acid) ระหว่างการหุงและการกลั่น รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดขึ้นจากน้ำตาลและโปรตีนในข้าวได้รับความร้อนสูงส่งผลให้เกิดสารประกอบพวก ไพริดีน (Pyridine) และ ไพราซีน (Pyrazine) นอกจากนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของไขมันส่งผลให้เกิดสารพวกแอลกอฮอล์ (Alcohol) ของกรดอะมิโนและกรดไขมัน ทำให้เกิดสารประเภทอัลดีไฮด์ (Aldehyde) ซึ่งเป็นสารกลุ่มที่ให้กลิ่นหอม (ธันยธรณ์, 2553)

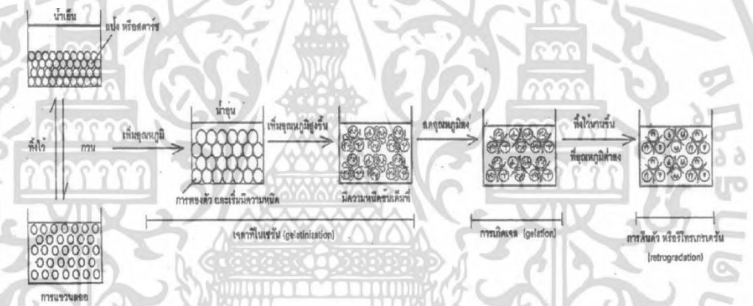
2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ความหนืด (Pasting properties) การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) และการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก ซึ่งแปรผันกับอุณหภูมิของน้ำ ดังรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อเม็ดสตาร์ชอยู่ในน้ำเย็นจะไม่เกิดการพองตัว และเมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดเป็นสารแขวนลอย ในขณะที่เม็ดสตาร์ชที่อยู่ในน้ำอุ่นจะเริ่มมีการพองตัว ส่งผลให้เกิดความหนืดจนเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะมีความหนืดคงที่ และเมื่อลดอุณหภูมิลงเม็ดสตาร์ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

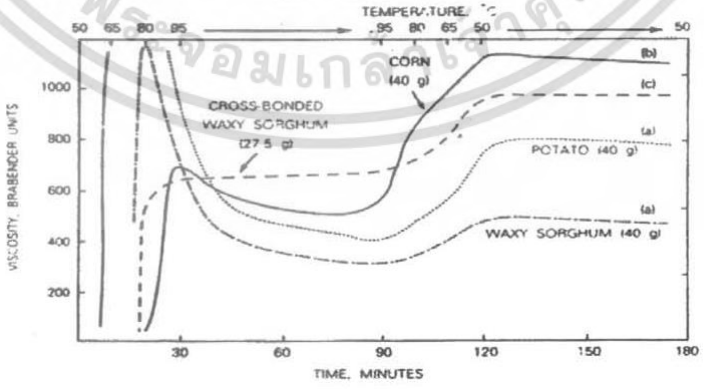
ที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลหรือที่เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน และหากทิ้งไว้นานที่อุณหภูมิต่ำลงจะเกิดกระบวนรีโทรเกรเดชัน คือ การคืนตัวของเม็ดสตาร์ช โดยมีรายละเอียดกระบวนการต่างๆ ดังนี้

ความหนืด (Pasting properties) เป็นสมบัติที่สำคัญของสตาร์ชเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน เมื่อเม็ดสตาร์ชได้รับความร้อนและกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95 องศาเซลเซียส จากเดิม 50 องศาเซลเซียส และให้อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส จะสังเกตเห็นว่าเม็ดสตาร์ชมีความหนืดแตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 2.9 เมื่อสตาร์ชเกิดความหนืดขณะที่เกิดกระบวนการเจลาติไนเซชัน และรีโทรเกรเดชันเมื่อสตาร์ชเย็นตัวลงจะพบว่ามีความหนืดเพิ่มขึ้น ดังนั้นคุณสมบัติความหนืดจะสามารถใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวหุงสุกแต่ละสายพันธุ์ได้หรือเปรียบเทียบผลของคุณภาพข้าวหุงสุกที่เกิดจากกระบวนการความร้อนที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ลักษณะความหนืดที่แตกต่างกันสามารถบอกความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น เช่น ปริมาณอะไมโลส โปรตีน หรืออายุการเก็บรักษาข้าว (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)



รูปที่ 2.8 กระบวนการเกิดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเม็ดสตาร์ช

ที่มา: กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2546)

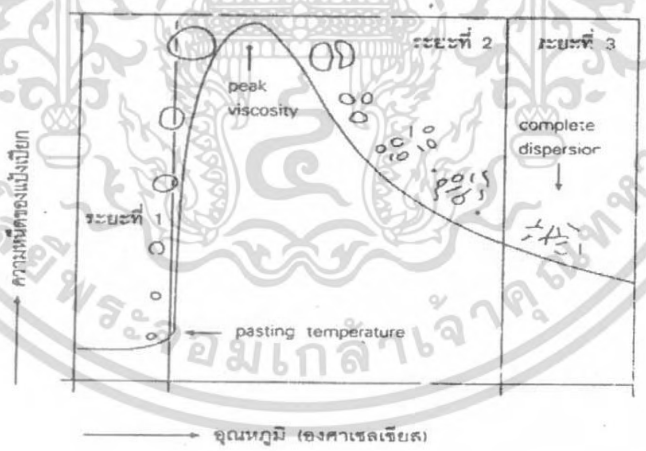


รูปที่ 2.9 ความหนืดของแป้งเปียกที่อุณหภูมิต่างๆ

ที่มา: กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) จัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (Order orientation) หรืออยู่ในรูปผลึก (Crystallinity) ดังนั้น เม็ดสตาร์ชจึงไม่ละลายในน้ำเย็นและสามารถดูดน้ำเย็นได้เพียงเล็กน้อย ความสามารถในการดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำลายพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้น้ำสามารถเข้าไปในเม็ดสตาร์ชได้ จึงทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวออก (Swelling) เกิดความหนืดและเม็ดสตาร์ชใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบเม็ดสตาร์ชมีน้อยลง ซึ่งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนเซชัน (Pasting temperature) และเวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting time) ซึ่งการพองตัวนี้สามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ เพราะเม็ดสตาร์ชสามารถหดตัวลงเมื่อนำไปอบไล่น้ำหรือทำให้แห้ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น เม็ดสตาร์ชจะพองตัวมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่และแตกออก ดังรูปที่ 2.10 เกิดเป็นสารละลายข้นหนืด (Starch paste) ที่มีอะไมโลสและอะไมโลเพกตินเป็นส่วนผสม ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้คืนกลับเหมือนเดิมไม่ได้ เนื่องจากเม็ดสตาร์ชสูญเสียการเป็นโครงสร้างผลึก และจะมีโมเลกุลของอะไมโลสส่วนที่ละลายน้ำหลุดออกมาอยู่นอกเม็ดสตาร์ชได้บางส่วน เมื่อปล่อยให้สารละลายสตาร์ชเย็นลงอาจมีลักษณะข้นหนืด (Viscoelastic) หรือลักษณะเป็นเจล (นิธิยา, 2545; กล้าณรงค์และเกื้อกูล 2546)



รูปที่ 2.10 ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ช

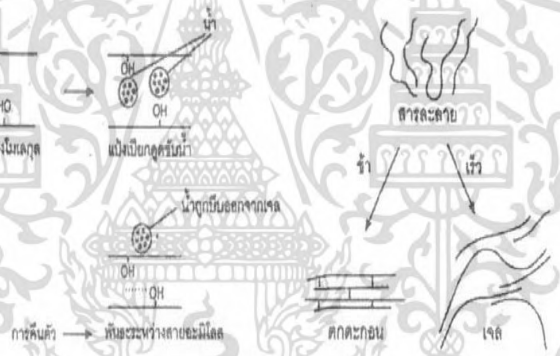
ที่มา: กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2546)

สำหรับช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันและปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชสามารถตรวจวัดได้โดยเครื่อง DSC (Differential scanning calorimeter) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลเป็นค่าพลังงานที่เรียกว่า เอนทาลปี (ΔH) ดังนั้นกระบวนการหุงข้าวสุกจะมีผลต่อระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน ซึ่งส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก

การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) เมื่อนำสารละลายสตาร์ชที่ผ่านความร้อนจนเกิดเจลาติไนเซชันแล้วปล่อยให้เย็นลงและเก็บรักษาไว้ ส่งผลให้โมเลกุลอะไมโลสละลายได้น้อยลงและตกตะกอน โดยโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้าสู่โมเลกุลอีก ดังรูปที่ 2.11 มีความหนืดคงตัว เกิดลักษณะเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึก หรืออาจเรียกได้ว่าเกิดการคืนตัวของแป้ง โดยอะไมโลสจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้รวดเร็วกว่าอะไมโลเพกตินมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนของโมเลกุลอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลายสตาร์ช และการมีสารอื่นปนอยู่ ในสภาวะอุณหภูมิต่ำสตาร์ชสามารถคืนตัวได้ดีที่สุดที่พีเอช 5-7 สำหรับการชะลอการคืนตัวของสตาร์ชจะใช้เกลือ แคลเซียมไนเตรท และยูเรีย (นิธิยา, 2545; กล้าณรงค์และเกื้อกูล 2546)



รูปที่ 2.11 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง

ที่มา: กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2546)

ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) เนื่องจากคุณภาพของข้าวหุงสุกที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากัน อาจจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันนั้น มีสาเหตุมาจาก แป้งสุกมีความคงตัวไม่เท่ากัน โดยความคงตัวของแป้งสุกขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการเกิดรีโทรเกเดรชัน ซึ่งส่งผลต่อความแข็งและความนุ่มของข้าวหุงสุก ดังนั้นจึงสามารถใช้ปัจจัยนี้ในการคาดคะเนคุณสมบัติข้าวหุงสุกได้ โดยอาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการต้มในสารละลายเบส (Alkali test) แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นวัดระยะทางที่แป้งไหลเมื่อวางบนพื้นราบ ซึ่งสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IBPGR-IRRI, 1980) ได้กำหนดประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N 2 มล.)
แข็ง	< 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	> 60

ที่มา: IRRI (1980) อ้างโดย พลกฤษณ์ (2547)

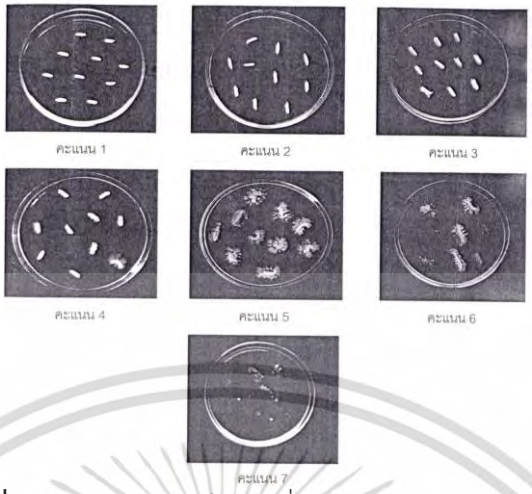
ระยะเวลาการหุงต้ม (Cooking time) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและทำให้เม็ดแป้งใส โดยข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง ต้องใช้ระยะเวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ดังนั้นกล่าวได้ว่าอุณหภูมิแป้งสุกสัมพันธ์กับระยะเวลาในการหุงต้ม ในการหาระดับของอุณหภูมิหุงสุก นิยมใช้การหาค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในเบส (Alkali test) โดยจะบอกเป็นระดับคะแนน 1-7 เพื่อใช้ในการคาดอุณหภูมิแป้งสุก ดังตารางที่ 2.8 และมีลักษณะของเมล็ดข้าวในระดับต่างๆ ดังรูปที่ 2.12 ทั้งนี้ ความหนาของเมล็ดก็เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการหุงต้ม เช่น ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากัน แต่มีความหนาของเมล็ดไม่เท่ากัน เมล็ดที่หนากว่าจะต้องใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนานกว่าเมล็ดที่บาง และยังรวมถึงปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันในข้าวแต่ละสายพันธุ์ หากมีปริมาณโปรตีนมาก การซึมผ่านของน้ำเข้าสู่ภายในเมล็ดจึงยากขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาการหุงสุกมากขึ้น

ตารางที่ 2.8 การแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิการหุงสุก

ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali spreading value)	อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature)	องศาเซลเซียส
1-3	สูง	>74
4-5	ปานกลาง	70-74
6-7	ต่ำ	<70

ที่มา: งามชื่น (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ลักษณะเมล็ดข้าวที่สลายตัวในสารละลายเบส

ที่มา: อรอนงค์ (2547)

ปริมาณความชื้น (Moisture content) ส่งผลต่อการที่ข้าวหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าวหุงสุก โดยพบว่า ข้าวที่มีข้าวชื้นต่ำ เช่น ข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อและมีความร่วนมากกว่ามากกว่าข้าวใหม่ (เครือวัลย์, 2534 ; Feller. *et al.,* 1983) นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลต่ออายุการเก็บรักษาข้าว หากเมล็ดข้าวมีความชื้นสูง จะส่งผลให้เกิดเชื้อราและจุลินทรีย์ต่างๆเจริญเติมโตได้ เกิดเป็นข้าวเสื่อมคุณภาพ

การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation) เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทางความร้อนของข้าวหุงสุก เมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านตามยาว ซึ่งผู้บริโภคนิยมข้าวหุงสุกที่ยืดตัวได้มากกว่าข้าวหุงสุกที่ยืดตัวได้น้อย โดยข้าวหุงสุกที่ยืดตัวได้มากจัดเป็นข้าวหุงขึ้นหม้อ อีกทั้งการที่เมล็ดข้าวขยายตัวได้ดีส่งผลให้ข้าวมีความนุ่มมากขึ้น (งามชื่น, 2546) วิธีในการหาอัตราการยืดตัวของข้าวสุก สามารถหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร (Perez and Juliano, 1979)

2.3 เทคโนโลยีการใช้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจุบันเทคโนโลยีการใช้ความร้อนในการหุงข้าวมีหลากหลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการหุงสุก และกระบวนการฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Juliano, 1985 ; อรอนงค์, 2547. อ้างโดย อรุณี, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 กระบวนการหุงสุก

2.3.1.1 การหุงสุกข้าวด้วยเตาอบ (Over cooking)

ทำได้โดยการเติมน้ำเดือดประมาณ 220-260 มล. ลงในข้าวสาร 100 กรัมในถ้วยแก้วที่ทนไฟและมีฝาปิด จากนั้นหุงสุกในเตาอบที่อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 นาที หลังจากนั้นเปิดฝาแล้วอบด้วยไอน้ำในเตาอบต่ออีก 5 นาที

2.3.1.2 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำน้อย (Small amount water)

ต้มน้ำปริมาตร 200 มล. ในถ้วยแก้วที่มีฝาปิดจนเดือด จากนั้นเติมข้าว 100 กรัม แล้วต้มเป็นเวลา 2 นาที เมื่อครบเวลาให้ลดไฟลงเป็นระดับอุ่นอีกประมาณ 18 นาที ในปัจจุบันวิธีเป็นการหุงแบบใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ที่ตั้งไฟได้อัตโนมัติ ซึ่งจัดเป็นการหุงข้าวแบบไม่เช็ดน้ำ

2.3.1.3 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำปานกลาง (Medium amount water)

เริ่มจากต้มน้ำในกระทะหรือหม้ออะลูมิเนียม ปริมาตร 400 มล. จนเดือด จากนั้นเติมข้าว 100 กรัม ต้มเป็นเวลา 2 นาที แล้วลดไฟลงในระดับอุ่นประมาณ 13-18 นาที โดยปิดฝาไว้ เมื่อต้องการนำมารับประทานจึงเทน้ำออก ซึ่งบางประเทศใช้น้ำเย็นหุงข้าวจนสุกแล้วค่อยเทน้ำที่เหลือออก จึงเรียกวิธีนี้ว่า การหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ

2.3.1.4 การหุงสุกข้าวด้วยปริมาณน้ำมาก (Large amount water)

ซึ่งมีลักษณะการหุงคล้ายการหุงข้าวสุกด้วยปริมาณน้ำปานกลางแต่ใช้น้ำมากกว่า คือประมาณ 800 มล. จนเดือด จากนั้นเติมข้าว 100 กรัม แล้วต้มต่อประมาณ 12-20 นาที

2.3.1.5 การนึ่ง (Steaming)

เป็นการทำข้าวให้สุกด้วยไอน้ำ โดยใส่ข้าวลงในหม้อที่มีรูด้านล่างซึ่งเป็นหม้อที่วางไว้ด้านบน ส่วนหม้อที่อยู่ชั้นล่างจะใส่น้ำที่ต้มเดือด หรืออาจต้มข้าวให้สุกก่อนจนข้าวอุ้มน้ำไว้ได้หมด ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที แล้วค่อยนึ่งด้วยไอน้ำต่ออีก 30 นาที

2.3.1.6 การนึ่งแบบเติมน้ำมัน (Steaming with oil added)

โดยต้มน้ำในหม้อหรือกระทะ ปริมาณ 800 มล. จนเดือด จากนั้นใส่ข้าวสาร 100 กรัม ต้มเป็นเวลา 5 หรือ 15 นาที แล้วเทน้ำออก จากนั้นนำข้าวที่สะเด็ดน้ำลงใส่ลงในหม้อนึ่ง ซึ่งเป็นหม้อ 2 ชั้น โดยชั้นบนใส่ข้าวที่สะเด็ดน้ำแล้วเติมน้ำมัน 1 ช้อนโต๊ะ และน้ำร้อน 60 มล. นึ่งในน้ำเดือดซึ่งอยู่ในหม้อชั้นล่าง เป็นเวลา 15 นาที

2.3.1.7 การหุงข้าวในน้ำที่เติมน้ำมัน (Cooking in water with oil added)

ต้มข้าวสาร 100 กรัม ผสมน้ำมันเมล็ดฝ้าย 1 ช้อนโต๊ะ ในกระทะหรือหม้ออะลูมิเนียมประมาณ 2-5 นาที แล้วเติมน้ำประมาณ 200 หรือ 250 มล. จากนั้นอุ่นเป็นเวลา 20, 25 หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28 นาที โดยวางหม้อไว้บนแผ่นกั้นความร้อนด้านล่าง ในบางประเทศใช้วิธีการเติมน้ำมันลงในน้ำ 250 มล. แล้วต้มจนเดือดจึงใส่ข้าวลงไปและอุ่นในหม้อปิดฝาเป็นเวลา 30 นาที

2.3.2 การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ทิพาพร, 2555)

หลักสำคัญในการใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คือ ทำให้อาหารอยู่ในสภาวะปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า (Commercial sterility) หมายความว่าทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย ซึ่งสามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติของการเก็บรักษา

คำว่า “ภาชนะปิดสนิท” (Hermetically sealed container) ซึ่งหมายถึงไม่มีอะไรสามารถผ่านเข้าออกภาชนะนั้นได้ เพื่อคงสภาพปลอดเชื้อของอาหารในภาชนะนั้นไว้หลังการฆ่าเชื้อ ภาชนะปิดสนิท ได้แก่ กระป๋องโลหะ ขวดแก้ว (ที่ฝาด้านในเคลือบด้วย Plastisol) ถุงรีทอร์ท (ที่ปิดผนึกด้วยความร้อน) กล่องลามิเนท เป็นต้น

กระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อที่สำคัญและต้องระวังเป็นพิเศษ คือ ที่ใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-acid food) ซึ่งหมายถึงอาหารใดก็ตามที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) สูงกว่า 0.85 อาหารพวกนี้มีปริมาณกรดต่ำและปริมาณน้ำสูงพอที่จะให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายเจริญได้ ทั้งนี้รวมถึงกระบวนการให้ความร้อนอาหารปรับกรด (Acidified food) ซึ่งคืออาหารที่เดิมเป็นกรดต่ำแต่มีการใส่กรดเพื่อปรับให้มีค่า pH เท่ากับ 4.6 หรือต่ำกว่าและมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่า 0.85 และ อาหารควบคุมวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity controlled food) ซึ่งมีค่า a_w น้อยกว่า 0.85 ด้วย (ทิพาพร, 2555) ทั้งนี้การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุปิดสนิทแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) พาสเจอร์ไรส์ (ผลิตภัณฑ์ต้องแช่เย็น) หมายถึง กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย โดยมีลักษณะการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1.1 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า

1.2 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า

1.3 อุณหภูมิและเวลาที่ให้ผลในการฆ่าเชื้อเทียบเท่ากับข้อ 1.1 และ 1.2 แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค และระยะเวลาการบริโภคจะสั้นเนื่องจากยังมีจุลินทรีย์อื่นที่ไม่อันตรายแต่อาจทำให้เน่าเสียหลงเหลืออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สเตอริไลส์ หมายถึง กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียซึ่งสามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติของการเก็บรักษา ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity) มากกว่า 0.85 และบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท กันอากาศเข้าออกได้ อย่างหนึ่งอย่างใดดังนี้

2.1.1. ภาชนะโลหะที่ปิดผนึกด้วยตะเข็บสองชั้น (Double seam) เช่น กระป๋อง ปี๊บ เป็นต้น

2.1.2 ภาชนะแก้วที่ปิดผนึกด้วยฝาที่ออกแบบพอดีกับปากขวด ภายในฝาจะมีวัสดุยืดหยุ่นทำหน้าที่กันรั่ว (Sealing compound) ทั้งที่เป็นแผ่น (Gasket หรือ Liner) และที่เคลือบหรือหล่อติดกับฝาโดยตรง (Plastisol) หรือที่ปิดผนึกแน่นสนิทด้วยการใช้ฟิล์มพลาสติกหรืออลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต โดยใช้ความร้อนหลอมให้ละลายยึดติดกับปากขวด (Heat Sealing)

2.1.3 ภาชนะพลาสติกที่ทนต่อสภาวะการฆ่าเชื้อ เช่น อุณหภูมิและความดันในเครื่องฆ่าเชื้อ (Retortable plastic packaging) ปิดผนึกแน่นกันอากาศเข้าออกได้ด้วยความร้อน (Heat Seal) เช่น ถุงเพาช์ (Pouch) ถาดหรือถ้วยพลาสติก (Semi-rigid Tray and Bowls) หรือ ปิดผนึกด้วยตะเข็บสองชั้น (Double seam) เช่น ถ้วยพลาสติกกับฝาโลหะ หรือปิดผนึกด้วยฝาที่ออกแบบมาให้สามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ ทั้งชนิดที่มีวัสดุบุผนึกและฝาชนิดไม่มีวัสดุบุผนึกชั้นใน ที่ผนึกแน่นด้วยแรงเชิงกล (Plug seal cap)

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไลส์ต้องเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิปกติโดยไม่ต้องแช่เย็น มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

2.3. ใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมกับค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์อาหาร

2.3.1 สเตอริไลส์ (อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ) ผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า 4.6 ใช้อุณหภูมิการฆ่าเชื้อไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาที่เหมาะสม

2.3.2 สเตอริไลส์ (อาหารที่ปรับสภาพกรด) ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำที่ผ่านการปรับสภาพให้มีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 โดยการเติมกรดหรือเติมส่วนผสมที่มีความเป็นกรดโดยธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนักในการฆ่าเชื้อที่เป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ โดยอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สเตอริไลส์ (อาหารที่มีความเป็นกรด) ผลิตภัณฑ์อาหารที่โดยธรรมชาติมีค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 ซึ่งจะช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนักในการฆ่าเชื้อที่เป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ โดยอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส

3) ยู เอช ที หมายความถึง กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ (James, 2000)

2.4 เครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะปิดสนิทให้ปลอดเชื้อแบบเชิงการค้า

การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทให้ปลอดเชื้อในเชิงการค้า (ทิพาพร, 2555) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.4.1 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศปกติ

โดยทั่วไปสร้างจากวัสดุประเภทโลหะ ใช้สำหรับส่งผ่านความร้อนให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่ปรับกรด (Acidified Foods) หรืออาหารที่มีความเป็นกรด (Acid Foods) มีหลายรูปแบบทั้งประเภทที่มีการทำงานแบบเป็นชุด (Batch) ซึ่งมีลักษณะคล้ายหม้อขนาดใหญ่และอ่างสำหรับหล่อเย็นหรือเป็นเครื่องฆ่าเชื้อที่มีการทำงาน โดยมีลักษณะเป็นรางลำเลียงผลิตภัณฑ์อาหารลงในถังน้ำร้อนหรือตัวกลางให้ความร้อนอย่างอื่น ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นเครื่องฆ่าเชื้อแบบใด ต้องมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่มีความเที่ยงตรง เช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดก้านโลหะ หรือเครื่องมืออุปกรณ์อื่นที่มีความทัดเทียมกัน ต้องอ่านอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียสและมีสเกลไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสต่อเซนติเมตร มีป้ายแสดงวันเดือนปีที่ทำการสอบเทียบครั้งสุดท้ายและเก็บรักษาบันทึกการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐานโดยมีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง แต่ไม่จำเป็นต้องติดตั้งไว้ที่เครื่องฆ่าเชื้อโดยตรง ทั้งนี้ไม่ควรใช้ชนิดแท่งแก้วเนื่องจากมีโอกาสแตกและปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตได้

2.4.2 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อ (Aseptic systems)

ระบบการผลิตแบบปลอดเชื้อ (Aseptic Systems) เป็นการฆ่าเชื้ออาหารด้วยความร้อนก่อนการบรรจุในภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ต้องมีหลักฐานว่าได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้าแล้ว และแสดงไว้ในกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด เครื่องฆ่าเชื้อนี้มีหลายรูปแบบ ซึ่งแตกต่างกันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารแต่ละชนิด ดังนั้นหากมีการติดตั้ง ผู้ประกอบการต้องนำรายละเอียดให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาพิจารณาเป็นกรณีไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนชนิดภายใต้ความดัน (Retorts)

ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และกรรมวิธีการผลิตที่ดีที่เรียกว่า GMP (Good manufacturing practice) การฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Retort) คืออุปกรณ์ปิดที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยทำงานภายใต้ความดันเพื่อทำให้อุณหภูมิขึ้นสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีหลายระบบแต่มีคุณลักษณะร่วมกัน คือ ระบบทำงานภายใต้ความดันและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดมาก ระบบใช้ตัวกลางเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ ตัวกลางที่ใช้มีทั้งไอน้ำและน้ำร้อน โดยให้บรรจุภัณฑ์อยู่ใต้น้ำร้อน หรือสเปรย์ด้วยน้ำร้อน เป็นต้น และไอน้ำผสมกับอากาศบางระบบใช้ความดันเพิ่ม (Overpressure) ระหว่างการฆ่าเชื้อและการหล่อเย็นเพื่อคงความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุไว้และเพื่อให้เกิดสมดุลกับความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ ระบบนี้จำเป็นสำหรับภาชนะบรรจุบางประเภทที่มีความทนทานที่จำกัดต่อความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะบรรจุ เช่น บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว ถาดโลหะ (Metal trays) กล่องกระดาษ (Paperboard containers) และขวดแก้ว โดยเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันต้องทำงานอย่างถูกต้องเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเพียงพอต่อการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า

การฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Retort) แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2556 คือ 1) เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่ง (Still retort) มีการทำงานเป็นแบบกะ คือ ไม่ต่อเนื่อง แบ่งตามลักษณะการวางเป็นแบบแนวตั้ง (Vertical type) และแบบขวางตามแนวนอน (Horizontal type) 2) เครื่องฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง (Continuous retort) มีหลายรูปแบบ เช่น เครื่องฆ่าเชื้อแบบไฮโดรสเตติก (Hydrostatic sterilizer) สำหรับเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารในประเทศไทยส่วนมากเป็นเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่ง ลักษณะแบบขวางตามแนวนอน ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารประเภทกรดต่ำที่อุณหภูมิสูงด้วยความร้อนภายใต้ความดันไอน้ำ ต้องมีการควบคุมดูแลการใช้งานให้ถูกต้องเพื่อให้ผลดีและมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (วิไล, 2552)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้ความดัน (Retort) ได้แก่

1) ความเป็นกรดด่างของอาหาร ซึ่งจะส่งผลต่อการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญได้ที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 3.7 และการให้ความร้อนอาหารที่มีความเป็นกรดสูงจะทำลายเพียงจุลินทรีย์ที่เจริญได้และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร ได้แก่ ยีสต์และรา สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีค่าพีเอชประมาณ 4.5 การให้ความร้อนกับอาหารประเภทนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณความร้อนที่สามารถทำลายแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ (ทวิพัฒน์, 2550)

2) การไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุ ขั้นตอนการบรรจุลงถ้วยรีทอร์ท (Retort cup) หรือกระป๋องจะต้องมีการไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุเพื่อลดปริมาณออกซิเจนในอาหารและภาชนะที่อยู่ช่องว่างระหว่างฝาปิดกับอาหาร (Headspace) หากพบว่ามีปริมาณอากาศในภาชนะมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินไปจะส่งผลให้ภาชนะบวม เนื่องจากเมื่ออากาศได้รับความร้อนจะขยายตัวในระหว่างขั้นตอนการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหาร ซึ่งส่งผลให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป สำหรับวิธีการไล่อากาศสามารถทำได้หลายวิธี เช่น บรรจุอาหารในขณะที่ร้อนจัด ดูดอากาศออกด้วยปั๊มดูดอากาศ หรือการใช้ไอน้ำไล่อากาศ

3) กระบวนการให้ความร้อนขั้นต่ำ (Minimum thermal process) เป็นการให้ความร้อนโดยมุ่งเน้นไปที่การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เรียกว่าสภาวะการให้ความร้อนกับอาหารในสภาพปลอดเชื้อทางการค้า (Commercial sterilization) คือ การใช้ความร้อนเพื่อทำลายสปอร์ของคลอสติเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) รวมถึงจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการความร้อน คือ อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดในอาหาร จะทำให้ทราบว่าต้องใช้เวลาเท่าไรในการฆ่าเชื้อ โดยในการทดลองต้องใช้สภาวะที่เลวร้ายที่สุดในการผลิต เช่น น้ำหนักมากที่สุด อัตราส่วนผสมที่มีความเข้มข้นมากที่สุด อีกปัจจัยหนึ่งคือ คุณสมบัติการทนต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น เช่น การทำลายยีสต์และราได้ง่ายกว่าการทำลายแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียสามารถทนความร้อนได้มากกว่าเซลล์ปกติ (Vegetative cell) ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีสภาพความเป็นกรดด่างต่างๆ ดังตารางที่ 2.9 ดังนั้น ระยะเวลาการฆ่าเชื้อจึงขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับอายุของจุลินทรีย์และสภาพอุณหภูมิที่เหมาะแก่การเจริญของจุลินทรีย์ (Optimum temperature) เช่นกัน โดยในระยะการเจริญคงที่ (Stationary phase) จะเป็นระยะที่จุลินทรีย์มีความทนทานต่อความร้อนได้สูงสุด รองลงมาคือระยะพัก (Lag phase) สำหรับระยะแบ่งตัว (Logarithmic phase) เป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่ทนความร้อน ก่อนการฆ่าเชื้ออาหารสำเร็จรูปให้ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคจำเป็นต้องมีการทดสอบเกี่ยวกับการกระจายความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (Temperature distribution, TD) เพื่อกำหนดกระบวนการไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ รวมถึงการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร (Heat penetration, HP) และกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์นั้น

4) อัตราส่งผ่านความร้อน (Rate of heat penetration) อาหารแต่ละชนิดจะมีการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากัน โดยอาหารที่มีลักษณะแข็งจะมีการส่งผ่านความร้อนแบบนำความร้อน (Conduction) ส่วนอาหารที่เป็นของเหลวจะมีการส่งผ่านความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection) ซึ่งเกิดได้เร็วกว่าของแข็ง ดังนั้นระยะเวลาในการฆ่าเชื้อจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหาร กล่าวว่าปัจจัยที่สำคัญต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร ได้แก่ อาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะส่งผ่านความร้อนช้ากว่าอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ขนาดของชิ้นอาหาร หากชิ้นอาหารมีขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่าชิ้นอาหารขนาดเล็ก ขนาดและรูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะบรรจุ หากมีขนาดใหญ่จะต้องใช้เวลาในการส่งผ่านความร้อนมากขึ้น อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อซึ่งความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารและตัวกลางให้ความร้อนที่สูงกว่าจะให้การส่งผ่านความร้อนที่เร็วกว่า น้ำหนักอาหารในภาชนะบรรจุ หากมีมากเกินไปจะส่งผลให้อัตราการส่งผ่านลดลง สุญญากาศและช่องว่างเหนืออาหาร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีช่องว่างเหนืออาหารไม่เพียงพอ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสภาวะการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ และวัสดุที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ หากเป็นโลหะจะสามารถส่งผ่านความร้อนได้เร็วกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากแก้วหรือพลาสติก

ตารางที่ 2.9 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีความเป็นกรดต่างๆ

ชนิดของอาหาร	กลุ่มแบคทีเรีย	ชนิดแบคทีเรีย	D_{250} (นาที)	Z (°F)
อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำและปานกลาง (พีเอช >4.5)	Thermophiles (Spore)	Flat-sour (*B. stearothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
		Gaseous-spoilage (*C. thermosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
		Sulfide stinkers (*C. nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
	Mesophiles (Spore)	*C. botulinum* (type A และ B)	0.1-0.2	14-18
		C. sporogenes (including P.A.3679)	0.1-1.5	14-18
อาหารที่มีความเป็นกรด (พีเอช 4.0-4.5)	Thermophiles (Spore)	*B. coagulans* (Facultative mesophiles)	0.01-0.07	14-18
	Mesophiles (Spore)	*B. polymyxa* และ *B. macerans*	0.1-0.5	12-16
		Butyric anaerobes (*C. pasterianum)*	0.1-0.5	12-16
อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (พีเอช<4.0)	Mesophilic non-spore forming	*Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp. ยีสต์ และรา	0.5-1.0	8-10

ที่มา: Stumbo (1973) อ้างโดย ทวิพัฒน์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้ความดัน (Retort) ได้แก่

1) ค่า D (Decimal reduction time หรือ Death rate constant) หมายถึง เวลา (นาที) ที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไปร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิม ณ อุณหภูมิหนึ่ง ข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟความอยู่รอด (Survivor cure) บนกระดาษเซมิล็อกโดยพลอทระหว่าง log10 ของจำนวนเชื้อที่อยู่รอด (Survivor) บนแกนล็อก (แกนY) และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิหนึ่งๆ บนแกนธรรมดา (แกนX) กราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูงจะทนทานต่อความร้อนสูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีค่า D ต่ำ ซึ่งค่า D หาได้จากสมการ 2.1 และจากงานวิจัยของ Pflug. *et al*. (1981) อ้างโดย ทวิพัฒน์ (2550) ได้กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ กับค่า D ดังตาราง 2.10

$$\mathbf{D = \frac{t}{\log N_0 - \log N_t}} \qquad (2.1)$$

เมื่อ t = เวลา (นาที)

N_0 = ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

N_t = ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที

ตารางที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ กับค่า D

กลุ่มจุลินทรีย์	ตัวอย่างแบคทีเรีย	D_{250}
จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูงมาก (Extremely high heat resistance)	*B. stearothermophilus*	>1.0
จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูง (High heat resistance)	*C. botulinum*	>0.1
จุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อน (Heat resistance)	*B. coagulans*	>0.01
จุลินทรีย์ที่ไม่ทนทานต่อความร้อน (Not heat resistance)	-	<0.01

ที่มา: Pflug. *et al*. (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่า Z (Z value) หมายถึง จำนวนองศาเซลเซียสหรือองศาฟาเรนไฮต์ ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงจรล็อก หรือ 10 เท่า ค่า Z ได้จากการสร้างกราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยพลอทระหว่างค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง (บนแกนล็อก) กับอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ฆ่าเชื้อ (บนแกนธรรมดา) จะได้กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า Thermal death time curve (TDT)

3) ค่า F (Sterilizing value) หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นต้องระบุอุณหภูมิ (Process temperature) ที่ใช้และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมาย โดยปกติจะใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น F_0 อุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงมาตรฐาน คือ 250 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 121.1 องศาเซลเซียส ค่า Z มีค่าเท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 10 องศาเซลเซียส ซึ่ง F_0 มีค่าเท่ากับ 2.52 นาที คือ เวลาที่ต้องการลดสปอร์ *C. botulinum* จาก 10^{12} ให้เหลือ 100 หรือเรียกว่า 12D ค่า F มักเรียกว่า Process lethality เมื่อต้องการเปรียบเทียบกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกันสามารถแสดงค่าอุณหภูมิอื่นเป็นค่า F ที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน เช่น 250 องศาฟาเรนไฮต์

$$\textbf{Lethal rate} = \mathbf{10^{(CT-250)/Z}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ

การคำนวณค่า F_0 ต้องใช้ข้อมูลของอุณหภูมิและเวลาที่ได้จากการถ่ายเทความร้อนที่จุดร้อนช้าที่สุด ขั้นตอนการดำเนินการและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ

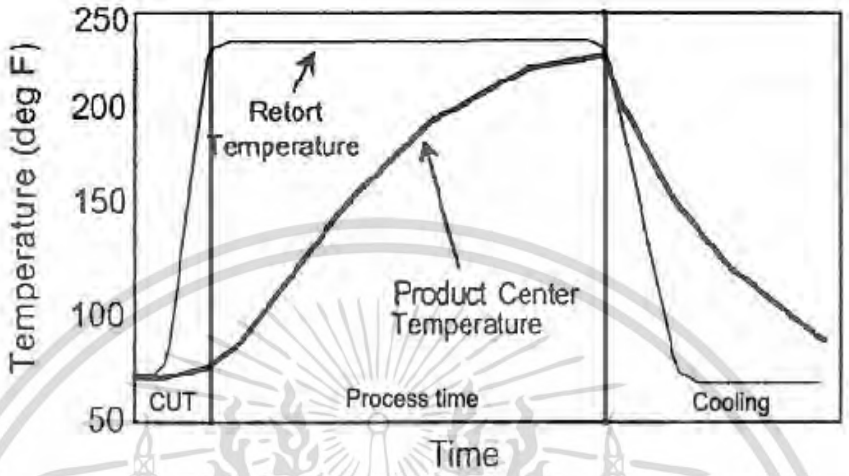
1) การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิขณะฆ่าเชื้อ โดยนำชิ้นอาหารมาเสียบกับเทอร์โมคับเบิล (Thermocouple) ที่มีสายต่อเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุให้ตรงกับจุดร้อนช้าที่สุด ถ้าในภาชนะบรรจุที่เป็นถุงที่วางในแนวนอน จุดร้อนช้าที่สุดเป็นบริเวณกึ่งกลางความหนาของถุง

2) การเปลี่ยนแปลงขณะฆ่าเชื้อ ในสภาวะการฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อประกอบไปด้วย ช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อ (Come up time, CUT) ช่วงการให้ความร้อน (Process time) และช่วงของการทำให้อาหารเย็น (Cooling) ซึ่งผลของการติดตามอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์และเครื่องฆ่าเชื้อ แสดงดังรูปที่ 2.13

2.1) ช่วงเวลาจากเริ่มให้ความร้อนแก่น้ำร้อนจนถึงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิที่กำหนดเรียกว่า Come up time การควบคุมแรงดันเพื่อไม่ให้น้ำร้อนเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไอน้ำเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการควบคุมการทำงานในหม้อฆ่าเชื้อชนิด Hot water spray ความดันที่ใช้ควบคุมแรงดันจะมาจากแรงดันลมจากภายนอก



รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์และเครื่องฆ่าเชื้อ

ที่มา: Larousse and Brown (1997) อ้างโดย ทวิพัฒน์ (2550)

2.2) ช่วงการให้ความร้อน เป็นช่วงของการควบคุมอุณหภูมิและเวลาให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้ว (M.I.G. Thermometer) ตลอดการฆ่าเชื้อ เวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมได้จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration test) และการคำนวณ

2.3) การทำให้อาหารเย็น หลังจากปิดน้ำร้อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ภายหลังการฆ่าเชื้อควรถูกทำให้เย็นลงทันที เพื่อให้เกิด Microbial shock ทำให้สปอร์ของจุลินทรีย์เสื่อมความสามารถในการเจริญและรักษาคุณภาพของอาหารไม่ให้อาหารสุกเกินไป ซึ่งระหว่างนี้ความดันในถุงอาหารจะสูงกว่าภายนอก จึงยังต้องใช้แรงดันลมจากภายนอกเพื่อควบคุมไม่ให้ถุงอาหารพองจนแตกได้

4) การคำนวณเวลาในการให้ความร้อน (Thermal process calculations for canned foods: F_0) แบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่หนึ่ง คือ การนำข้อมูลที่ได้จากกราฟเวลาที่ทำลายเชื้อด้วยความร้อน (TDT curve) และข้อมูลการส่งผ่านความร้อนไปยังภายในภาชนะบรรจุ (Heat penetration data) ในแต่ละช่วงเวลาให้ความร้อนมาคำนวณหาอัตราการทำลาย (Lethal rate) ดังสมการ 2.3 แล้วนำไปสร้างกราฟกับเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อ การคำนวณหาค่า F_0 ทำได้โดยการอินทิเกรทพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อ (Ball and Olson, 1957) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาค่า F_0 ดังสมการ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\textbf{Lethal rate} = 10^{(CT-250)/Z} \quad (2.3)$$

$$F_0 = \varepsilon(t_{CT} 10^{\frac{CT-250}{Z}}) \quad (2.4)$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ

t_{CT} = ช่วงเวลาที่อาหารมีอุณหภูมิที่ CT

วิธีที่สองคือ นำข้อมูลอุณหภูมิและเวลามาใช้คำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อน ซึ่งนำไปใช้คำนวณหาค่า F_0 หรือระยะเวลาดำเนินการ (Processing time) ภายใต้สมมุติฐานที่กำหนดไว้ แม้ว่า Heat penetration curve ของอาหารไม่สม่ำเสมอ โดยมีลักษณะเป็น Broken heating curve ก็สามารถปรับปรุงให้เป็นสมการเส้นตรงในกราฟเซมิล๊อค (Semi log) แล้วนำค่าต่างๆ ที่ได้ไปคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Processing temperature) หรือขนาดของภาชนะบรรจุนั้น สามารถคำนวณระยะเวลาดำเนินการ (Processing time) ที่เหมาะสมใหม่ได้โดยไม่ต้องทำการทดลองใหม่ทุกครั้ง

วิธีที่สาม ใช้สำหรับอาหารในบรรจุภัณฑ์นั้นมี Heat penetration curve เป็นเส้นตรง โดยเป็นวิธีที่จำเป็นต้องรู้ค่าเฉพาะ เช่น ค่าของ z ในกราฟของการทำลายด้วยความร้อนถ้าเป็นเชื้อ *C. botulinum* จะมีค่าเท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮต์ (ทวิพัฒน์, 2550)

2.5 ซอสกอและ

“ไก่กอและ” หรือ “ไก่ฆอและ” เป็นอาหารมลายูปักษ์ใต้และมาเลเซีย ไก่กอและในภาษามลายูปาตานีจะอ่านว่า "อาแยฆอและ" (Ayam Golek) คำว่า “อาแย” (Ayam) แปลว่า ไก่ “ฆอและ” (Golek) แปลว่า กลิ้ง “อาแยฆอและ” จึงแปลว่า ไก่กลิ้ง ซึ่งหมายถึงการย่างเพราะต้องคอยพลิกกลับไปมาเพื่อทำให้อาหารสุก โดยขณะที่ย่างจะต้องราดน้ำซอสกอและไปด้วย (Marisa. *et al*., 2017) จากงานวิจัยของ Marisa. *et al*., 2017 ได้ทำการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าเชื้อที่มีต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ไก่กอและในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วย (Retort bowl) โดยคัดเลือกสูตรซอสกอและสูตรที่ 4 ดังตารางที่ 2.11 จากทั้งหมด 6 สูตรที่มีส่วนผสมของข้าวและอัตราส่วนพริกแดงใหญ่และพริกแดงเล็กแตกต่างกัน โดยข้าวที่ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรซอสกอและ ได้แก่ ข้าวลืมผัวและข้าวหอมมะลิ โดยสูตรที่ 4 เป็นสูตรที่เติมข้าวหอมมะลิได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงสุดจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ส่วนผสมของซอสกอและ

ส่วนผสม	สูตร			
	1 (ร้อยละ)	2	3	4 (ร้อยละ)
หอมแดง	10.0	3 ขีด	5 หัว	6
พริกชี้ฟ้าแดงแห้ง	7.3	1 ขีด	-	-
พริกแดงใหญ่แห้ง	-	-	10 เม็ด	3
พริกแดงเล็กแห้ง	-	-	-	3
กระเทียม	4.4	1 หัว	10 กลีบ	-
ขิง	0.8	2 นิ้ว	10 แว่น	-
หัวกะทิ	34.5	1.5 กก.	4 ถ้วย	58
น้ำตาลปี๊บ	15.7	½ ถ้วย	3 ช้อนโต๊ะ	6
น้ำสะอาด	22.0	-	-	13.0
เกลือป่น	1.8	1-2 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนชา	-
น้ำมะขามเปียก	0.5	2 ช้อนโต๊ะ	-	-
แป้งข้าวเจ้า	1.4	-	-	-
ข้าวหอมมะลิ	-	-	-	6
ลูกผักชี	0.1	-	1 ช้อนชา	-
ยี่หร่า	0.1	-	1/2 ช้อนชา	-
อบเชยป่น	-	-	1 ช้อนชา	-
น้ำปลา	1.5	-	-	-
ขมิ้น	-	2 นิ้ว	2-3 ชิ้น	-
ถั่วลิสงบดละเอียด	-	-	-	4
เครื่องเทศ	-	-	-	1
กะปิ	-	-	1 ช้อนชา	-
นมข้นจืด	-	-	½ ถ้วย	-

หมายเหตุ สูตร 1 อ้างอิงจากประกายแก้ว (2555)

สูตร 2 สำหรับไก่ 1 ตัว อ้างอิงจากรมณีย์ เจ๊ะมะ (2554)

สูตร 3 สำหรับสะโพกไก่ 3 ชิ้น อ้างอิงจากสำนักพิมพ์แสงแดด (2561)

สูตร 4 อ้างอิงจาก Marisa. *et al*. (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.11 พบว่าส่วนผสมของซอสกอและ ประกอบด้วยสมุนไพรและเครื่องเทศต่างๆ เช่น พริกชี้ฟ้าแดง หอมแดง ขมิ้น กระเทียม ขิง ลูกผักชี ยี่หร่า พริกไทย เป็นต้น จากการรวบรวมข้อมูลสูตรซอสกอและพบว่าส่วนผสมหลักซอสกอและคือ พริก ซึ่งมีคุณลักษณะให้รสเผ็ด ทำให้ซอสมีสีแดงอมส้มและมีความเข้มข้น พริกไทย ยี่หร่าและลูกผักชี มีคุณลักษณะเผ็ดร้อน ให้กลิ่นหอม หอมแดง มีคุณลักษณะเผ็ดอ่อนๆ ทำให้ซอสมีความเข้มข้น แป้งข้าว มีคุณลักษณะช่วยเพิ่มความข้น น้ำกะทิ มีคุณลักษณะให้ความข้น ความมัน และความหวาน (พชร, 2558) ขั้นตอนการผลิตเริ่มจากปั่นส่วนผสมรวมกัน จากนั้นผัดเครื่องแกงกับน้ำกะทิ และปรุงรสด้วยน้ำตาลมะพร้าว เกลือ และเครื่องเทศ (Marisa. *et al*., 2017) จะได้เป็นซอสกอและที่มีลักษณะข้นคล้ายน้ำจิ้มสะเต๊ะ สีแดงอมส้มเหลือง เนื้อสัมผัสละเอียดและเนียน ทั้งนี้ วัตถุดิบหลัก ได้แก่ พริกและหอมแดง มีสารสำคัญต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภค โดยแสดงรายละเอียดดังนี้

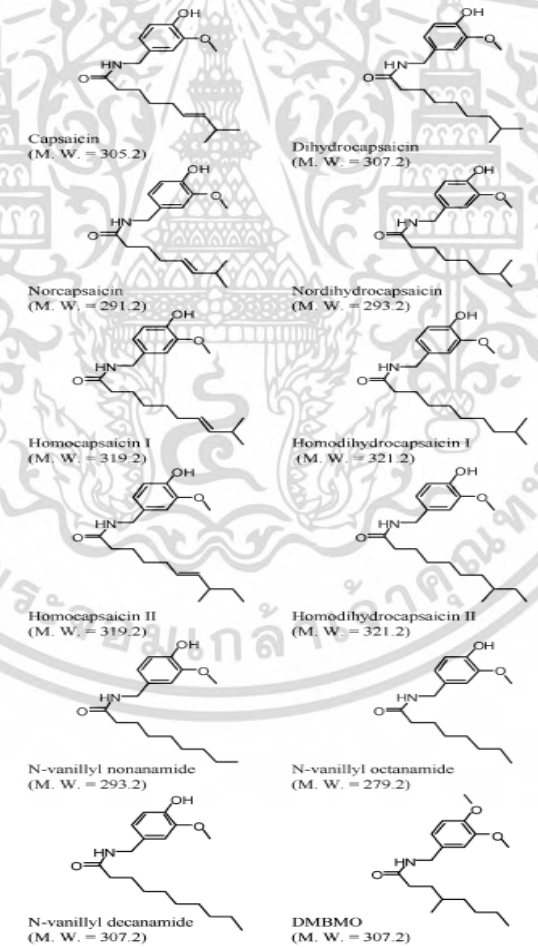
พริกเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเขตร้อนและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก นิยมปลูกในเขตที่มีอากาศอบอุ่นและร้อน เช่น แอฟริกา อินเดีย อเมริกาเขตร้อน ญี่ปุ่น และไทย พริกที่มีจำหน่ายในตลาดในประเทศไทยได้จากพืชตระกูล Capsicum หลายพันธุ์ เช่น พริกแต้ พริกขี้นก พริกขี้หนู (*Capsicum fructescense* L.) พริกหยวก (*Capsicum annuum* L.) พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* var acuminatum Fingarh) พริกทาบาสโก (Tabasco Pepper, *Capsicum annuum* L. var conoides Irish) พริกหยวกชนิดยาว (Louisiana Long Pepper, *Capsicum annuum* L. Var Longum Sendt) สารประกอบทางเคมีที่สำคัญในพริก คือ แคปไซซินนอยด์ ซึ่งเป็นสารที่ให้ความเผ็ดร้อน ได้แก่ แคปไซซิน (Capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Noredihydrocapsaicin) โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsaicin) ดังรูปที่ 2.14 และสารที่ไม่ให้รสเผ็ดคือ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ได้แก่ แคปซารูบิน (Capsarubin) แคปซานทิน (Capsanthin) โดยทำหน้าที่เป็นสารให้สีแก่พริก นอกจากนี้ยังประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน วิตามินเอ วิตามินซี และน้ำมันหอมระเหย (Volatile oils) ที่เป็นกรดบิวทีริค (Butyric acid) และสารหอมระเหยที่พบในพริกที่เป็นลักษณะเฉพาะคือ 2-methoxy-3-isobutyl-pyrazine (ธำรงศักดิ์ และคณะ, 2534 ; สนธยา, 2540)

หอมแดง (Shallot) เป็นพืชผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของหัวหรือบัลบ์ เป็นพืชเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นที่นิยมปลูกและรับประทานกันมากของคนไทย นิยมใช้ในการประกอบอาหารและเป็นสมุนไพร เนื่องด้วยมีสารออริซิน (Allicin) และโพรพิลไดซัลไฟด์ (n-propyl disulphide) ที่ทำให้มีกลิ่นฉุน (กองโภชนาการ, 2544) หอมแดงสดมีสารประกอบร้อยละของความชื้น เถ้า ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 78.54 0.06 0.14 0.02 และ 0.002 ตามลำดับ หอมแดงอบแห้งมีสารประกอบร้อยละของเถ้า ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเหล็ก เท่ากับ 2.08 0.63 0.08 และ 0.01 ตามลำดับ กาบใบชั้นนอกมี Quercetin, Spiraeoside, Quercetin-3,4'-diglucoside และ Quercetin-7,4'-diglucoside ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณร้อยละ 20 กาบใบชั้นใน (ตรงกลางหัว) มี Flavonoid glycosides ประมาณร้อยละ 1 และใบสด มี Spiraeoside และ Quercetin-3,4'giglucosides ประมาณร้อยละ 1 (ชัยโย และคณะ, 2525)

สารเคมีสำคัญที่พบในหอมแดงโดยจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหย มีดังนี้ ethanol, 1-propanol, 2-propanol, methanol, 1-butanol, acetone, methyl Ethyl, ketone, hydrogen Sulfide, 1-propanethiol, methyl disulfide, methyl-1-propyl disulfide, 1-propyl disulfide, methyl trisulfide, methyl-1-propyl trisulfide, 1-propyl trisulfide, thioalkanal-S-oxide, di-n-propyl disulfide, n-propyl-allyl disulfide, diallyl disulfide, dithiocarbonate และ thiuram sulfide สารสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในหัวหอมคือ Propyl Disulfide ส่วนสารที่มีความสำคัญในการช่วยลดปริมาณไขมันและน้ำตาลกลูโคสในเลือดคือ Propyl-allyl disulfide และ Dipropyl disulfide (บัญญัติ, 2527)



รูปที่ 2.14 ประเภทแคปไซซินอยด์

ที่มา : Claver. *et al.,* 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรตีนเกษตร (Textured vegetable protein)

โปรตีนเกษตร (Textured vegetable protein) หรือเรียกอีกชื่อว่า เนื้อเทียม เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชที่มีลักษณะเลียนแบบเนื้อสัตว์ (Meat-like texture product) โดยเนื้อเทียมส่วนใหญ่แปรรูปมาจากถั่วเหลือง (Soybean) จึงมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเนื้อเทียม 100 กรัมมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 49.76 กรัมและปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40.86 กรัม (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2548 อ้างโดยวีรยา, 2562) รวมถึงสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential fatty acids) ใยอาหาร (Dietary fiber) และสารพฤกษเคมี (Phytochemical compound) (ขจีรัตน์, 2548) กระบวนการผลิตเนื้อเทียมที่นิยมมากที่สุดคือ กระบวนการอัดพองหรือเอกซ์ทรูชัน (Extrusion) เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนต่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ สามารถผลิตเนื้อเทียมได้อย่างต่อเนื่องในกระบวนการเดียว และสามารถปรับปรุงเติมแต่งคุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลือง (วีรยา, 2562) ทั้งนี้ยังมีกระบวนการผลิตเนื้อเทียมอีกหลากหลายวิธี เช่น การสร้างเส้นใยในสารละลายที่มีความเป็นกรดและด่างสูง (Fiber spinning) การสร้างเนื้อสัมผัสด้วยไอน้ำ (Stream texturization) และการสร้างเนื้อสัมผัสด้วยการกดอัด (Press texturization) เป็นต้น

กระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Extrusion) คือ กระบวนการที่มีการหมุน ผลัก พา วัตถุดิบให้ไหลผ่านช่อง (Chanel) ภายในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์อย่างต่อเนื่อง โดยมีการควบคุมสภาวะต่างๆ ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิและแรงเฉือน จากนั้นวัตถุดิบจะเกิดการหลอมเหลวในรูปแบบคล้ายพลาสติก และวัตถุดิบจะเปลี่ยนสภาพอยู่ในรูปแบบโด (Dough) และเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการหมุนของสกรู โดยในระหว่างนี้โดจะถูกทำให้สุกและถูกพาออกมาผ่านรูหน้าแปลนให้มีรูปร่างตามที่ต้องการ กระบวนการแปรรูปดังกล่าวจะส่งผลให้วัตถุดิบมีการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างและเคมี เช่น การเกิดเจลาติไนซ์เซชัน (Gelatinization) การเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีน (Denaturation) การเกิดสารประกอบของอะไมโลสและไขมัน (Amylose-lipid complexes) ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard products) การเปลี่ยนแปลงเม็ดสี (Pigment) และวิตามิน (Vitamins) เป็นต้น โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันจัดเป็นการแปรรูปในรูปแบบแรงกลและแรงเฉือน ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เช่น อาหารขบเคี้ยวแบบพองตัวทันทีและแบบที่พองตัวภายหลัง เป็นต้น (วีรยา , 2562; ขจีรัตน์, 2548)

เนื้อเทียมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เนื้อเทียมที่ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหาร (Meat Extender) โดยนำเนื้อเทียมมาเติมสารโซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) ซึ่งส่งผลให้เนื้อเทียมมีความแข็งแรง คงทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการดูดซับน้ำ และมีความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ได้มีการนำเนื้อเทียมประเภทนี้ผสมกับโปรตีนจากพืชหรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนอื่นๆ แล้วนำไปแช่เย็น จากนั้นบดเป็นเป็นชิ้นเล็กใช้เป็นส่วนประกอบของซอสเนื้อต่างๆ สตรูและเนื้อแฮมเบอร์เกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกประเภทหนึ่ง คือ เนื้อเทียมที่สามารถแทนเนื้อสัตว์ (Meat analogues) เป็นเนื้อเทียมที่สามารถนำมาปรุงได้ทันที มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์มากที่สุด ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 จะมีลักษณะของเส้นใยที่มีการพองตัวและมีรูพรุน สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 40 จะมีลักษณะของเส้นใยที่พองตัวได้น้อย และผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 40 จะมีลักษณะเนื้อที่ไม่พองตัวและมีโครงสร้างเส้นใยที่คล้ายเนื้อสัตว์มาก โดยเรียกกระบวนการแปรรูปลักษณะนี้ว่า เอกซ์ทรูชันแบบเปียก (Wet extrusion) (วีรยา, 2562; ขจีรัตน์, 2548)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทวิพัฒน์ (2550) ศึกษาข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ เหลืองประทิว123 (LP123) ขาวตาแห้ง17 (KTH17) และปทุมธานี60 (PT60) ซึ่งเป็นข้าวประเภทที่มีอะไมโลสสูง พบว่า ข้าวตาแห้ง17 ให้ผลที่เหมาะสมที่สุดในการทำเป็นข้าวผัดกุ้ง กล่าวคือ มีปริมาณข้าวเมล็ดเต็มสูง ความยาวเมล็ดเหมาะสม มีความร่วนแต่ไม่แข็งจนเกินไป

รัชนี (2541) ศึกษาข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กข 21 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ กข23 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง และเหลืองประทิว23 เป็นข้าวที่มีอะไมโลสสูง พบว่า ข้าวเหลืองประทิว23 มีคุณสมบัติเหมาะสมในการพัฒนาเป็นข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง แต่เนื่องจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวเหลืองประทิว23 มีค่าความแข็งสูงกว่าค่าในอุดมคติ ทางผู้วิจัยจึงดำเนินการคัดเลือกข้าวที่มีอะไมโลสมา 3 สายพันธุ์ ได้แก่ เหลืองประทิว23 ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี 60 ซึ่งจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและทางประสามสัมผัส พบว่าข้าวขาวตาแห้ง17 เหมาะที่จะเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาต่อไป

พลกฤษ์ (2547) ศึกษาคุณภาพของข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง โดยคัดเลือก 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท1 ปทุมธานี1 และ กข6 พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว มีความคงตัวแป้งสุกอ่อน และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันอยู่ระหว่าง 70-74 องศาเซลเซียส ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีค่าต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส สำหรับปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ปทุมธานี1 และ กข6 มีค่าเท่ากับร้อยละ 27, 19 และ 4 ตามลำดับ ข้าวผัดแช่เยือกแข็งจากพันธุ์ข้าวชัยนาท1 และปทุมธานี1 มีเมล็ดร่วนและสมบูรณ์กว่าพันธุ์ กข6 เมื่อนำข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และปทุมธานี1 หุงด้วยระยะเวลาร้อยละ 80 ของระยะเวลาการหุงทั้งหมด พบว่าให้เมล็ดข้าวที่สมบูรณ์มากกว่าการใช้ระยะเวลาการหุงร้อยละ 70 และ 100 โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และปทุมธานี1 ที่หุงด้วยระยะเวลาร้อยละ 70 ของระยะเวลาการหุงทั้งหมด มีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันเท่ากับร้อยละ 73.35 และ 86.78 ตามลำดับ และจากผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าส่วนผสมที่ได้รับการยอมรับประกอบด้วย น้ำตาลทรายร้อยละ 12.39 น้ำมะนาวร้อยละ 15.77 กะปิร้อยละ 16.89 กระเทียมร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.39 น้ำปลาร้อยละ 3.82 พริกขี้หนูร้อยละ 5.63 น้ำร้อยละ 33.1 และใช้อัตราส่วนน้ำปรุงต่อข้าว คือ 1:5

อรุณี (2551) ศึกษาสายพันธุ์ข้าวต่างๆที่ผสมกันกับข้าวดอกมะลิ105 โดยข้าวที่นำมาผสม มีดังนี้ สุพรรณบุรี60, ปทุมธานี1, ชัยนาท1 และกข23 พบว่าค่าคะแนนความชอบสูงสุดของข้าวผัดแช่เยือกแข็ง คือ 1) ข้าวสุพรรณบุรี60 ร้อยละ 20 2) ข้าวสุพรรณบุรี60 ร้อยละ 30 3) ข้าวปทุมธานี1 ร้อยละ 20 4) ข้าวปทุมธานี1 ร้อยละ 30 5) ข้าวชัยนาท1 ร้อยละ 30 ซึ่งโดยภาพรวมแล้วค่าคะแนนความชอบทุกตัวอย่างดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เพราเพ็ญ (2555) ศึกษาข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1, ข้าวดอกมะลิ105 และสันป่าตอง1 ผ่านกระบวนการทำให้เริ่มงอกแล้วนำไปนึ่ง พบว่าสมบัติทางเคมีของข้าวพันธุ์สันป่าตอง1 ให้ผลทางเคมีที่กว่าตัวอย่างอื่น และผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่ามีคะแนนในภาพรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อนำตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างนี้ผลิตเป็นข้าวผัดน้ำพริกกะปิแช่เยือกแข็ง พบว่าพันธุ์สันป่าตอง1 ให้ผลคะแนนความชอบที่กว่าสายพันธุ์อื่น อีกทั้งยังมีปริมาณแกมมาแอมิโนบิวทิริกสูงที่สุด ซึ่งข้าวพันธุ์นี้จัดอยู่ในกลุ่มข้าวเหนียว

Bett-Garber. *et al*. (2007) ทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ส่งผลต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยใช้ข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์เดลมอน (Dellmont) เป็นสายพันธุ์ที่มีเมล็ดยาวและหอม ข้าวพันธุ์เซเบอ (Saber) เป็นสายพันธุ์ที่มีเมล็ดยาว, ข้าวพันธุ์เนชเชส (Neches) เป็นข้าวขัดสีเมล็ดยาว และข้าวพันธุ์เบงกอล (Bengal) เป็นเมล็ดขนาดกลาง โดยกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อข้าวตามปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวตามปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละชนิด

พันธุ์ข้าว (Cultivar)	อัตราส่วนน้ำต่อข้าว		
	ต่ำสุด	สูงสุด	แนะนำ
Dellmount	1.5:1	1.9:1	1.7:1
Saber	1.4:1	2.0:1	1.7:1
Neches	1.0:1	1.4:1	1.2:1
Bengal	1.2:1	1.6:1	1.4:1

ที่มา: Bett-Garber. *et al*. (2007)

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อข้าวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเรื่องรสชาติของข้าวทุกสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงข้าม เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำจะส่งผลต่อค่าความเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Slickness) ความเหนียว (Stickiness) และค่าการเกาะติด (Cohesiveness) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดยุ่น (Springiness) และ ค่าความสามารถในการเคี้ยว (Chewiness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Chakkaravarthi. *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของข้าวหุงสุกที่ผ่านการแช่น้ำและไม่แช่น้ำ โดยออกแบบการศึกษาเป็น 2 แบบ ได้แก่ ศึกษาอัตราการหุงสุกแบบเช็ดน้ำ (ปริมาณน้ำที่มากเกินพอ) ของข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและไม่แช่น้ำ ศึกษาอัตราการหุงสุกแบบไม่เช็ดน้ำ (การกำหนดปริมาณน้ำ) ของข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและไม่แช่น้ำ จากการศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราความชื้นที่เพิ่มขึ้นของข้าวหุงสุกและระยะเวลาในการหุงสุก แสดงให้เห็นว่าอัตราการหุงสุกเป็นไปตามปฏิกิริยาเคมีอันดับหนึ่ง การหุงแบบไม่เช็ดน้ำในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่าอัตราการหุงสุกเพิ่มขึ้นคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหุงสุกแบบเช็ดน้ำทั้งในข้าวที่ผ่านการแช่และไม่ผ่านการแช่น้ำ ซึ่งการควบคุมการหุงสุกเป็นวิธีการประหยัดพลังงานกว่าการการหุงสุกแบบปกติ

Waraporn and Prisana, (2009) ทำการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ ปริมาณความชื้น และอุณหภูมิที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ออกแบบการวิเคราะห์ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology, RSM) ซึ่งใช้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสารมารถในการเคี้ยว (Chewiness) และ ค่าความขาว (Whiteness) เป็นปัจจัยศึกษา เนื่องจากค่าดังกล่าวมีค่า R square เท่ากับ 0.927, 0.633 และ 0.836 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการเคี้ยว (Chewiness) ลดลงเมื่อปริมาณความชื้นและความดันเพิ่มขึ้น และการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงจะส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการเคี้ยว (Chewiness) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความดันและปริมาณความชื้นจะส่งผลต่อความหนาแน่น อัตราการดูดน้ำกลับ (Rehydration ratio) และทำให้ปริมาณของข้าวกึ่งสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความพรุนของเมล็ดข้าว อีกทั้งอัตราการดูดกลับจะแปรผกผันกับความหนาแน่น แต่แปรผันตรงกับปริมาตรที่เพิ่มขึ้น สำหรับความดันซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดความหนืด (Pasting) ของข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยคุณสมบัติความหนืดของข้าวกึ่งสำเร็จรูปมีค่าต่ำกว่าข้าวสาร แต่ข้าวกึ่งสำเร็จรูปจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่อทำให้เย็น ซึ่งเป็นเรื่องปกติของแป้งดัดแปร (Modified starch) แสดงให้เห็นถึงการดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้กระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปยังก่อให้เกิดการพัฒนา Amylose-lipid complex เป็นรูปแบบ V-type ในเครื่อง X-ray diffractometer

Liang (2008) จดสิทธิบัตรเรื่องการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่มีรสชาติเฉพาะตัวและมีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งประกอบไปด้วยข้าวผสมที่ปราศจากแมลงและไม่มีสิ่งสกปรก น้ำสะอาด น้ำตาล เกลือและผักหั่นเป็นชิ้นเล็ก โดยขั้นตอนการเตรียมข้าวเริ่มจากล้างข้าวให้สะอาด แล้วนำไปแช่ในน้ำชาความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 4-6 ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำชา คิดเป็น 1:1.15 จากนั้นนำข้าวที่ได้ผสมรวมกับเครื่องปรุงและผัก แล้วบรรจุลงถุงเพาซ์ ปิดผนึกให้สนิท จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยหม้อฆ่าเชื้อแบบหมุน (Rotary retort)

Eun. *et al.* (2018) จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับวิธีการผลิตข้าวที่เคลือบด้วยน้ำมันพืช ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากล้างข้าวให้สะอาดและแช่ข้าวในน้ำเป็นเวลา 10-60 นาที ในขั้นตอนที่สอง นำข้าวที่ได้คั่วกับน้ำมันพืชเป็นเวลา 15-25 นาที ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 40-60 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 3-8 องศาเซลเซียสทุกหนึ่งนาที โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีอุณหภูมิเป็น 90-150 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็น โดยกลุ่มน้ำมันพืชที่ใช้ ได้แก่ น้ำมันพืชที่ทำจากถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก น้ำมันงา และน้ำมันงาขี้ม้อน สำหรับขั้นตอนที่สามคือ การเติมน้ำเย็น ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ อยู่ในช่วง 1 :1.3 ถึง 1:1.6 และขั้นตอนที่ 4 คือการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป เป็นเวลาอย่างน้อย 1-20 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15-40 นาที โดยไม่มีการให้ความร้อนเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องรีทอร์ท ซึ่งการเคลือบข้าวด้วยน้ำมันพืชจะส่งผลให้ข้าวไม่เหนียวติดกัน เนื่องมาจากโครงสร้างข้าวประกอบด้วยอะไมโลเพคติน ซึ่งจัดเป็นโพลีแซคคาไรด์ และไม่สามารถละลายได้ในน้ำ เมื่อข้าวได้รับความร้อน อะไมโลเพคตินจะถูกชะล้างออกมาเป็นผลให้ข้าวสุก ทั้งนี้ การเคลือบข้าวด้วยน้ำมันพืชมีส่วนช่วยป้องกันการชะล้างอะไมโลเพคติน จึงเป็นการป้องกันการสุกของข้าวที่เกิดจากอะไมโลเพคติน ซึ่งข้าวที่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำมันพืชตามอุณหภูมิและระยะในขั้นตอนที่สอง จะได้ข้าวที่มีสีน้ำตาลและเมล็ดข้าวไม่ปริแตก แต่หากใช้อุณหภูมิและเวลาที่เกินกำหนดจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วและเมล็ดข้าวมีการปริแตก เนื่องจากน้ำระเหยออกอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้าม หากใช้อุณหภูมิและเวลาต่ำกว่าที่กำหนดจะส่งผลให้ข้าวไม่สุกและน้ำมันพืชจะไม่เคลือบติดกับผิวหน้าของเมล็ดข้าว

Seok (2015) จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับวิธีการผลิตข้าวบรรจุในถุงเพาซ์ โดยมีขั้นตอนการผลิตเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ล้างข้าวที่ผสมระหว่างข้าวเหนียวและข้าวเจ้า แล้วนำข้าวที่ได้แช่ในน้ำปรุงรสเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง หั่นผักและล้างให้สะอาดจากนั้นทำให้แห้ง เตรียมซอสปรุงรส จากนั้นนำส่วนประกอบทั้งหมดผสมให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงถุงเพาซ์ และปิดผนึกแบบสุญญากาศ แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อทำให้สุกและเป็นการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที จากนั้นทำให้เย็น (Cooling) ซึ่งข้าวบรรจุถุงเพาซ์นี้สามารถรับประทานได้ทันที

Ryusuke. *et al*. (1986) จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับวิธีการผลิตข้าวต้มปรุงรสในถุงเพาซ์ระดับอุตสาหกรรม โดยแบ่งการศึกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือ วิธีการเตรียมข้าว และขั้นตอนที่ 2 คือ การเตรียมสารละลายปรุงรส โดยในขั้นตอนการเตรียมข้าว เริ่มจากล้างข้าวให้สะอาด แล้วนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-20 นาที สำหรับการเตรียมสารละลายปรุงรสซึ่งประกอบด้วย แซคคาไรด์ (Saccharides) สารเพิ่มความเป็นกรด (Acidulant) สารแต่งสี (Coloring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

agent) สารแต่งกลิ่น (Salad flavoring agent) ไขมันและน้ำมัน (Fat and oils) อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifying agent) กัม (Gum) ซอสถั่วเหลือง (Soy sauce) และเกลือ จากนั้นผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยมีค่าความหนืดระหว่าง 10-2000 cps เพื่อให้สารละลายปรุงรสถูกดูดซึมเข้าไปยังเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้าวแล้วและยังส่งผลต่อการเกาะติดกับเมล็ดข้าวอีกด้วย จากนั้นนำข้าวปรุงรสที่ได้บรรจุลงถุงเพาซ์ที่ทำมาจากไนลอนและโพลีโพลพิลีน แล้วนำมาผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

Yu. *et al.* (2017) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลของเทคโนโลยีการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก โดยพบว่าในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่หลากหลายในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ การฆ่าเชื้อด้วยเครื่องรีทอร์ท การผลิตข้าวหุงสุกพร้อมรับประทาน การผลิตข้าวแช่เยือกแข็ง ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพของของลักษณะสัมผัสและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุก โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมข้าว (Precooking) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการล้างและการแช่ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้สุก (Cooking) ได้แก่ การหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ (Excess water) การดูดซึม (Absorption) และการใช้ความดันสูง (High pressure) และขั้นที่สามคือ ขั้นตอนหลังการฆ่าเชื้อ (Post cooking) ได้แก่ การทำให้เย็น (Cooling) การแช่เยือกแข็ง (Freezing) รีทอร์ท (Retort) การทำแห้ง (Drying) และการเก็บรักษา โดยแต่ละขั้นตอนจะส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุก โดยกระบวนการแพร่ผ่านของน้ำและการละลายของเม็ดสตาร์ชสามารถเกิดขึ้นได้ในหลายขั้นตอน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก สำหรับขั้นตอนการแช่ข้าวสามารถลดระยะเวลาการทำให้ข้าวสุก ซึ่งถือเป็นการลดการใช้พลังงานได้ สำหรับขั้นตอนการทำให้สุกด้วยการดูดซึมจะทำให้ข้าวมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการหุงข้าวแบบเช็ดน้ำ จึงไม่เหมาะกับการผลิตระดับอุตสาหกรรม อีกทั้งขั้นตอนการแช่และการทำให้สุกจะส่งผลโดยตรงต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวหุงสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากอะไมโลสละลายออกจากโครงสร้างของแป้ง สำหรับขั้นตอนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งจะส่งผลให้โครงสร้างของข้าวมีลักษณะเป็นรูพรุนส่งผลให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มหลังจากผ่านกระบวนการคืนตัว (Rehydration) และการละลาย (Thawing)

Min. *et al.* (2014) ทำการศึกษาผลของกระบวนการนึ่ง (Parboiling) และการหุงสุก (Wet cooking) ต่อความเข้มข้นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินอีและโอรีซานอล สำหรับกลุ่มที่ละลายน้ำ ได้แก่ โพรแอนโทไซยานินและแอนโธไซยานิน กลุ่มฟีนอลิกที่สร้างพันธะกับผนังเซลล์ และยังรวมถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์ที่มีสีแตกต่างกัน โดยพบว่ากระบวนการนึ่ง (Parboiling) ข้าวเปลือกและข้าวกล้องส่งผลให้ความเข้มข้นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในไขมันในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของโมเลกุลฟีนอลิกที่ละลายน้ำลดลง สำหรับข้าวสีม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Hydrothermal process) พบว่ามีการคงอยู่ของแอนโธไซยานินที่สกัดได้ต่ำ แต่มีโมเลกุลฟีนอลิก (Simple phenolic) สูง สำหรับโพรแอนโธไซยานินที่พบในรำข้าวแดง โอลิโกเมอร์ที่สกัดได้ที่มีระดับโพลีเมอร์ไรซ์เซชันน้อยกว่า 4 มีค่าแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่า ในขณะที่โอลิโกเมอร์ที่มีระดับโพลีเมอร์ไรซ์เซชันมากกว่า 4 และพอลิเมอร์มีการลดลงของแอนโธไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างระดับโพลีเมอร์ไรซ์เซชันกับอุณหภูมิของวิธีการแปรรูป และเปลือกของข้าวยังมีส่วนช่วยในการคงอยู่ของสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) (รุ่น Heidolph บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd.)
2. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (ยี่ห้อ Starter รุ่น 3000 บริษัท OHAUS Corporation, USA)
3. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (รุ่น GENESYS 10S UV-VIS บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd.)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd.)
5. เครื่องเขย่าสาร (Vortex) (รุ่น G560E บริษัท Scientific Industries Inc.)
6. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) (รุ่น HICLAVE HVE-50 บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd.)
7. กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)
8. ปั๊ม (Suction pump)
9. บีกเกอร์ (Beaker)
10. แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
11. หลอดทดลอง (Test tube)
12.ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
13. กระบอกตวง (Graduated cylinder)
14. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
15. ปิเปต (Pipette)
16. ไมโครปิเปต (Micropipette)
17. กระดาษกรอง Whatman No.1
18. เครื่อง 4-Trolley T&C Horizontal steam water spray retort (บริษัท สิริไฟร์ฟู้ด จำกัด)

3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. สาร Folin Ciocalteu (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)
3. โซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) (บริษัท Fisher Scientific UK limited.)
4. กรดแกลลิก (Gallic acid) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) (ยี่ห้อ UNIVAR บริษัท Ajax Finechem pty Ltd.)

6. อะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (บริษัท European Distribution Center Belgium)

8. สารโทลอกซ์มาตรฐาน (Trolox) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

9. BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methyl phenol) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

10. โซเดียมอะซิเตรท (Sodium acetate trihydrate) (บริษัท Loba chemie, India)

11. เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

12. TPTZ (2,4,6-tripyridyl- striazine) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

13. สารเฟอร์รัสซัลเฟตมาตรฐาน (Ferrous Sulfate) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

14. กรดซิตริก (Acetic acid) (บริษัท Merck, Germany)

15. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) (บริษัท Sigma-Aldrich, China)

16. เมทานอล เกรดขั้นวิเคราะห์ (Methanol AR Grade) (บริษัท Fisher Scientific UK limited.)

17. เอทิลแอลกอฮอล์ เกรดขั้นวิเคราะห์ (Ethyl alcohol AR Grade) (บริษัท Fisher Scientific UK limited.)

18. กรดเกลเชียลแอซิติก (Glacial acetic) (บริษัท Fisher Scientific UK limited.)

19. โปเตโตอะไมโลสบริสุทธิ์ (Potato amylose) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

20. โปแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodine)

21. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

22. กรดบอริก (Boric)

23. โบรโมคลีซอลกรีน (Bromocresol green indicator)

24. เมทธิลเรด (Methyl red)

25. ไทมอลบลู (Thymol blue)

26. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

27. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

28. ออกทานอล (N-octanol)

29. เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase enzyme) (บริษัท Sigma-Aldrich Co. LLC.)

30. ไตรคลอโรแอซิติก (Trichloroacetic acid)

31. โทลูอิดีน (O-toluidine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน

รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นข้าวผัดพร้อมรับประทาน โดยรวบรวมจากงานวิจัย วารสารทางวิชาการ บทความ และสิทธิบัตร จากงานวิจัยของทวิพัฒน์ (2550) และรัชนี (2541) ทำการศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับผลิตข้าวผัด พบว่าสายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นข้าวผัดจะมีลักษณะข้าวสุกร่วน ไม่แตกบาน ไม่นิ่มหรือแข็งจนเกินไป ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำคัดเลือกข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ข้าวขาวตาแห้ง17 ข้าวปทุมธานี60 ซึ่งจัดเป็นสายพันธุ์ข้าวจ้าว และข้าวลืมผัวซึ่งจัดเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียว เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.3.1.1 การวัดสีด้วยระบบ CIE lab L* a* b* (ภาคผนวก ก-3)

3.3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Ziegler. *et al*., 2018 ; ปานมนัส และคณะ, 2555) (ภาคผนวก ก-5)

3.3.1.3 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ก-2)

3.3.1.4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Dexter. *et al.,* 1978 ; สุนันทา, 2551) (ภาคผนวก ก-4)

3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

3.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) (ภาคผนวก ข-1)

3.3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Apparent amylose (Juliano, 1971 ; วิไลลักษณ์, 2538) (ภาคผนวก ข-2)

3.3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข-3)

3.3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข-4)

3.3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

3.3.3.1 การสลายเมล็ดในด่าง (Juliano. *et al.,* 1985 ; Little. *et al*., 1958 ; วิไลลักษณ์, 2538) (ภาคผนวก ค-1)

3.3.3.2 ความคงตัวของแป้งสุก (Cagampang. *et al.,* 1973 ; Juliano. *et al.,* 1985 ; วิไลลักษณ์, 2538) (ภาคผนวก ค-2)

3.3.3.3 ระยะเวลาในการหุงต้ม (Azeeze and Shafi, 1996 ; วิไลลักษณ์, 2538) (ภาคผนวก ค-4)

3.3.3.4 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (วิไลลักษณ์, 2538) (ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.5 การหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม (Sodhi. *et al.,* 2003 ; สุนันทา, 2551) (ภาคผนวก ค-5)

คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3.4 การศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

นำพันธุ์ข้าวที่ได้จากการคัดเลือกในข้อ 3.3 ล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำมาลวกในน้ำเดือดที่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสโดยมีการเติมน้ำมันงาร้อยละ 5 ของน้ำหนัก เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที เมื่อครบเวลาให้พักไว้เพื่อสะเด็ดน้ำบนกระชอน (ดัดแปลงจากทวิพัฒน์, 2550) จากนั้นนำมาตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.4.1.1 ปริมาณความชื้น ดังข้อ 3.3.1.3

3.4.1.2 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด ดังข้อ 3.3.1.4

3.4.2 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

3.4.2.1 การเกิดเจลาติไนเซชัน (สุนันทา, 2551 ; Chaing and Johnson, 1977)

3.4.2.2 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ดังข้อ 3.3.3.4

คัดเลือกระยะเวลาการลวกข้าวที่เหมาะสมจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น กำหนดชุดควบคุมคือข้าวที่ไม่ผ่านการลวก โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3.5 การคัดเลือกสูตรซอสกอและ

รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขั้นตอนการทำซอสกอและจากงานวิจัย วารสารทางวิชาการ บทความ และสิทธิบัตร คัดเลือกมา 3 สูตรโดยดัดแปลงสูตรจากงานวิจัยของ Marisa. *et al.* (2017) ซึ่งแต่ละสูตรต่างกันที่การมีข้าวเป็นส่วนผสม โดยสูตรที่ 1 ไม่มีการเติมข้าวสาร สูตรที่ 2 เติมข้าวหอมมะลิ และสูตรที่ 3 เติมข้าวลืมผัว ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมสูตรซอสกอและ (Marisa. *et al*., 2017)

ส่วนผสม (ร้อยละ)	**สูตร**		
	1	**2**	**3**
กะทิ	58.4	58.4	58.4
น้ำตาล	15	15	15
ข้าวหอมมะลิ	0	6	0
ข้าวลืมผัว	0	0	6
หอมแดง	5.84	5.84	5.84
ถั่วลิสง	3.5	3.5	3.5
น้ำ	9.42	3.42	3.42
พริกแดงใหญ่	2.92	2.92	2.92
พริกแดงเล็ก	2.92	2.92	2.92
เกลือ	1	1	1
เครื่องเทศ	1	1	1
น้ำหนักรวม (ร้อยละ)	100	100	100

นำตัวอย่างซอสกอและมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ดังต่อไปนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.5.1.1 การวัดสี ดังข้อ 3.3.1.1

3.5.1.2 ปริมาณความชื้น ดังข้อ 3.3.1.3

3.5.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.5.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ดังข้อ 3.3.2.1

3.5.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ดังข้อ 3.3.2.3

3.5.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ดังข้อ 3.3.2.4

3.5.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolic content) (Shao. *et al.,* 2018 ; Shao. *et al.,* 2014) ดังภาคผนวก ง-2

3.5.2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) (Shao. *et al.,* 2014 ; Zhang. *et al*., 2015) ดังภาคผนวก ง-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิกิริยาออกซิเดชัน (FRAP assay) (Benzie and Strain, 1999) ดังภาคผนวก ง-4

3.5.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard. *et al.,* 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม จากนั้นคัดเลือกสูตรซอสกอและที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3.6 การศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

ศึกษาขั้นตอนการเตรียมโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ 3^2 Factorial in CRD โดยคัดเลือกสภาวะจากการรวบรวมจากงานวิจัย วารสารทางวิชาการ บทความ และสิทธิบัตร กำหนดปัจจัยศึกษาเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ คือ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 116 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและ 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยสภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวดัดแปลงจากงานวิจัยทวิพัฒน์, 2550 ; Seok, 2015 ; Ryusuke, 1986 และอัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ 3 ระดับคือ 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ และกำหนดให้อัตราส่วน 1:0 เป็นชุดควบคุม ดังตารางที่ 3.2

นำโปรตีนเกษตรชนิดไก่เจแบบแช่แข็ง หั่นเป็นชิ้นลูกเต๋า ขนาด 2x2x1.3 ซม. ผัดรวมกับซอสกอและที่คัดเลือกได้จากหัวข้อ 3.5 โดยใช้ไฟปานกลางเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อตามสภาวะที่กำหนดดังตารางที่ 3.2 แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และการทดสอบยอมรับของผู้บริโภคที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังต่อไปนี้

3.6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.6.1.1 การวัดสี ดังข้อ 3.3.1.1

3.6.1.2 ปริมาณความชื้น ดังข้อ 3.3.1.3

3.6.1.3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

3.6.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส ดังข้อ 3.3.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.6.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ดังข้อ 3.3.2.1

3.6.3 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

3.6.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546 ; สุนันทา, 2551) ดังภาคผนวก ค-7

3.6.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard. *et al.,* 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม จากนั้นคัดเลือกสูตรซอสกอและที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 3.2 การออกแบบการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อ

ทรีทเมนต์	สภาวะการฆ่าเชื้อ			อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	
1	121	15	15	1:1
2	121	15	15	1:2
3	121	15	15	1:3
4	116	5	10	1:1
5	116	5	10	1:2
6	116	5	10	1:3
7	115	6	10	1:1
8	115	6	10	1:2
9	115	6	10	1:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ

ศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ 3^2 Factorial in CRD โดยคัดเลือกสภาวะจากการรวบรวมจากงานวิจัย วารสารทางวิชาการ บทความ และสิทธิบัตร กำหนดปัจจัยศึกษาเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ คือ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 116 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 นาที ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยสภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวดัดแปลงจากงานวิจัยทวิพัฒน์, 2550; Seok, 2015; Ryusuke, 1986 และอัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ 3 ระดับคือ 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ และกำหนดให้อัตราส่วน 1:0 เป็นชุดควบคุม ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การออกแบบการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อ

ทรีทเมนต์	สภาวะการฆ่าเชื้อ			อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความดัน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
1	121	15	15	1:0.5
2	121	15	15	1:1
3	121	15	15	1:2
4	116	5	10	1:0.5
5	116	5	10	1:1
6	116	5	10	1:2
7	115	6	10	1:0.5
8	115	6	10	1:1
9	115	6	10	1:2

นำพันธุ์ข้าวที่คัดเลือกจากหัวข้อ 3.3 ผ่านกระบวนการเตรียมข้าวโดยการลวกในน้ำเดือด เป็นระยะเวลาตามที่คัดเลือกจากหัวข้อ 3.4 และสูตรซอสกอและที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคจากหัวข้อ 3.5 ผัดเข้าด้วยกันด้วยไฟปานกลาง เป็นเวลา 10 นาที บรรจุในขวดแก้ว จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่สภาวะกำหนด ดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการทดสอบยอมรับของผู้บริโภคที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังต่อไปนี้

3.7.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.7.1.1 การวัดสี ดังข้อ 3.3.1.1

3.7.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส ดังข้อ 3.3.1.2

3.7.1.3 ปริมาณความชื้น ดังข้อ 3.3.1.3

3.7.1.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ดังภาคผนวก ก-6

3.7.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ดังข้อ 3.3.2.1

3.7.3 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

3.7.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังข้อ 3.6.3.4

3.7.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard. *et al.,* 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม จากนั้นคัดเลือกสูตรซอสกอและที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3.8 การทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและในระดับอุตสาหกรรม

ผลิตข้าวผัดซอสกอและโดยใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตจากหัวข้อที่ 3.7 และผสมด้วยโปรตีนเกษตรที่ได้จากหัวข้อ 3.6 โดยบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแบบถ้วยและปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อชนิดพ่นน้ำ (Water spray retorts) ที่สภาวะการให้ความร้อนที่ได้จากหัวข้อที่ 3.7 เพื่อยืนยันค่า F_0 สำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้สถิติทดสอบรูปแบบ Paired t test และเปรียบเทียบความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.8.1 การวัดสี ดังข้อ 3.3.1.1

3.8.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส ดังข้อ 3.3.1.2

3.8.3 ปริมาณความชื้น ดังข้อ 3.3.1.3

3.8.4 ปริมาณน้ำอิสระ

3.8.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.8.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter) ดังข้อ 3.3.2.1

3.8.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ดังข้อ 3.3.2.3

3.8.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ดังข้อ 3.3.2.4

3.8.2.4 การวิเคราะห์เถ้า ดังข้อ 3.5.2.4

3.8.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดังข้อ 3.5.2.6

3.8.3 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

นำตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังภาคผนวก จ มีรายละเอียดดังนี้

3.8.3.1 จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 35 องศาเซลเซียส (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62))

3.8.3.2 จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 55 องศาเซลเซียส (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62))

3.8.3.3 Sulfide spoilage (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62))

3.8.3.4 Flat sour mesophile (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A))

3.8.3.5 Flat sour thermophile (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A))

3.8.3.6 Mesophilic anaerobe (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A))

3.8.3.7 Thermophilic anaerobe (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A))

3.8.3.8 *Clostridium botulinum* (APHA 2001, Chapter 33)

3.8.3.9 Incubation test (APHA 2001, Chapter 61)

3.8.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-9 (Hedonic Scaling 9 Point, Meilgaard. *et al.,* 1999) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม จากนั้นคัดเลือกสูตรซอสกอและที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ ของข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ข้าวปทุมธานี60 และข้าวลืมผัว แสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว 3 พันธุ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีปริมาณความชื้นสูงสุดคือ ร้อยละ 12.53 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 พบว่ามีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.62 สำหรับข้าวพันธุ์ลืมผัวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.32 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปริมาณความชื้นของข้าวสามารถบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาข้าวและบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี โดยข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ โดยข้าวสารที่ดีควรจะมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (Juliano, 1985) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
ข้าวขาวตาแห้ง17	$12.53^{a}\pm1.49$
ข้าวปทุมธานี60	$11.62^{ab}\pm0.26$
ข้าวลืมผัว	$10.32^{b}\pm0.75$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE L*a*b* ดังตาราง 4.2 พบว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 มีค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 131.13 และ 131.45 ตามลำดับ โดยข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีค่าความสว่างแตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ลืมผัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สำหรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a ซึ่งหมายถึงสีเขียว (-a*) ไปจนถึงสีแดง (a*) พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับค่า b ซึ่งมีความหมายว่า สีน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึง สีเหลือง (b*) ทั้งนี้เนื่องมาจากเมล็ดของข้าวพันธุ์ลืมผัวมีสีม่วงเข้ม แต่สำหรับข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 ถูกขัดสีจนเป็นข้าวสาร ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	131.13^{a}±0.12	-0.64^{b}±0.02	9.65^{b}±0.13
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	131.45^{a}±0.27	-0.83^{c}±0.03	11.94^{a}±0.30
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	74.40^{b}±0.03	5.47^{a}±0.01	3.96^{c}±0.02

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

รูปที่ 4.1 ลักษณะเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์ (A คือ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17, B คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือ ข้าวพันธุ์ลืมผัว)

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกทั้ง 3 พันธุ์ ในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งข้าวพันธุ์ลืมผัวมีค่าความแข็งสูงสุดคือ 3.3501 N ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีค่า 2.22 N และข้าวพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปทุมธานี60 มีค่า 1.14 N สำหรับค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี 60 หุงสุกไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.01 N.cm และ 0.01 N.cm ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าแรงบดเคี้ยวของข้าวพันธุ์ลืมผัวมีค่าเท่ากับ 0.02 N.cm ซึ่งมีค่าแตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง สำหรับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) พบว่าข้าวพันธุ์ลืมผัวและปทุมธานี60 มีความสามารถในการเกาะรวมตัวกันได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 กับอีก 2 พันธุ์ พบว่ามีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.04 สำหรับค่ายึดติดของอาหาร (Adhesiveness) พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ลืมผัว ปทุมธานี60 และขาวตาแห้ง17 มีค่าเท่ากับ 0.28, 0.13 และ 0.05 N.mm ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

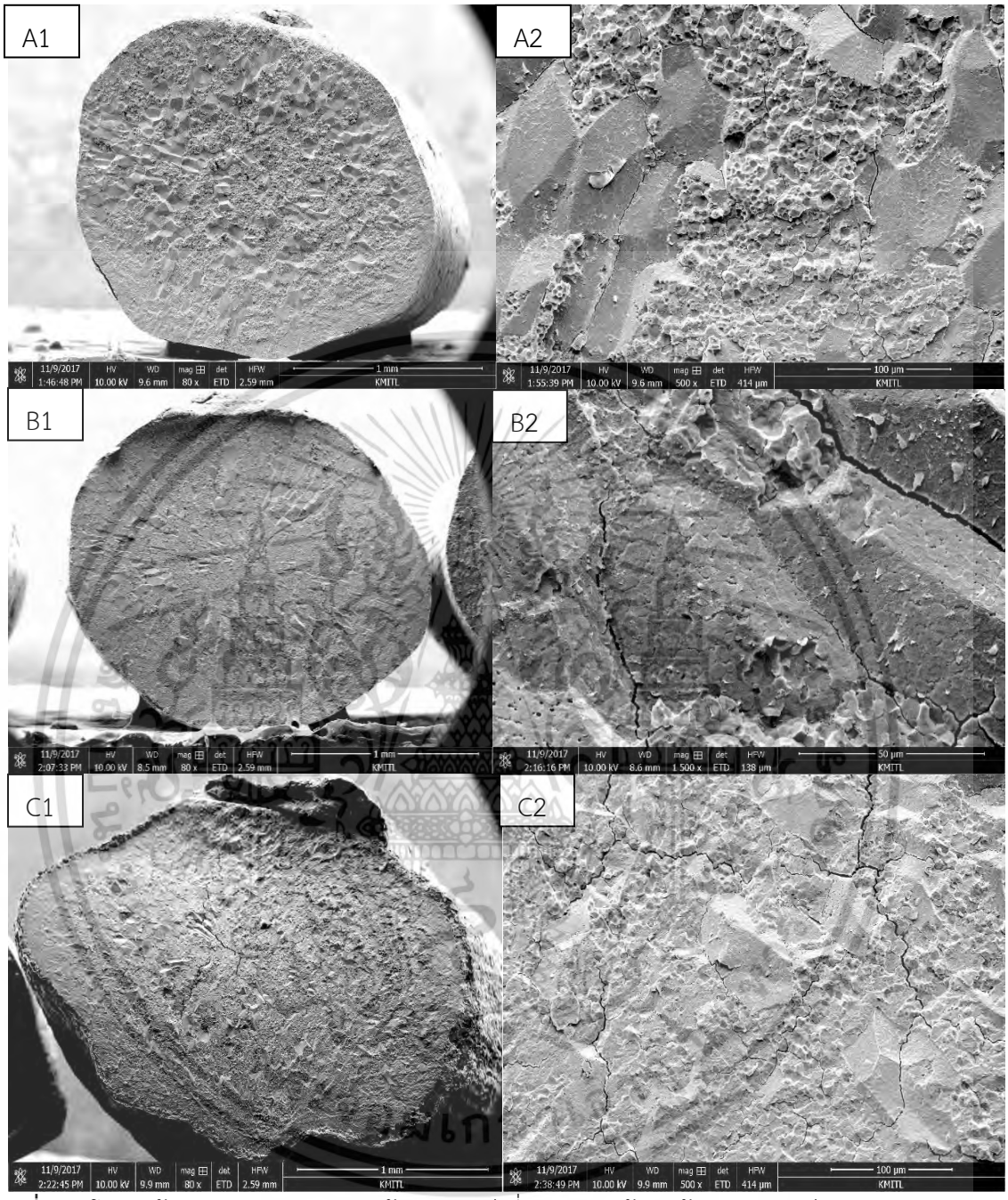
ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแต่ละสายพันธุ์

ตัวอย่าง	ค่าความแข็ง (Hardness) (N)	ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)	ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) (N.cm)	ค่ายึดติดของอาหาร (adhesiveness) (N.mm)
ข้าวขาวตาแห้ง17	2.22^{b}±0.29	0.04^{b}±0.01	0.01^{b}±0.00	0.05^{c}±0.03
ข้าวปทุมธานี60	1.14^{c}±0.59	0.11^{a}±0.03	0.01^{b}±0.01	0.13^{b}±0.07
ข้าวลืมผัว	3.35^{a}±1.62	0.10^{a}±0.03	0.02^{a}±0.03	0.28^{a}±0.15

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเมล็ดข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ปทุมธานี60 และลืมผัว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope : SEM) แสดงผลการศึกษาดังรูปที่ 4.2 พบว่าเมล็ดข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชซึ่งมีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมอัดเรียงตัวกันดังภาพที่ 4.2 : A2, B2 และ C2 โดยมีโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystalline) ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์สองชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งความเป็นผลึกเกิดจากการเรียงตัวของอะไมโลเพคตินเป็นกลุ่มในรูปคลัสเตอร์ (Clusters) (อริญา, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคตัดขวางของข้าว 3 พันธุ์ ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว)

4.1.2 คุณสมบัติทางเคมีของข้าว 3 พันธุ์

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 6.04 และ 6.01 ตามลำดับ สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวพันธุ์ลืมผัวมีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.67 ดังตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรดด่างของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรดด่าง
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	6.04^{a}±0.07
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	6.01^{a}±0.57
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	5.67^{b}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสของข้าว 3 พันธุ์ ดังตารางที่ 4.5 พบว่าร้อยละปริมาณอะไมโลสของข้าวทั้ง 3 พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 26.04 รองลงมาได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 ร้อยละ 20.12 และข้าวพันธุ์ลืมผัว ร้อยละ 18.86 ดังนั้นจึงมีการแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสได้ 3 ประเภท ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ซึ่งมีค่าปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 10-19 ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง ร้อยละ 20-25 และข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ร้อยละ 26-35 ทั้งนี้ปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากจะมีปริมาณอะไมโลเพคตินน้อย ส่งผลให้ลักษณะข้าวหุงสุกร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน หากปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีอะไมโลเพคตินมากส่งผลให้ข้าวหุงสุกที่ได้จะมีลักษณะเหนียว (งามชื่น, 2546)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณอะไมโลสของข้าว 3 พันธุ์

ตัวอย่าง	ปริมาณอะไมโลส
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	26.04^{a}±0.02
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	20.12^{b}±0.01
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	18.86^{c}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

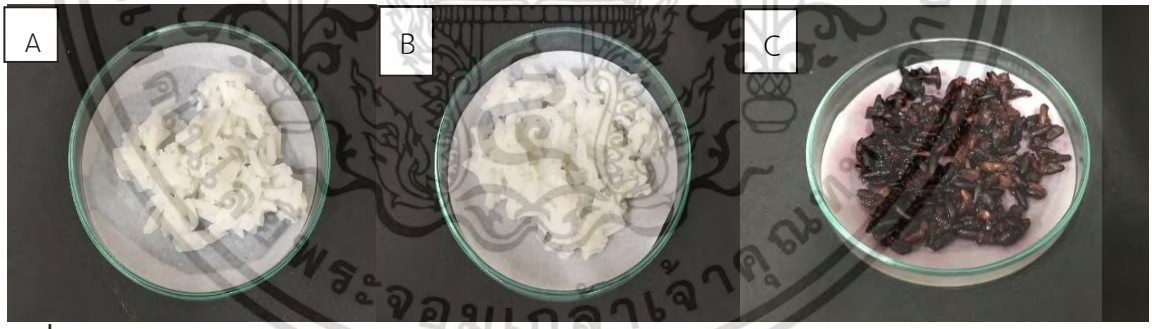
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ดังตารางที่ 4.6 พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีปริมาณโปรตีนสูงสุดคือร้อยละ 1.10 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 1.10 และข้าวพันธุ์ลืมผัวประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 0.99 ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยข้าวที่ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนสูงจะส่งผลให้ข้าวสุกมีลักษณะร่วน เนื่องจากโปรตีนที่แทรกอยู่ในเมล็ดสตาร์ชส่งผลให้เมล็ดสตาร์ชพองตัวได้ไม่เต็มที่เป็นผลให้ความหนืดและความเหนียวลดลง เมล็ดข้าวสุกที่ได้จึงมีความร่วน (ละมุน, 2555) ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโปรตีนของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	1.10^{a}±0.36
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	1.10^{a}±0.10
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	0.99^{a}±0.19

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.3 ลักษณะข้าวหุงสุกแต่ละพันธุ์ (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันพบว่า ข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยข้าวพันธุ์ลืมผัว ปทุมธานี60 และขาวตาแห้ง17 มีปริมาณไขมันร้อยละ 0.80, 0.78 และ 0.67 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไขมันของข้าวแต่ละสายพันธุ์

ตัวอย่าง	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	0.67^{c}±0.01
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	0.78^{b}±0.01
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	0.80^{a}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.1.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว 3 พันธุ์

จากการวิเคราะห์ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และข้าวพันธุ์ลืมผัว พบว่ามีระดับการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 7, 6 และ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.4 โดยข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 มีอุณหภูมิแป้งสุกน้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ สำหรับข้าวพันธุ์ลืมผัวมีอุณหภูมิแป้งสุกอยู่ระหว่าง 70-74 องศาเซลเซียส จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง ดังนั้นข้าวพันธุ์ลืมผัวจึงต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และปทุมธานี60 เนื่องจากมีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันสูง ดังตารางที่ 4.8

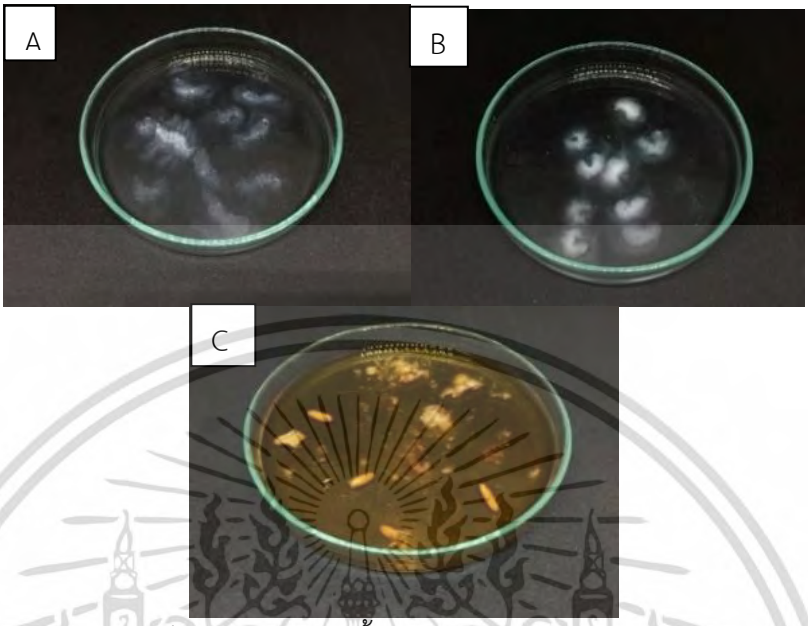
ตารางที่ 4.8 การสลายเมล็ดในด่างของแป้งข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ระดับการสลายเมล็ดในด่าง	อุณหภูมิแป้งสุก
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	7	<70
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	6	<70
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	4	70-74

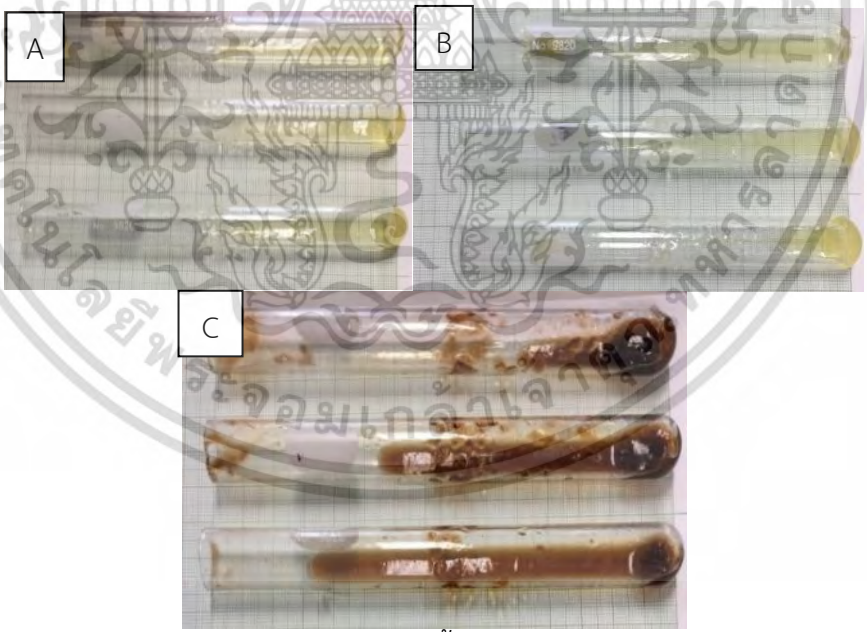
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุกโดยทำการวัดระยะทางการไหลของแป้งสุกในด่าง พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ปทุมธานี60 และลืมผัว มีค่าความคงตัวของแป้งสุกคือ 120.00, 121.67 และ 116.67 มม. ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.5 จัดเป็นข้าวที่ลักษณะเนื้อนุ่มเมื่อผ่านการหุงสุก โดยข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ลักษณะการสลายเมล็ดในด่างของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (A คือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว)



รูปที่ 4.5 ลักษณะการไหลของแป้งสุกในด่างของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (A คือ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 B คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และ C คือข้าวพันธุ์ลืมผัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ความคงตัวของแป้งสุกในข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)	ความคงตัวของแป้งสุก
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	120.00^{a}±8.66	อ่อน
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	121.67^{a}±14.43	อ่อน
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	116.67^{a}±36.50	อ่อน

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการหุงต้ม พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยข้าวพันธุ์ลืมผัวใช้เวลาในการหุงต้มนานที่สุดคือ 37.33 นาที รองลงมาคือข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 มีค่าเท่ากับ 20.33 นาที และข้าวพันธ์ขาวตาแห้ง17 มีค่าเท่ากับ 16.33 นาที ซึ่งสอดคล้องกับผลความคงตัวของแป้งสุก เนื่องจากข้าวพันธุ์ลืมผัวมีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันสูงสุดจึงใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานที่สุด ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ระยะเวลาหุงต้ม (นาที)
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	16.33^{c}±0.58
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	20.33^{b}±0.58
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	37.33^{a}±0.58

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม พบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 ใช้ปริมาณน้ำคิดเป็น 2.87 ต่อข้าวสาร 1 ส่วน ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และลืมผัว ($p\leq0.05$) สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 และข้าวพันธุ์ลืมผัวคิดเป็น 1.47 และ 1.60 ต่อข้าวสาร 1 ส่วนตามลำดับ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำที่ใช้หุงต้ม (ต่อข้าวสาร 1 ส่วน)
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	1.47^{b}±0.18
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	2.87^{a}±0.14
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	1.60^{b}±0.17

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์การยืดตัวเมล็ดข้าวสุกทั้ง 3 พันธุ์ พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 มีอัตราการยืดตัวสูงสุดคือ 1.77 เท่า รองลงมาคือข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 1.57 เท่า และข้าวพันธุ์ลืมผัว 1.16 เท่า การขยายขนาดของเมล็ดข้าวสุกส่งผลให้ข้าวหุงขึ้นหม้อและมีความนุ่ม เนื่องจากการขยายตัวนี้ส่งผลให้เนื้อข้าวโปร่ง ไม่อัดกันแน่น (วิไล, 2545) ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกในข้าวแต่ละพันธุ์

ตัวอย่าง	อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก
ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17	1.57^{b}±0.08
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี60	1.77^{a}±0.03
ข้าวพันธุ์ลืมผัว	1.16^{c}±0.02

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงคัดเลือกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 เป็นพันธุ์ข้าวต้นแบบในการพัฒนาเป็นข้าวผัดซอสกอและ เนื่องจากจัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อยกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี60 และลืมผัว อีกทั้งยังให้เนื้อสัมผัสที่นุ่ม และร่วน จัดเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นข้าวผัด สอดคล้องกับลักษณะข้าวหุงสุกที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นข้าวผัด (ทวิพัฒน์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

นำข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ที่ได้จากการคัดเลือกในหัวข้อ 4.1 มาศึกษาระยะเวลาในการลวกข้าวในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยมีระดับระยะเวลาในการลวกข้าว คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างข้าวที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และการศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด และคุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ การเกิดเจลาติไนเซชัน (Smith. *et al.,* 1979) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (วิไลลักษณ์, 2538)

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าเมื่อระยะเวลาการลวกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการลวกเป็นระยะเวลา 10, 8, 6, 4 และ 2 นาที เมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 53.58, 47.21, 45.82, 40.33 และ 38.41 ตามลำดับ ทั้งนี้ในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน คุณสมบัติไบริฟรินเจนซ์ (Birefringence) และความเป็นผลึก (Crystallinity) ของสตาร์ชจะหมดไป เม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำและพองตัวแบบไม่ผันกลับ และอะไมโลสจะละลายออกมา โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของเมล็ดข้าว ปริมาณอะไมโลส และระดับของโปรตีน เป็นต้น (Bett-Garder. *et al*., 2007) ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณความชื้นของข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลาลวกข้าว (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
2	$38.41^{d} \pm 0.40$
4	$40.33^{c} \pm 1.55$
6	$45.82^{b} \pm 1.32$
8	$47.21^{b} \pm 0.48$
10	$53.58^{a} \pm 1.01$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ลวกเป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope : SEM) แสดงผลการศึกษาดังรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อเม็ดสตาร์ชละลายน้ำและได้รับความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในโมเลกุลของเม็ดสตาร์ช ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชดิบเปลี่ยนเป็นแป้งสุก ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า เจลาติไนเซชัน (gelatinization) โดยจากการผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ 4.1 แสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มจนสุกเป็นเวลา 16 นาที ดังนั้น การลวกในน้ำเดือดที่ช่วงเวลา 2-10 นาที จึงส่งผลให้เกิดเจลาติไนเซชันเพียงบางส่วน เริ่มจากขอบของเมล็ดข้าวเข้าไปยังใจกลางเมล็ด ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน เนื่องจากแป้งดิบจะไม่ละลายน้ำที่อุณภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน โดยมีช่วงอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส

4.2.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

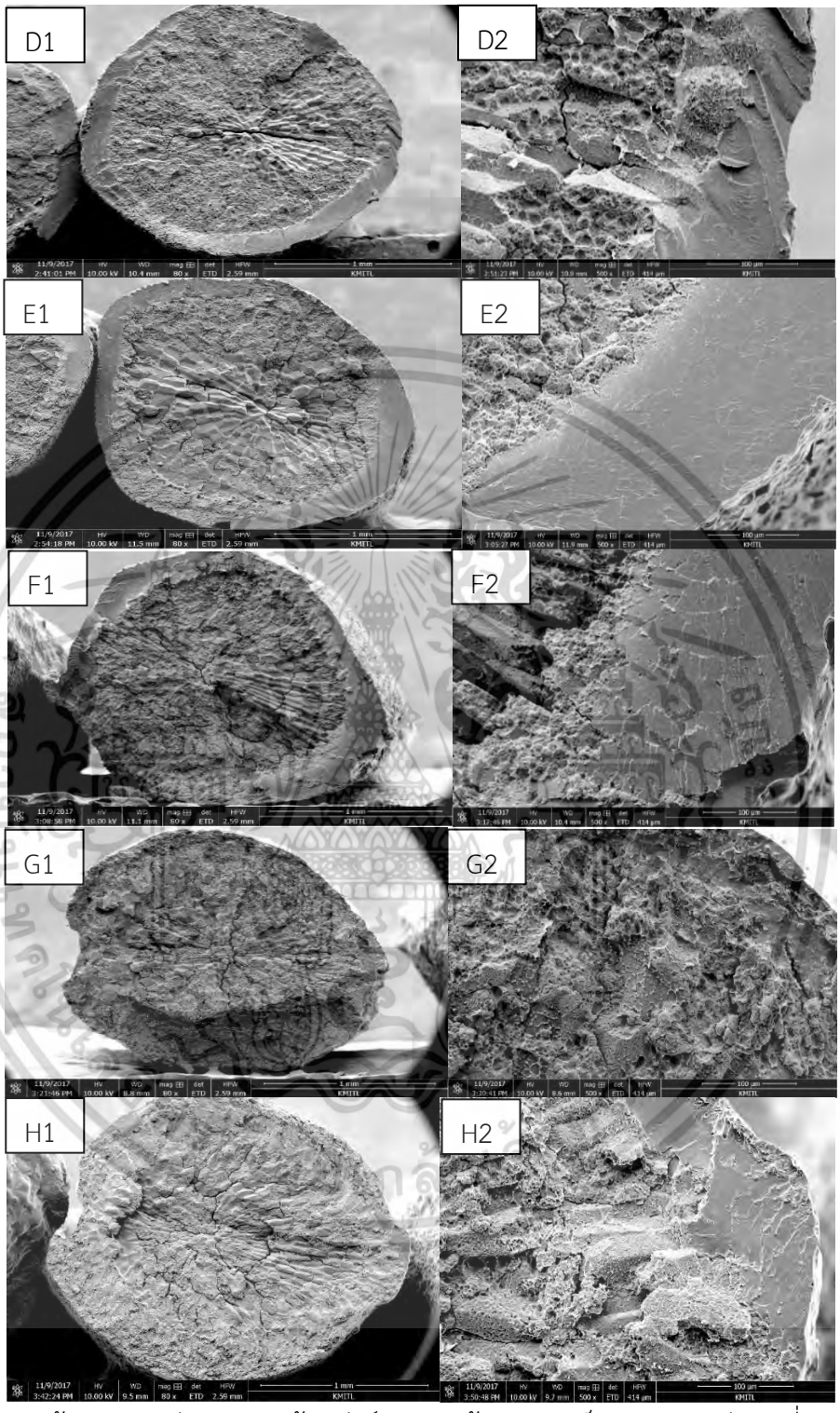
จากการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวที่ระยะเวลาการลวก 2, 4, 6, 8, และ 10 นาทีในน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าร้อยละการเกิดเจลาติไนเซชันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลวกข้าวเป็นระยะเวลา 10 นาที จะมีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันร้อยละ 78.04 รองลงมาคือการลวกเป็นระยะเวลา 8, 6, 4, และ 2 นาที ซึ่งมีค่าร้อยละการเกิดเจลาติไนเซชันเท่ากับ 68.76 51.83 39.95 และ 20.42 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.14 เมื่อเม็ดสตาร์ชซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของข้าวได้รับความร้อนจะเกิดการดูดซึมน้ำและพองตัว เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย โดยระยะเวลาการลวกข้าวเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชถูกทำลายมากขึ้น น้ำจึงถูกดูดซึมและเกิดการพองตัวมากขึ้นจนกระทั่งเม็ดสตาร์ชแตก ส่งผลให้อะไมโลสที่อยู่ภายในถูกชะออกมาจึงเกิดโครงสร้างที่เป็นเจล ทั้งนี้อุณหภูมิที่ใช้จะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการลวก โดยอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวจะมีค่าอยู่ในช่วง 61-77.5 องศาเซลเซียส (Juliano, 1985) ขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละพันธุ์ จากผลการทดลองตอนที่ 4.1 พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 26.04 และมีค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 7 ดังนั้นจึงมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส หากมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะต้องเพิ่มระยะเวลาการเกิดลวกให้นานขึ้น

ตารางที่ 4.14 ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาลวกข้าว (นาที)	ระดับการเกิดเจลาติไนเซชัน (ร้อยละ)
2	20.42^{e}±0.02
4	39.95^{d}±0.01
6	51.83^{c}±0.01
8	68.76^{b}±0.02
10	78.04^{a}±0.04

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคตัดขวางของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ลวกเป็นระยะเวลาต่างๆ ที่ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) (D คือ ข้าวลวก 2 นาที, E คือ ข้าวลวก 4 นาที, F คือ ข้าวลวก 6 นาที, G คือ ข้าวลวก 8 นาที และ H คือ ข้าวลวก 10 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์การยืดตัวของเมล็ดข้าวลวกเป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที พบว่าในช่วงระยะเวลา 2-6 นาทีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยระยะเวลาการลวกที่ 2, 4 และ 6 นาที มีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวเท่ากับ 1.16, 1.12 และ 1.16 ตามลำดับ สำหรับการลวกเป็นระยะเวลา 8 และ 10 นาที มีอัตราการยืดตัวเท่ากับ 1.27 และ 1.31 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.15 แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการลวกช่วง 2-6 นาที และ 8-10 นาที พบว่ามีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการลวกเมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวทั้งตามยาวและตามขวาง ลักษณะเมล็ดข้าวที่ได้จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายใหญ่ขึ้นโดยเฉพาะการขยายตามยาว ส่งผลให้ข้าวมีค่าความแข็งลดลง เนื่องจากลักษณะภายในเมล็ดข้าวที่โปร่งมากขึ้นจากการขยายตัว ข้าวที่ได้จึงมีความนุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวสุกที่มีลักษณะไม่เหนียวติดกัน จะทำให้เมล็ดข้าวหุงขึ้นหม้อมากยิ่งขึ้น (งามชื่น, 2531) ดังรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าการลวกข้าวเป็นระยะ 8 นาที ส่งผลให้เมล็ดข้าวเรียว มีปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม และมีความร่วนกว่าการลวกเป็นระยะเวลา 10 นาที ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว ดังนั้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพข้าวสุก ได้แก่ อุณหภูมิแป้งสุกซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ ระยะเวลาในการลวก และอุณหภูมิที่ใช้ในการลวก

ตารางที่ 4.15 การยืดตัวของเมล็ดข้าวลวกที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลาลวกข้าว (นาที)	อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก
2	$1.16^{b}\pm0.14$
4	$1.12^{b}\pm0.08$
6	$1.16^{b}\pm0.08$
8	$1.27^{a}\pm0.08$
10	$1.31^{a}\pm0.11$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

รูปที่ 4.7 ลักษณะข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ลวกเป็นระยะเวลา 2-10 นาที (A คือ 2 นาที, B คือ 4 นาที, C คือ 6 นาที, D คือ 8 นาที, และ E คือ 10 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลคัดเลือกสูตรซอสกอและ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลรวม (Total phenolic content การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) การวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิกิริยาออกซิเดชัน (FRAP assay) และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คนของตัวอย่างซอสกอและ 3 สูตร แสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

จากตารางที่ 4.16 พบว่าซอสกอและทั้ง 3 สูตรมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 2 ซึ่งมีส่วนผสมเป็นข้าวหอมมะลิ มีปริมาณความชื้นสูงสุด โดยค่าร้อยละความชื้นเท่ากับ 65.57 รองลงมาคือ สูตรที่ 3 ซึ่งมีข้าวลืมผัวเป็นส่วนประกอบ ร้อยละ 63.34 และสูตรที่ 1 เป็นชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมข้าว มีปริมาณความชื้นร้อยละ 59.02 ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวมีการดูดซึมน้ำไว้ โดยโครงสร้างของเมล็ดข้าวประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อน น้ำจะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปยังเม็ดสตาร์ช ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชพองตัวจนเกิดเป็นเจล ดังนั้นการมีข้าวเป็นส่วนผสมในซอสกอและ จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับซอสกอและที่ไม่มีข้าวเป็นส่วนผสม

ตารางที่ 4.16 ปริมาณความชื้นของซอสกอและ

สูตร	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
1	59.02^{c}±0.03
2	65.57^{a}±0.02
3	64.34^{b}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของซอสกอและดังตารางที่ 4.17 พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 2 มีค่าความสว่างสูงสุดเท่ากับ 50.39 รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีค่าความสว่างเท่ากับ 47.87 และ 32.12 ตามลำดับ สำหรับค่า a ซึ่งหมายถึงช่วงสีเขียว (-a*) ไปจนถึงสีแดง (a*) ของซอสทั้ง 3 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูตรที่ 1 มีค่า a* สูงสุดเท่ากับ 22.46 รองลงมาคือสูตรที่ 2 มีค่า a* เท่ากับ 12.31 และสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 11.58 ซึ่งมีผลสอดคล้องกับค่า b โดยค่า b* คือช่วงสีน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (b*) เนื่องมาจาก สูตรที่ 1 ไม่มีการเติมข้าว จึงมีค่าความสว่างน้อยกว่าสูตรที่ 2 ซึ่งมีการเติมข้าวขาว นอกจากนี้สูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างน้อยที่สุดเนื่องจากมีข้าวลืมผัวเป็นส่วนผสม โดยปกติแล้วข้าวลืมผัวจะมีลักษณะสีม่วง จึงสอดคล้องกับค่า a* และ b* ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และ 2 โดยในแต่ละสูตรจะมีส่วนผสมหลักเป็นพริกเล็กและพริกใหญ่ในอัตราส่วนที่เท่ากัน ดังนั้น ซอสสูตรที่ 1 และ 2 จึงมีสีส้มอมเหลือง ซึ่งเกิดจากสารสีในพริก สารสีนี้จัดอยู่ในกลุ่มรงควัตถุประเภทแคโรทีนอยด์ และมีกลุ่มสารให้สีที่สำคัญ คือ แคปแซนทิน (Capsaithin) ซึ่งเป็นสารคีโตแคโรทีนอยด์ (Ketocarotenoid) มีผลึกรูปเข็มสีแดงเข้ม นอกจากนี้ยังมีสารให้สีที่มีสูตรทางเคมีใกล้เคียงกัน เช่น แคปโซรูบิน (Capsorubin) ซีแซนทิน (Zeazanthin) ลูเทอิน (Lutein) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) และบีตาแคโรทีน (β-Carotene) เป็นต้น (Nechifor. *et al*., 2002)

ตารางที่ 4.17 ค่าสีของซอสกอและ

สูตร	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
1	47.87^{b}±0.01	22.46^{a}±0.01	44.10^{a}±0.01
2	50.39^{a}±0.01	12.31^{b}±0.01	41.15^{b}±0.01
3	32.12^{c}±0.01	11.58^{c}±0.01	16.90^{c}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.3.2 คุณสมบัติทางเคมี

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของซอสทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.07 รองลงมาคือสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 5.96 และสูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.89 ดังตารางที่ 4.18 จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีการเติมข้าว จะมีค่าความเป็นกรดมากกว่าสูตรที่ 2 และ 3 อาจเนื่องมาจากการเติมข้าวหอมมะลิและข้าวลืมผัวสามารถลดความเป็นกรดของซอสกอและ

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของซอสกอและ พบว่าทั้ง 3 สูตรมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติมข้าวลืมผัว มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือร้อยละ 0.84 รองลงมาคือสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่มีการเติมข้าวหอมมะลิ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.69 และสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ไม่มีการเติมข้าว มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.64 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมข้าวหอมมะลิและข้าวลืมผัวส่งผลให้ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณไขมันของทั้ง 3 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 46.35-46.36 ดังตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ค่าความเป็นกรดด่างของซอสกอและ

สูตร	ค่าความเป็นกรดด่าง
1	5.89^{c}±0.01
2	6.07^{a}±0.02
3	5.96^{b}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p>0.05) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.19 องค์ประกอบสารอาหารของซอสกอและ

สูตร	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)
1	0.64^{c}±0.01	46.35^{a}±0.01
2	0.69^{b}±0.01	46.36^{a}±0.01
3	0.84^{a}±0.01	46.36^{a}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p>0.05) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของซอสกอและทั้ง 3 สูตร พบว่าทั้ง 3 สูตรมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีการเติมข้าวลืมผัว มีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เท่ากับ 1,201.84 มก.กรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น.น.แห้ง (มก.กรดแกลลิก/100 กรัม น.น.แห้ง) และ 932.94 มก.เคอซิทินต่อ 100 กรัม น.น.แห้ง ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 2 ซึ่งมีการเติมข้าวหอมมะลิ มีค่าปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 859.61 มก.กรดแกลลิก/100 กรัม น.น.แห้ง และปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 785.61 มก.เคอซิทิน/100 กรัม น.น.แห้ง ตามลำดับ และสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ไม่มีการเติมข้าว มีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 375.70 มก.กรดแกลลิก/100 กรัม น.น.แห้ง และปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 137.81 มก.เคอซิทิน/100 กรัม น.น.แห้ง ดังตารางที่ 4.20 จึงแสดงให้เห็นว่าการเติมข้าวหอมมะลิและข้าวลืมผัวส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยการเติมข้าวลืมผัวส่งผลให้มีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงสุด จากงานวิจัยของธนวัฒน์ (2554) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแอนโธไซยานิน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าข้าวเหนียวก่ำหรือข้าวลืมผัวมีสารแอนโธไซยานินและสารฟีนอลิกทั้งหมดเป็นองค์ประกอบ เมื่อปริมาณสารแอนโธไซยานินสูงจะมีผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพื้นเมือง ทั้งนี้ผลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ยังสอดคล้องกับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP assay และ DPPH assay ที่รายงานผลในรูปแบบของค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากตารางที่ 4.20 พบว่าสูตรที่ 3 มีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ 36.13 มก./มล. ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP assay โดยมีค่าเท่ากับ 15.65 มก./100 กรัม น.น.แห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และ 1 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 2 และ 1 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 79.46 และ 85.70 มก./มล. ตามลำดับ และมีค่า FRAP value เท่ากับ 12.01 และ 9.43 มก./100 กรัม น.น.แห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของซอสกอและ

สูตร	ปริมาณฟีนอลิก (มก.กรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น.น.แห้ง)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ (มก.เคอซิทินต่อ 100 กรัม น.น.แห้ง)	DPPH assay (IC_{50}) (มก.ต่อ มล.)	FRAP value (มก.ต่อ 100 กรัม น.น.แห้ง)
1	375.70^{c}±1.82	137.81^{c}±0.58	85.70^{a}±0.01	9.43^{c}±0.02
2	859.61^{b}±0.01	785.61^{b}±3.47	79.46^{b}±1.86	12.01^{b}±0.01
3	$1,201.84^{a}$±0.01	932.94^{a}±0.19	36.13^{c}±0.22	15.65^{a}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากก สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมของซอสกอและทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 4.21 พบว่าผลการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏของสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.90 และ 6.67 ตามลำดับ สำหรับสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบเท่ากับ 4.43 โดยสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏแตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีคะแนนด้านนี้น้อยที่สุด อาจะเนื่องมาจากสีของซอสกอและสูตรที่ 3 เป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งต่างจากสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีสีส้มอมเหลืองดูน่ารับประทานมากกว่า จึงสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านสี ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความชอบด้านสีของทั้ง 3 สูตรพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบสูงสุด รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.60 6.27 และ 4.30 ตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบด้านกลิ่น จากการเปรียบเทียบคะแนนทั้ง 3 สูตรพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(p>0.05) โดยมีคะแนนอยู่ระหว่าง 5.30-6.07 ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบรู้สึกเฉยๆไปจนถึงชอบเล็กน้อย และมีค่าสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านรสชาติโดยรวม ซึ่งสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุด รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีคะแนนเท่ากับ 6.00 5.60 และ 5.10 ตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.00 และ 6.33 ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรที่ 3 และ 1 โดยสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบเท่ากับ 5.23 ในทางกลับกันเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรที่ 2 และ 3 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ดังนั้น จึงเลือกสูตรที่ 2 เป็นสูตรต้นแบบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน

ตารางที่ 4.21 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบในด้านต่างๆของซอสกอและ

สูตร	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติโดยรวม	ความชอบโดยรวม
1	5.90^{a}±0.40	6.27^{a}±0.40	6.07^{a}±0.45	5.60^{a}±0.31	6.00^{ab}±0.31
2	6.67^{a}±0.30	6.60^{a}±0.31	5.87^{a}±0.26	6.00^{a}±0.29	6.33^{a}±0.26
3	4.43^{b}±0.33	4.30^{b}±0.36	5.30^{a}±0.29	5.10^{a}±0.33	5.23^{b}±0.30

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.4 ผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนเกษตร

กำหนดปัจจัยศึกษาเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ คือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ 3 ระดับคือ 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ และกำหนดให้อัตราส่วน 1:0 เป็นชุดควบคุม แสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.4.1 ค่า L*

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ไปจนถึงค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าโปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) ที่อัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น (p≤0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 66.20 และสำหรับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความสว่างไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38.43, 32.48 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 พบว่ามีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราส่วน 1:3 มีค่าความสว่างเท่ากับ 29.45 ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ1:3 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 46.18, 38.31, 31.83, และ 30.20 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 พบว่ามีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 พบว่ามีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 พบว่ามีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 58.93, 42.3, 36.88, และ 36.53 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่อัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาคือ 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยมีค่าเท่ากับ 79.18, 39.86, 38.05 และ 33.68 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่มีอัตราส่วนระดับเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโปรตีนที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาได้แก่ สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตามลำดับ สำหรับอัตราส่วน 1:1, 1:2, และ 1:3 พบว่า ที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จะเห็นได้ว่าปริมาณซอสกอและมากขึ้นส่งผลต่อค่าความสว่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและมีแนวโน้มลดลง และอัตราส่วน 1:1 ที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้ค่าความความสว่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและลดลง เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาคืออุณหภูมิ ในทางกลับกัน พบว่าอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:2 และ 1:3 ที่สภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณความชื้นที่มีมากกว่าอัตราส่วน 1:1 ส่งผลให้ปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยลง หรือไม่เกิดการไหม้ เนื่องจากมีปริมาณซอสกอและมาก

4.4.2 ค่า a*

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ไปจนถึงค่าความเป็นสีแดง (a*) สำหรับค่าความเป็นสีแดง (a*) ของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าสภาวะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยอัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 มีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:3 มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1:0 มีค่าเท่ากับ 27.72, 27.29, 20.22 และ 12.12 ตามลำดับ

ในขณะที่ระดับอัตราส่วนที่ต่างกันในสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:3 มีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1:0 โดยมีค่าเท่ากับ 32.77, 30.08, 26.90 และ 14.35 ตามลำดับ สำหรับที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:3 มีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1:0 โดยมีค่าเท่ากับ 31.57, 28.79, 24.76 และ 13.87 ตามลำดับ และสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:3 มีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1:0 โดยมีค่าเท่ากับ 30.57, 28.03, 24.76 และ 12.73 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณซอสกอและมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงมากขึ้นเช่นกัน และมีผลสอดคล้องกับค่าความสว่าง โดยส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง

เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วนอัตราส่วน 1:0 การฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับอัตราส่วน 1:1 พบว่าที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันกับสภาวะการฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดงของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่มีอัตราส่วน 1:2 และ 1:3

จะเห็นได้ว่ากระบวนการฆ่าเชื้อของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและทั้ง 3 ระดับส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากทั้งสองสภาวะนี้มีค่าอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4.4.3 ค่า b*

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าโปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 16.18, 18.83, 19.54 และ 20.91 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณซอสมีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดงและค่าความสว่าง โดยปริมาณซอสเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงและค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น

สำหรับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:3 มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2, 1:1 และ 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 34.05, 23.79, 23.63 และ 23.38 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วน 1:2, 1:1 และ 1:0 มีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกันกับสำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อัตราส่วน 1:3 มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2, 1:1 และ 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 24.36, 23.57, 23.18 และ 23.05 ตามลำดับ และสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วน 1:3 มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2, 1:1 และ 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 22.20, 21.51, 21.03 และ 20.91 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนซอสกอและส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยแต่ละอัตราส่วนมีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราส่วนซอสกอและ 1:3 ของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อต่างระดับกันส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราส่วน 1:2, 1:1 ของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อต่างระดับกันส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าอัตราส่วน 1:0 โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในแต่ละระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่โปรตีนเกษตรที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ทั้งนี้อัตราส่วน 1:3 ของสภาวะฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่ากระบวนการฆ่าเชื้อของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความเป็นสีเหลืองจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

4.4.4 ปริมาณความชื้น

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลปริมาณความชื้นของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าอัตราส่วน 1:1, 1:2, และ 1:3 ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่สภาวะอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ 39.05, 40.31, และ 40.67 ตามลำดับ สำหรับสภาวะอุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ 37.70, 38.27, และ 41.51 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่ามีปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ 40.50, 43.19, และ 47.13 ตามลำดับ

หากเปรียบเทียบอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับกับตัวอย่างชุดควบคุม (ที่สภาวะเดียวกัน) พบว่าการเติมซอสกอและส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนซอสทั้ง 3 ระดับ ให้ผลปริมาณความชื้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเติมซอสกอและไม่ว่าจะเป็นอัตราส่วน 1:1, 1:2, และ 1:3 จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าโปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียมมักทำมาจากโปรตีนถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งโปรตีนเกษตรที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไป จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างแบบเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์และไม่มีการพองตัว โดยโปรตีนเกษตรประเภทนี้ผ่านกระบวนการแปรรูปที่เรียกว่า เอกซ์ทรูชันแบบเปียก (Wet extrusion) (Lin. *et al*., 2000) จึงส่งผลให้โปรตีนเกษตรมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ ดังนั้นเมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนซอสที่ระดับเดียวกัน พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ให้ผลปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ หากเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับกับตัวอย่างชุดควบคุม (ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน) พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้ปริมาณความชื้นในอาหารมีแนวโน้มลดลง หากโปรตีนเกษตรที่มีโครงสร้างเส้นใยได้รับความร้อนจะส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเกษตรแยกออกจากกัน โมเลกุลน้ำจึงเกิดการระเหย ในขณะเดียวกันจะเกิดกระบวนการดูดซับน้ำเช่นกันซึ่งจะเห็นได้ว่าการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Lin. *et al*., 2000)

4.4.5 ปริมาณน้ำอิสระ

จากตารางที่ 4.22 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงสุดคือ 0.95 รองลงมา ได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1 ต่อ 0 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 09.3, 0.93 และ 0.92 ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้น

ในขณะที่การฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันกับอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าที่อัตราส่วน 1:3 มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงสุด รองลงมาได้แก่ 1:2, 1:1 และ 1:0 มีค่าเท่ากับ 0.89, 0.88, 0.88 และ 0.87 ตามลำดับ

ที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ ให้ผลปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อัตราส่วน 1:3, 1:2, 1:1 และ 1:0 มีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.91, 0.91, 0.89 และ 0.89 ตามลำดับ และที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วน 1:3, 1:2, 1:1 และ 1:0 มีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.93, 0.92, 0.92 และ 0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณซอสที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้น

เมื่อเปรียบเทียบระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าอัตราส่วน 1:0 ที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่โปรตีนเกษตรที่ผ่านการผัดด้วยซอสกอและด้วยอัตราส่วน 1:1 ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด ทั้งนี้โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อจะมีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงสุด จะเห็นได้ว่าสภาวะการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการวัดปริมาณน้ำอิสระเป็นการวัดโมเลกุลน้ำอิสระ (Free water) ซึ่งอยู่ภายในช่องว่างอาหาร ดังนั้นเมื่อโปรตีนเกษตรได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่งผลให้โมเลกุลน้ำอิสระระเหย ในขณะที่การวัดปริมาณความชื้นคือการวัดปริมาณทั้งหมด ได้แก่ โมเลกุลน้ำอิสระ (Free water) และน้ำที่จับกับองค์ประกอบของอาหาร (Bound water) (Troller and Christian, 1978)

4.4.6 ค่าความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.23 เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็ง (Hardness) ของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่า โปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่มีอัตราส่วน 1:0 มีค่าความแข็งแตกต่างกับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.31, 4.76, 3.95 และ 2.37 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงให้เห็นว่าปริมาณซอสกอและมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0 มีค่าความแข็งแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 13.05, 9.92, 8.81 และ 6.74 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของโปรตีนเกษตรผัดซอส

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนโปรตีนเกษตร: ซอสกอและ	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	$66.20^{b}\pm0.54$	$12.12^{i}\pm0.13$	$16.18^{j}\pm0.04$	$60.03^{c}\pm0.41$	$0.92^{d}\pm0.001$
	1:1	$38.43^{efg}\pm0.44$	$20.22^{g}\pm0.12$	$18.83^{i}\pm0.04$	$63.66^{b}\pm0.13$	$0.93^{c}\pm0.001$
	1:2	$32.48^{ghi}\pm0.22$	$27.29^{e}\pm0.12$	$19.54^{h}\pm0.23$	$68.02^{a}\pm0.94$	$0.93^{b}\pm0.001$
	1:3	$29.45^{i}\pm0.35$	$27.72^{de}\pm0.31$	$20.91^{fg}\pm0.35$	$69.56^{a}\pm0.42$	$0.95^{a}\pm0.001$
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	$46.18^{d}\pm2.36$	$14.35^{h}\pm0.19$	$23.38^{cd}\pm0.64$	$33.40^{i}\pm1.99$	$0.88^{j}\pm0.001$
	1:1	$38.31^{efg}\pm1.89$	$26.90^{e}\pm0.32$	$23.63^{cd}\pm0.20$	$39.05^{fgh}\pm0.32$	$0.88^{j}\pm0.001$
	1:2	$31.83^{ghi}\pm0.11$	$30.08^{c}\pm0.43$	$23.79^{bc}\pm0.06$	$40.31^{efgh}\pm1.77$	$0.88^{j}\pm0.001$
	1:3	$30.20^{hi}\pm7.66$	$32.77^{a}\pm0.77$	$34.05^{a}\pm0.04$	$40.67^{efg}\pm0.92$	$0.89^{i}\pm0.001$
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	$58.93^{c}\pm0.56$	$13.87^{h}\pm0.13$	$23.05^{cd}\pm0.01$	$37.05^{h}\pm0.51$	$0.89^{i}\pm0.001$
	1:1	$42.30^{de}\pm0.21$	$24.76^{f}\pm0.34$	$23.18^{c}\pm0.10$	$37.70^{gh}\pm1.32$	$0.89^{h}\pm0.001$
	1:2	$36.88^{efgh}\pm0.42$	$28.79^{d}\pm0.28$	$23.57^{c}\pm0.21$	$38.27^{fgh}\pm0.50$	$0.91^{g}\pm0.001$
	1:3	$36.53^{efgh}\pm0.94$	$31.57^{b}\pm0.49$	$24.36^{b}\pm0.13$	$41.51^{ef}\pm1.49$	$0.91^{f}\pm0.001$
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	$79.18^{a}\pm1.74$	$12.73^{i}\pm0.18$	$20.91^{fg}\pm0.36$	$36.95^{h}\pm1.31$	$0.89^{i}\pm0.001$
	1:1	$39.86^{def}\pm0.13$	$24.76^{f}\pm0.06$	$21.03^{de}\pm0.08$	$40.50^{efg}\pm1.09$	$0.92^{e}\pm0.001$
	1:2	$38.05^{efg}\pm0.38$	$28.03^{de}\pm0.72$	$21.51^{e}\pm0.09$	$43.19^{ef}\pm0.95$	$0.92^{d}\pm0.001$
	1:3	$33.68^{fghi}\pm0.73$	$30.57^{bc}\pm0.59$	$22.20^{d}\pm0.30$	$47.13^{de}\pm0.40$	$0.93^{b}\pm0.001$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

มีค่าเท่ากับ 12.70, 9.20, 8.81 และ 7.49 ตามลำดับ และที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าเท่ากับ 12.32, 8.56, 7.78 และ 7.14 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณซอสกอและที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็งลดลง โดยอัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและที่ระดับ 1:3 ส่งผลให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนในระดับเดียวกัน พบว่าที่อัตราส่วน 1:0 โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าความแข็งแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่กระบวนการฆ่าเชื้อ ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ จากการเปรียบเทียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน ได้แก่ 1:1, 1:2, และ 1:3 โดยสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและในอัตราส่วนเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับส่งผลให้ค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4.7 ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)

จากตารางที่ 4.23 แสดงค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนที่ระดับต่างกัน โดยที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและทุกระดับอัตราส่วนที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเท่ากับ 0.40, 0.39, 0.36 และ 0.35 ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณซอสกอและมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง เนื่องจากโมเลกุลน้ำที่เป็นส่วนผสมของซอสกอและถูกดูดซึมเข้าไปยังโครงสร้างของโปรตีนเกษตร และยึดเกาะกับโครงสร้างของโปรตีนส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง และค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารลดลง

ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.48, 0.43 และ 0.42 ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0 มีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 และ 1:3 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.45, 0.43 และ 0.40 ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0 มีค่าเท่ากับ 0.55 และสอดคล้องกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:1, 1:2, และ 1:3 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.43, 0.42 และ 0.40 ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0 มีค่าเท่ากับ 0.56 จะเห็นได้ว่าปริมาณซอสกอและส่งผลต่อค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร ทั้งนี้ระดับอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 ไม่ส่งผลให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน โดยที่มีระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าระดับอัตราส่วน 1:0 ของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อมีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ กระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ได้แก่ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับอัตราส่วน 1:1 พบว่าการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับระดับอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 จะเห็นได้ว่า กระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลต่อค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับอัตราส่วนเดียวกันโดยเปรียบเทียบกับการไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ แต่เมื่อเปรียบเทียบสภาวะฆ่าเชื้อ 3 ระดับด้วยกันเองพบว่า สภาวะทั้ง 3 ระดับ ให้ผลค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4.8 ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness)

จากตารางที่ 4.23 แสดงค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) ซึ่งแสดงความนุ่มและเหนียวของโปรตีนเกษตร เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนที่ระดับต่างกัน ในสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าโปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.56, 0.38, 0.30 และ 0.22 ตามลำดับ

ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.47, 1.27 และ 1.12 ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0 มีค่าแรงบดเคี้ยวเท่ากับ 2.94 ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร สำหรับการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 1:0 มีค่าแรงบดเคี้ยวเท่ากับ 2.71 ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.17, 1.01 และ 0.91 ตามลำดับ แต่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0 มีค่าแรงบดเคี้ยวเท่ากับ 2.84 จะเห็นได้ว่าการผัดรวมกับซอสกอและส่งผลต่อค่าแรงบดเคี้ยว ทั้งนี้ระดับอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 ไม่ส่งผลให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร เมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มส่งผลให้ค่าแรงบดเคี้ยวลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่ในซอสกอและถูกดูดซึมเข้าไปยังโครงสร้างภายในโปรตีนเกษตรส่งผลให้โปรตีนเกษตรเกิดการอุ้มน้ำ ค่าความแข็งจึงลดลง ซึ่งส่งผลต่อค่าแรงบดเคี้ยวลดลงเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน โดยที่มีระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าระดับอัตราส่วน 1:0 โปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันกับโปรตีนเกษตรที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการฆ่าเชื้อส่งผลต่อค่าแรงบดเคี้ยวเพิ่มขึ้นโดยเปรียบเทียบกับการไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เนื่องจากเกิดการระเหยของโมเลกุลน้ำในชิ้นโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่อยู่ระหว่างการฆ่าเชื้อ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร ทั้งนี้สภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ให้ผลค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกัน

4.4.9 ค่าความเป็นกรดด่าง

จากตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างที่อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและระดับเดียวกัน พบว่าที่อัตราส่วน 1:0 สภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่โปรตีนเกษตรที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าความเป็นกรดด่างสูงสุด รองลงมาคือ สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างที่ระดับอัตราส่วน 1:1 ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 ที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเมื่อนำทั้งสองสภาวะนี้เปรียบเทียบกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่า มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วน 1:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ	ค่าความแข็ง (Hardness) (N)	ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)	ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) (N.cm)
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	7.31^{de}±0.28	0.40^{cde}±0.01	0.56^{de}±0.02
	1:1	4.76^{f}±0.12	0.39^{cde}±0.01	0.38^{e}±0.02
	1:2	3.95^{f}±0.16	0.36^{de}±0.01	0.30^{e}±0.03
	1:3	2.37^{g}±0.12	0.35^{e}±0.01	0.22^{e}±0.01
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	13.05^{a}±0.62	0.57^{a}±0.01	2.94^{a}±0.14
	1:1	9.92^{b}±0.92	0.48^{b}±0.04	1.47^{b}±0.18
	1:2	8.81^{bcd}±0.72	0.43^{bc}±0.03	1.27^{bc}±0.19
	1:3	6.74^{e}±0.41	0.42^{bcde}±0.02	1.12^{bc}±0.13
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	12.70^{a}±0.62	0.55^{a}±0.01	2.71^{a}±0.14
	1:1	9.20^{bc}±0.70	0.45^{bc}±0.03	1.32^{bc}±0.10
	1:2	8.81^{bcd}±0.72	0.43^{bcd}±0.03	1.16^{bc}±0.12
	1:3	7.49^{cde}±0.31	0.40^{cde}±0.02	1.04^{c}±0.14
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	12.32^{a}±0.58	0.56^{a}±0.01	2.84^{a}±0.14
	1:1	8.56^{bcd}±0.48	0.43^{bc}±0.03	1.17^{bc}±0.19
	1:2	7.78^{cde}±0.70	0.42^{bcde}±0.02	1.01^{c}±0.14
	1:3	7.14^{e}±0.39	0.40^{cde}±0.02	0.91^{cd}±0.12

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จะเห็นได้ว่า ปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง นั่นหมายถึง มีค่าความเป็นกรดสูงมากขึ้น และกระบวนการฆ่าเชื้อจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ซอสกอและที่เคลือบกับโปรตีนเกษตรมีความเข้มข้นมากขึ้น จึงมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง ในขณะที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ให้ผลค่าความเป็นกรดด่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจาก มีค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ค่าความเป็นกรดด่างของโปรตีนเกษตรผัดซอส

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ	ค่าความเป็นกรดด่าง
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	6.75^{a}±0.01
	1:1	6.18^{e}±0.01
	1:2	6.09^{g}±0.01
	1:3	6.01^{h}±0.01
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	6.32^{d}±0.01
	1:1	6.03^{h}±0.01
	1:2	5.91^{i}±0.01
	1:3	5.84^{j}±0.01
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	6.43^{c}±0.01
	1:1	6.13^{f}±0.01
	1:2	6.11^{g}±0.01
	1:3	5.88^{i}±0.01
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	6.53^{b}±0.01
	1:1	6.17^{e}±0.01
	1:2	6.11^{g}±0.01
	1:3	5.90^{i}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.4.10 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากตาราง 4.25 เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.49, 0.60, 0.61 และ 0.62 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.05, 0.13, 0.29, และ 0.34 ตามลำดับ ที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.36, 0.41, 0.51 และ 0.52 ตามลำดับ และสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.41, 0.41, 0.45 และ 0.47 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณซอสในอัตราส่วน 1-3 เท่า ไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจาก โปรตีนเกษตรที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดเดียวกันและปริมาณเท่ากันในทุกทรีทเมนต์ โดยปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการอุ้มน้ำระดับอัตราส่วนซอสเดียวกัน พบว่าตัวอย่างที่ไม่เติมซอส (อัตราส่วน 1:0) และผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ในขณะที่โปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ที่ผ่านฆ่าเชื้อต่างระดับกัน พบว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ

4.4.11 ระดับคะแนนความชอบโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

จากตารางที่ 4.26 แสดงระดับคะแนนการยอมรับโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วนต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 และผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ 3 สภาวะ ได้แก่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที จากการทดสอบผู้ชิม 30 คน พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:1 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุดคือ 6.80 สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุดเท่ากับ 6.90 ในขณะที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงสุดคือ 6.73

สำหรับคะแนนความชอบด้านสี พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบสูงสุดคือ 6.77, 6.97 และ 6.97 ตามลำดับ

สำหรับคะแนนความชอบด้านกลิ่น พบว่าทุกตัวอย่างมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:3 มีคะแนนความชอบสูงสุดคือ 6.70, 6.57 และ 6.47 ตามลำดับ

สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติ พบว่าทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:3 มีคะแนนความชอบสูงสุด คือ 6.57, 6.37 และ 6.33 ตามลำดับ

สำหรับคะแนนความชอบด้านลักษณะสัมผัส พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบสูงสุดคือ 6.63, 6.60 และ 6.90 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบสูงสุดคือ 6.93, 6.73 และ 6.90 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่อัตราส่วน 1:3 สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากมีปริมาณซอสกอและมากส่งผลให้ได้รับรสชาติที่เข้มข้นและกลิ่นหอมของซอสชัดเจน แต่ในทางกลับกันคะแนนความชอบด้านลักษะปรากฏและสีต่ำที่สุด เนื่องจาก ซอสกอและไม่ซึมเข้าไปยังเนื้อโปรตีนเกษตรทั้งหมดและไม่เคลือบติดกับผิวของโปรตีนเกษตร ในขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จึงทำการเลือกอัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและที่ระดับ 1:1 ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและต่อไป เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 จึงทำให้ใช้ปริมาณซอสกอและน้อย ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตน้อยลง และผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร ค่าแรงบดเคี้ยว ปริมาณความชื้น ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ผลลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาสเซลเซียส 15 นาที ส่งผลต่อค่าสีและค่าความเป็นกรดด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้สภาวะการฆ่าเชื้อจำเป็นต้องสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ จึงเลือกสภาวะที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ในการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนเกษตรผัดซอส

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	0.49^{ab}±0.002
	1:1	0.60^{a}±0.001
	1:2	0.61^{a}±0.001
	1:3	0.62^{a}±0.001
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	0.05^{c}±0.01
	1:1	0.13^{bc}±0.01
	1:2	0.29^{abc}±0.14
	1:3	0.34^{abc}±0.01
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	0.36^{abc}±0.05
	1:1	0.41^{ab}±0.09
	1:2	0.51^{a}±0.06
	1:3	0.52^{a}±0.12
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	0.41^{ab}±0.09
	1:1	0.41^{ab}±1.50
	1:2	0.45^{ab}±0.20
	1:3	0.47^{ab}±0.27

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.26 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่มีต่อโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

ตัวอย่าง		ระดับคะแนนความชอบ					
สภาวะการฆ่าเชื้อ	**อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอส**	**ลักษณะปรากฏ**	**สี**	**กลิ่น**	**รสชาติ**	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**	**ความชอบโดยรวม**
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	**1:1**	6.80^{a}±0.24	6.83^{a}±0.23	6.47^{a}±0.21	6.01^{a}±0.22	6.17^{a}±0.31	6.33^{a}±0.23
	1:2	6.33^{a}±0.25	6.77^{a}±0.20	6.27^{a}±0.20	6.40^{a}±0.21	6.63^{a}±0.24	6.93^{a}±0.19
	1:3	6.27^{a}±0.24	6.50^{a}±0.21	6.70^{a}±0.18	6.57^{a}±0.21	6.43^{a}±0.23	6.67^{a}±0.21
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	**1:1**	6.63^{a}±0.23	6.93^{a}±0.21	6.47^{a}±0.21	6.23^{a}±0.23	6.17^{a}±0.12	6.33^{a}±0.21
	1:2	6.73^{a}±0.20	6.97^{a}±0.18	6.37^{a}±0.22	6.33^{a}±0.32	6.60^{a}±0.18	6.73^{a}±0.17
	1:3	6.70^{a}±0.19	6.77^{a}±0.18	6.57^{a}±1.90	6.37^{a}±0.22	6.43^{a}±0.27	6.40^{a}±0.29
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	**1:1**	6.90^{a}±0.26	6.93^{a}±0.19	6.30^{a}±0.25	6.10^{a}±0.19	6.27^{a}±0.24	6.67^{a}±0.20
	1:2	6.70^{a}±0.22	6.97^{a}±0.17	6.37^{a}±0.18	6.20^{a}±0.19	6.90^{a}±0.24	6.90^{a}±0.27
	1:3	6.73^{a}±0.19	6.87^{a}±0.18	6.47^{a}±0.18	6.33^{a}±0.32	6.43^{a}±0.18	6.50^{a}±0.16

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.5 ผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ

4.5.1 ค่า L*

จากตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบค่าความสว่าง (L*) ของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนแตกต่างกัน โดยที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มีระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 111.5, 66.25, 57.44 และ 55.22 ตามลำดับ

สำหรับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 103.20, 55.36, 53.21 และ 51.91 ตามลำดับ

สำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอัตราส่วน 1:0.5, 1:1, และ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 103.93, 57.29, 56.90 และ 52.36 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วน 1:0.5 มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอัตราส่วน 1:2 มีค่าความสว่างแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5 และ 1:1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 108.47, 57.53, 57.65 และ 52.73 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า อัตราส่วนซอสกอและส่งผลต่อค่าความสว่างของข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อและที่ผ่านสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในขณะที่อัตราส่วนซอสกอและระดับ 1:0.5 และ 1:1 ของข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน

4.5.2 ค่า a*

จากตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบช่วงสีเขียว (-a*) ไปจนถึงสีแดง (a*) ของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนต่างกัน โดยที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่าน การฆ่าเชื้อ มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ -2.01, 28.24, 30.38 และ 31.75 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ -2.53, 33.50, 33.99 และ 38.60 ตามลำดับ สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ -2.97, 30.21, 33.53 และ 35.08 ตามลำดับ และที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่มีอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ -2.52, 29.75, 32.08, 33.38 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณซอสกอและส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจากซอสกอและมีลักษณะเป็นสีแดงอมเหลือง เมื่อนำข้าวมาผัดรวมกับซอสกอและ จึงทำให้ข้าวผัดที่ได้มีสีแดงอมเหลือง และเมื่อเพิ่มปริมาณซอสกอและ จึงส่งผลให้มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นสีแดงของข้าวผัดซอสกอและที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน โดยมีระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น โดยข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าความเป็นสีแดงสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง เมื่อค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงจะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจาก การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนส่งผลให้ข้าวผัดซอสกอและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4.5.3 ค่า b*

จากตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบค่าช่วงสีน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (b*) ของข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและแตกต่างกัน โดยที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกระดับอัตราส่วน โดยอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 9.66, 50.13, 47.41 และ 44.47 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 13.42, 62.48, 59.56 และ 54.82 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0 มีค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 11.14, 54.84, 53.82 และ 49.01 ตามลำดับ ทั้งนี้อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 10.00, 52.66, 51.51 และ 49.04 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง ทั้งนี้เมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นสีเหลืองของข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะแตกต่างกัน โดยที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 ค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วน 1:0.5 และ 1:1 สำหรับที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 1:2 ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากสภาวะการฆ่าเชื้อที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.27 ค่าสีของข้าวผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	$111.55^{a}\pm0.04$	$-2.01^{i}\pm0.01$	$9.66^{k}\pm0.25$
	1:0.5	$66.25^{d}\pm0.24$	$28.24^{h}\pm0.21$	$50.13^{fg}\pm0.07$
	1:1	$57.44^{e}\pm0.44$	$30.38^{f}\pm0.02$	$47.41^{h}\pm0.22$
	1:2	$55.22^{f}\pm0.10$	$31.75^{e}\pm0.13$	$44.47^{i}\pm0.08$
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	$103.20^{c}\pm0.26$	$-2.53^{j}\pm0.03$	$13.42^{j}\pm0.18$
	1:0.5	$55.36^{f}\pm0.13$	$33.50^{d}\pm0.13$	$62.48^{a}\pm0.57$
	1:1	$53.21^{g}\pm0.13$	$33.99^{c}\pm0.14$	$59.56^{b}\pm0.36$
	1:2	$51.91^{h}\pm0.13$	$38.60^{a}\pm0.16$	$54.82^{c}\pm0.88$
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	$103.93^{c}\pm0.24$	$-2.67^{j}\pm0.02$	$11.14^{k}\pm0.11$
	1:0.5	$57.29^{e}\pm0.25$	$30.21^{f}\pm0.03$	$54.84^{c}\pm1.60$
	1:1	$56.90^{e}\pm0.25$	$33.53^{d}\pm0.17$	$53.82^{cd}\pm0.50$
	1:2	$52.36^{g}\pm0.04$	$35.08^{b}\pm0.19$	$49.01^{gh}\pm0.05$
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	$108.47^{b}\pm0.61$	$-2.52^{j}\pm0.17$	$10.00^{k}\pm0.06$
	1:0.5	$57.53^{e}\pm0.70$	$29.75^{g}\pm0.07$	$52.66^{de}\pm0.08$
	1:1	$57.65^{e}\pm0.06$	$32.08^{e}\pm0.03$	$51.51^{ef}\pm0.67$
	1:2	$52.73^{g}\pm0.19$	$33.38^{d}\pm0.11$	$49.04^{gh}\pm0.46$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.5.4 ปริมาณความชื้น

จากตารางที่ 4.28 เมื่อพิจารณาค่าปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วนต่างกัน ในสภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ระดับอัตราส่วน 1:0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าร้อยละ 42.65, 48.52, 50.32 และ 54.26 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระดับอัตราส่วน 1:0.5 และ 1:1 พบว่า มีค่าปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะ 121 เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 48.02, 50.87, 51.99 และ 59.17 ตามลำดับ สำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าร้อยละ 45.72, 49.85, 51.15 และ 55.89 ตามลำดับ และสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 44.95, 49.76, 51.11 และ 54.66 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณซอสกอและที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 และ 1:1 มีค่าปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันและอัตราส่วน 1:2 ส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้นสูงสุด ทั้งนี้น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของซอสกอและ มีคุณสมบัติในการดูดซับและเก็บรักษาความชื้น ซึ่งจะส่งผลให้อาหารกักเก็บความชื้นไว้ได้ (พิพัฒน์กมล, 2553)

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน ที่ระดับอัตราส่วนระดับเดียวกัน พบว่าระดับอัตราส่วน 1:0 ของข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันกับข้าวผัดซ อสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับที่ระดับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 แสดงให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อมีผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและ โดยที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีระดับอุณหภูมิและเวลาใกล้เคียงกันจึงส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ เมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อน โครงสร้างของเมล็ดข้าวจึงเสียสภาพ เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำซอสจนกระทั่งเมล็ดข้าวพองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และปริแตก ส่งผลให้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณความชื้นจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น (Chiang and Yeh, 2002) นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของข้าวยังขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดข้าว เช่น โปรตีนและไขมัน เป็นต้น

4.5.5 ปริมาณน้ำอิสระ

จากตารางที่ 4.28 แสดงผลของสภาวะการฆ่าเชื้อและปริมาณซอสกอและที่ส่งผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนซอสกอและที่ระดับแตกต่างกัน ในสภาวะการการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.92, 0.93, 0.93 และ 0.97 ตามลำดับ สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.94, 0.95, 0.96 และ 0.98 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.94, 0.94, 0.95 และ 0.97 ตามลำดับ และสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.94, 0.94, 0.94 และ 0.97 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ปริมาณซอสกอและส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้น ทั้งนี้ปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระมีจะความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง กล่าวคือ เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าปริมาณน้ำอิสระจะมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์นี้ได้จากกราฟซอร์ฟชั่นไอโซเทอร์ม (Moisture sorption isotherms) (Troller and Christian, 1978)

เมื่อเปรียบเทียบ สภาวะการการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน โดยที่ระดับอัตราส่วนระดับเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่มีอัตราส่วน 1:0 ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 3 ระดับ มีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับข้าวผัดซอสกอและที่มีอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีผลต่อปริมาณน้ำอิสระและสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณน้ำอิสระของสภาวะอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความชื้น ในขณะที่ปริมาณน้ำอิสระที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ผลไม่สอดคล้องกับปริมาณความชื้น อาจเนื่องจาก ปริมาณความชื้นที่วัดได้คือส่วนของน้ำที่สร้างพันธะกับไฮโดรเจนและน้ำที่อยู่ภายในช่องว่างของอาหารซึ่งจัดเป็นน้ำอิสระ ดังนั้นค่าปริมาณน้ำอิสระคือการวัดโมเลกุลน้ำอิสระที่พร้อมจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนสภาวะจากของเหลวกลายเป็นไอ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระมีค่าแตกต่างกัน (Troller and Christian, 1978)

ตารางที่ 4.28 ปริมาณความชื้นและน้ำอิสระของข้าวผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	42.65^{h}±0.25	0.93^{l}±0.001
	1:0.5	48.52^{ef}±0.64	0.93^{l}±0.001
	1:1	50.32^{de}±0.23	0.94^{i}±0.001
	1:2	54.26^{b}±0.29	0.97^{d}±0.001
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	48.02^{f}±0.39	0.94^{h}±0.001
	1:0.5	50.87^{cd}±0.13	0.95^{f}±0.001
	1:1	51.99^{c}±0.30	0.96^{e}±0.001
	1:2	59.17^{a}±0.28	0.98^{a}±0.001
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	45.72^{g}±0.64	0.93^{j}±0.001
	1:0.5	49.85^{def}±0.28	0.94^{g}±0.001
	1:1	51.15^{d}±0.28	0.95^{f}±0.001
	1:2	55.89^{b}±1.12	0.97^{b}±0.001
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	44.95^{g}±0.83	0.93^{k}±0.001
	1:0.5	49.76^{def}±0.14	0.94^{h}±0.001
	1:1	51.11^{d}±1.09	0.94^{h}±0.001
	1:2	54.66^{b}±0.80	0.97^{c}±0.001

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.5.6 ค่าความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.29 เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและต่างกัน ที่สภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5 และ 1:1 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็งแตกต่างกันกับ อัตราส่วน 1:0, 1:0.5 และ 1:1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งเท่ากับ 18.16, 18.08, 16.63 และ 13.50 ตามลำดับ

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0 และ 1:0.5 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งเท่ากับ 7.69, 6.95, 3.81 และ 1.94 ตามลำดับ

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าระดับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งเท่ากับ 8.80, 8.59, 4.27 และ 2.39 ตามลำดับ

สำหรับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าระดับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความแข็งเท่ากับ 10.59, 10.30, 6.11 และ 3.86 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 1:0 เมื่อปริมาณซอสกอและเพิ่มขึ้นเป็น 1-2 เท่าของปริมาณข้าวส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโมเลกุลน้ำอิสระของซอสกอและแทรกซึมผ่านตามรอยแตกของเมล็ดข้าว จึงทำให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวเสียสภาพ จึงมีค่าความแข็งลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวผัดซอสกอและที่สภาวะการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน โดยมีระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าความแข็งแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าความแข็งแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนนี้ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของพงษ์ธร (2547) ที่ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันในการหุงข้าวต่อลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก พบว่าเมื่อหุงข้าวที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวเพิ่มขึ้นและเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันอย่างรวดเร็ว ข้าวที่ได้จึงมีค่าความแข็งลดลง

4.5.7 ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)

จากตารางที่ 4.29 เมื่อเปรียบเทียบค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและแตกต่างกัน โดยมีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0 และ 1:0.5 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเท่ากับ 0.16, 0.14, 0.10 และ 0.10 ตามลำดับ

สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าทุกระดับอัตราส่วนมีค่าการเกาะตัวในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเท่ากับ 0.04, 0.03, 0.03 และ 0.03 ตามลำดับ

สำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0 และ 1:0.5 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเท่ากับ 0.15, 0.13, 0.09 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารของข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารเท่ากับ 0.16, 0.13, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 ส่งผลต่อค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ส่งผลให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้พบว่าอัตราส่วน 1:1 ส่งผลให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารลดลงไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 โดยที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปริมาณซอสกอและไม่ส่งให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารของข้าวผัดซอสกอและที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน โดยที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีมีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าการเกาะตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเนื้ออาหารไม่แตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0.5 และ 1:1 และ 1:2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีส่งผลให้ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจาก ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสส่งผลให้เกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันอย่างรวดเร็ว ทำให้อะไมโลสถูกชะออกมาจากเมล็ดข้าวมากกว่า จึงมีค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารลดลง (พงษ์ธร, 2547)

4.5.8 ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness)

จากตารางที่ 4.29 เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงบดเคี้ยวของข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วนซอสกอและต่างกัน โดยที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มีระดับอัตราส่วนซอกอและ 1:0 และ 1:0.5 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.12, 0.11, 0.06 และ 0.02 ตามลำดับ

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าทุกระดับอัตราส่วนมีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.03, 0.03, 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.09, 0.07, 0.03 และ 0.02 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.11, 0.09, 0.03 และ 0.02 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า อัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร และสำหรับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ส่งผลให้ค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีที่มีอัตราส่วนซอสกอและแตกต่างกัน มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะแตกต่างกัน โดยที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที มีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับอัตราส่วนซอสกอและ 1:0.5 สำหรับอัตราส่วน 1:1 ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีมีค่าแรงบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับระดับอัตราส่วนซอสกอและ 1:2 จะเห็นได้ว่าการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่มีระดับอัตราส่วน 1:0 และ 1:0.5 ส่งผลต่อค่าแรงบดเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที

4.5.9 ค่าความเป็นกรดด่าง

จากตารางที่ 4.30 แสดงผลของสภาวะการฆ่าเชื้อและปริมาณซอสกอและที่ระดับต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของข้าวผัดซอสกอและ เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วนซอสกอและแตกต่างกัน โดยผ่านการฆ่าเชื้อสภาวะเดียวกัน พบว่า ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.12, 6.23, 6.07 และ 5.92 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.89, 5.97, 5.87 และ 5.71 ตามลำดับ สำหรับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.04, 5.99, 5.91 และ 5.74 ตามลำดับ และที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ที่ระดับอัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.09, 6.03, 5.93 และ 5.76 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณซอสกอและส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากซอสกอและมีค่าความเป็นกรดด่าง 5.8-6 ซึ่งองค์ประกอบหลักของซอสกอและประกอบด้วย พริก หอมแดง และเครื่องเทศ โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของข้าวผัดซอสกอและที่สภาวะการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน โดยมีระดับอัตราส่วนซอสกอและเดียวกัน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:0 ข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันกับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วน 1:0.5 พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีมีค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันกับสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับระดับอัตราส่วน 1:1 พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันกับข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 นาที มีค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับระดับอัตราส่วน 1:2 จะเห็นได้ว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 สภาวะ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 ที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีมีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันกับสภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที

4.5.10 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากตารางที่ 4.31 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและที่ระดับแตกต่างกัน ในสภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.57, 0.71, 0.77 และ 0.79 ตามลำดับ สำหรับสภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ข้าวผัดซอสกอและที่อัตราส่วนทั้ง 4 ระดับมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.98, 1.11, 1.24 และ 1.27 ตามลำดับ สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ข้าวผัดซอสกอและที่อัตราส่วนทั้ง 4 ระดับมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.84, 0.89, 0.93 และ 1.12 ตามลำดับ และสภาวะการฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ข้าวผัดซอสกอและที่อัตราส่วนทั้ง 4 ระดับมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่อัตราส่วน 1:0, 1:0.5, 1 :1 และ 1:2 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.70, 0.80, 0.86 และ 1.05 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณซอสกอและส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวผัดซอสกอและไม่แตกต่างกันอย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าทุกอัตราส่วนในแต่ละสภาวะการฆ่าเชื้อ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวผัดซอสกอและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นสภาวะการฆ่าเชื้อไม่ส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเกิดกระบวนการรีโทรเกรเดชัน ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเม็ดสตาร์ชได้รับความร้อนจนเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันแล้วปล่อยให้เย็นลง ส่งผลให้โมเลกุลของอะไมโลสเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนจนเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดซึมน้ำเข้าสู่โมเลกุลของเม็ดสตาร์ชอีก (นิธิยา, 2545 ; กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546)

ตารางที่ 4.29 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ค่าความแข็ง (Hardness) (N)	ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)	ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) (N.cm)
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	$18.16^{a}\pm0.84$	$0.16^{a}\pm0.01$	$0.12^{a}\pm0.01$
	1:0.5	$18.08^{a}\pm0.67$	$0.14^{ab}\pm0.01$	$0.11^{ab}\pm0.01$
	1:1	$16.63^{a}\pm0.96$	$0.10^{cd}\pm0.01$	$0.06^{d}\pm0.01$
	1:2	$13.50^{b}\pm0.84$	$0.10^{cd}\pm0.01$	$0.02^{e}\pm0.01$
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	$7.69^{efg}\pm0.47$	$0.04^{e}\pm0.01$	$0.03^{e}\pm0.01$
	1:0.5	$6.95^{fg}\pm0.35$	$0.03^{e}\pm0.01$	$0.03^{e}\pm0.01$
	1:1	$3.81^{h}\pm0.36$	$0.03^{e}\pm0.01$	$0.02^{e}\pm0.01$
	1:2	$1.94^{i}\pm0.89$	$0.03^{e}\pm0.01$	$0.01^{e}\pm0.01$
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	$8.80^{de}\pm0.69$	$0.15^{ab}\pm0.01$	$0.09^{bc}\pm0.01$
	1:0.5	$8.59^{ef}\pm0.53$	$0.13^{bc}\pm0.01$	$0.07^{cd}\pm0.01$
	1:1	$4.27^{h}\pm1.07$	$0.09^{d}\pm0.01$	$0.03^{e}\pm0.01$
	1:2	$2.39^{i}\pm0.30$	$0.09^{d}\pm0.01$	$0.02^{e}\pm0.01$
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	$10.59^{c}\pm0.57$	$0.16^{ab}\pm0.01$	$0.11^{ab}\pm0.01$
	1:0.5	$10.30^{cd}\pm0.65$	$0.13^{ab}\pm0.01$	$0.09^{bc}\pm0.01$
	1:1	$6.11^{g}\pm0.34$	$0.10^{cd}\pm0.01$	$0.03^{e}\pm0.01$
	1:2	$3.86^{h}\pm0.27$	$0.09^{d}\pm0.01$	$0.02^{e}\pm0.01$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 ค่าความเป็นกรดด่างของข้าวผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ค่าความเป็นกรดด่าง
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	7.12^{a}±0.09
	1:0.5	6.23^{d}±0.04
	1:1	6.07^{e}±0.01
	1:2	5.92^{hij}±0.01
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	6.89^{c}±0.09
	1:0.5	5.97^{gh}±0.01
	1:1	5.87^{ij}±0.01
	1:2	5.71^{k}±0.01
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	7.04^{b}±0.43
	1:0.5	5.99^{fg}±0.01
	1:1	5.91^{ij}±0.01
	1:2	5.74^{k}±0.01
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	7.09^{ab}±0.07
	1:0.5	6.03^{ef}±0.09
	1:1	5.93^{hi}±0.03
	1:2	5.76^{k}±0.01

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.31 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวผัดซอสกอและ

สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ	1:0	0.57^{b}±0.03
	1:0.5	0.71^{ab}±0.05
	1:1	0.77^{ab}±0.02
	1:2	0.79^{ab}±0.02
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0	0.98^{ab}±0.19
	1:0.5	1.11^{ab}±0.22
	1:1	1.24^{a}±0.28
	1:2	1.27^{a}±0.33
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0	0.84^{ab}±0.07
	1:0.5	0.89^{ab}±0.43
	1:1	0.93^{ab}±0.08
	1:2	1.12^{ab}±0.09
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0	0.70^{ab}±0.05
	1:0.5	0.80^{ab}±0.06
	1:1	0.86^{ab}±0.05
	1:2	1.05^{ab}±0.08

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.5.11 ระดับคะแนนความชอบข้าวผัดซอสกอและของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

จากตารางที่ 4.32 แสดงระดับคะแนนการความชอบที่มีต่อข้าวผัดซอสกอและที่มีระดับอัตราส่วนต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 และผ่านการฆ่าเชื้อ 3 สภาวะ ได้แก่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 116 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที จากการผู้ทดสอบชิม 30 คน ได้ผลการทดลองดังนี้

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสี พบว่าการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับและอัตราส่วนซอสกอและ 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะสังเกตเห็นว่า เมื่ออัตราส่วนซอสกอและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏจะลดลง โดยที่ข้าวผัดซอสกอและที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากปริมาณซอสกอและมีมากเกินไป ส่งผลให้ลักษณะของข้าวเมล็ดข้าวผัดซอสกอและไม่ร่วน ดูไม่น่ารับประทาน

สำหรับคะแนนความชอบด้านกลิ่น พบว่าการฆ่าเชื้อที่ระดับเดียวกัน อัตราส่วนซอสกอและไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ เมื่ออัตราส่วนซอสกอและลดลงคะแนนความชอบด้านกลิ่นมีแนมโน้มลดลงเช่นกัน โดยที่อัตราส่วน 1:0.5 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยที่สุด อาจเนื่องมากมีปริมาณซอสกอและน้อย เมื่อผัดรวมกับข้าวด้วยความร้อน ส่งผลให้กลิ่นเจือจางลงมากที่สุด

สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติของข้าวผัดซอสกอและที่สภาวพเดียวกัน แต่มีระดับอัตราส่วนซอสต่างกัน พบว่าที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อัตราส่วน 1:0.5 มีค่าแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทุกอัตราส่วนมีคะแนนความชอบด้านรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงที่สุด เนื่องจากมีความเข้มข้นของซอสกอและมากกว่าอัตราส่วน 1:0.5 และ 1:1 สำหรับการฆ่าเชื้อที่ระดับ 115 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที พบว่าอัตราส่วน 1:0.5 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากการพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติ พบว่าเมื่ออัตราส่วนซอสกอและเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับคะแนนความชอบด้านความนุ่มของข้าว พบว่าอัตราส่วนซอสกอและมีผลต่อคะแนนความชอบด้านนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:0.5 มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มของข้าวแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่อัตราส่วน 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 1:2 ที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีและ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มของข้าวสูงสุด เป็นไปได้ว่าปริมาณซอสกอและที่มีมากกว่าส่งผลให้เมล็ดข้าวดูดซึมซอสกอและเข้าไปยังโครงสร้างภายในของข้าวได้มาก จึงส่งผลให้เมล็ดข้าวนิ่ม เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านความนุ่มของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สำหรับคะแนนความชอบโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการฆ่าเชื้อระดับเดียวกัน พบว่าระดับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ระดับอัตราส่วน 1:2 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ในขณะที่อัตราส่วน 1:0.5 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันกับอัตราส่วน 1:2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบชิมีความชอบโดยรวมต่อข้าวผัดซอสกอและ ที่ใช้อัตราส่วนซอส 1:1 และ 1:2 มากกว่าอัตราส่วนซอส 1:0.5 เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอัตราส่วนเดียวกัน พบว่าสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่าที่ระดับอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกัน และสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบในทุกด้าน เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ พบว่าอัตราส่วน 1:2 ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและสูงกว่าอัตราส่วน 1:1 และยังมีผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยอัตราส่วนซอสกอและที่ระดับ 1:1 ส่งผลให้ข้าวผัดร่วน ปริมาณซอสถูกดูดซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวได้พอดี ไม่แฉะจนเกินไป เมื่อพิจารณาสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ พบว่า สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ผลปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน แต่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน โดยที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความแข็งน้อยกว่าการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที กล่าวคือลักษณะเมล็ดข้าวผัวมีความนุ่มและร่วน และไม่แข็งจนเกินไป ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกอัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและที่ระดับ 1:1 และสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ใช้ในการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้พ่นน้ำ (Water spray retort) ในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ระดับคะแนนความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่มีต่อข้าวผัดซอสกอและ

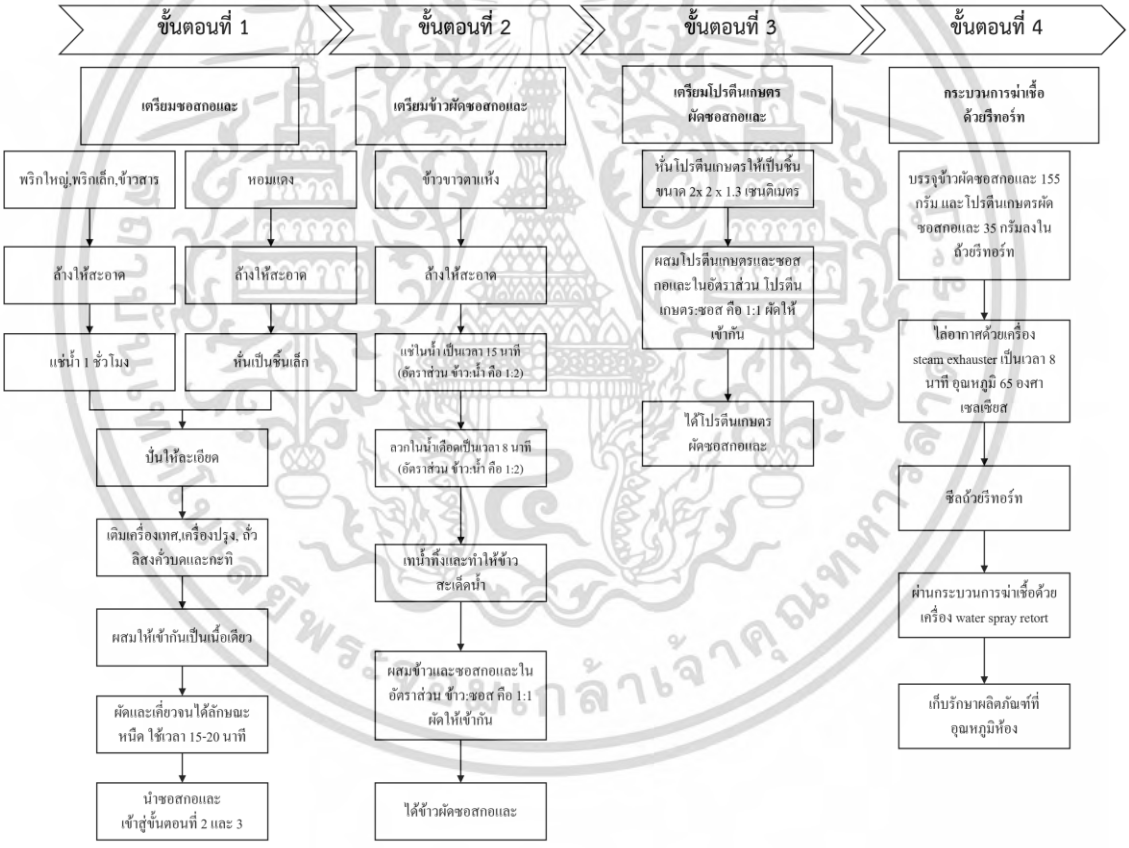
ตัวอย่าง		ระดับคะแนนความชอบ						
สภาวะการฆ่าเชื้อ	อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความนุ่มของข้าว	ความร่วนของข้าว	ความชอบโดยรวม
121 องศาเซลเซียส 15 นาที	1:0.5	$5.90^{a}\pm0.29$	$6.00^{a}\pm0.30$	$5.50^{ab}\pm0.37$	$4.47^{b}\pm0.32$	$3.07^{c}\pm0.33$	$5.33^{a}\pm0.40$	$4.92^{cd}\pm0.28$
	1:1	$5.97^{a}\pm0.31$	$6.20^{a}\pm0.31$	$5.70^{ab}\pm0.34$	$5.57^{a}\pm0.35$	$4.80^{b}\pm0.38$	$5.30^{a}\pm0.33$	$5.80^{abc}\pm0.31$
	1:2	$5.37^{a}\pm0.38$	$5.57^{a}\pm0.40$	$6.00^{ab}\pm0.33$	$6.02^{a}\pm0.38$	$6.43^{a}\pm0.30$	$4.90^{a}\pm0.34$	$6.00^{ab}\pm0.36$
116 องศาเซลเซียส 5 นาที	1:0.5	$5.77^{a}\pm0.30$	$6.10^{a}\pm0.35$	$5.63^{ab}\pm0.35$	$4.95^{ab}\pm0.40$	$3.47^{c}\pm0.37$	$5.40^{a}\pm0.45$	$5.12^{bcd}\pm0.32$
	1:1	$5.77^{a}\pm0.31$	$6.00^{a}\pm0.35$	$5.37^{ab}\pm0.38$	$5.60^{a}\pm0.32$	$5.07^{b}\pm0.40$	$5.10^{a}\pm0.36$	$5.70^{abcd}\pm0.35$
	1:2	$5.30^{a}\pm0.31$	$5.83^{a}\pm0.36$	$6.47^{a}\pm0.34$	$5.90^{a}\pm0.36$	$6.33^{a}\pm0.29$	$4.90^{a}\pm0.33$	$6.55^{a}\pm0.27$
115 องศาเซลเซียส 6 นาที	1:0.5	$5.73^{a}\pm0.33$	$6.00^{a}\pm0.35$	$5.33^{b}\pm0.36$	$4.43^{b}\pm0.30$	$3.13^{c}\pm0.36$	$5.87^{a}\pm0.38$	$4.83^{d}\pm0.28$
	1:1	$6.20^{a}\pm0.32$	$6.37^{a}\pm0.34$	$5.73^{ab}\pm0.25$	$5.37^{ab}\pm0.32$	$5.60^{ab}\pm0.30$	$5.03^{a}\pm0.30$	$6.07^{ab}\pm0.32$
	1:2	$5.33^{a}\pm0.32$	$5.73^{a}\pm0.38$	$6.43^{ab}\pm0.35$	$5.70^{a}\pm0.36$	$6.10^{a}\pm0.30$	$4.80^{a}\pm0.32$	$6.05^{ab}\pm0.28$

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย DMRT ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.6 ผลการทดสอบยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและในระดับอุตสาหกรรม

4.6.1 กระบวนการฆ่าเชื้อ

จากการผลิตข้าวผัดซอสกอและตามกรรมวิธีการผลิตดังรูปที่ 4.8 สภาวะการเตรียมข้าวที่คัดเลือกมาคือ แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสะอาด 1:2 จากนั้นลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 8 นาที นำไปผัดรวมกับซอสกอและที่ได้จากการคัดเลือกข้อ 4.3 โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อซอสกอและ 1:1 เป็นเวลา 30 นาที สำหรับสภาวะการเตรียมโปรตีนเกษตร คือ หั่นเป็นชิ้นขนาด 2x2x1.3 ซม. และผัดรวมกับซอสกอและ โดยใช้อัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและ 1:1 เป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการผลิตข้าวผัดซอสกอและ

ทำการเจาะรูที่ระดับ1/3 ของความสูงจากก้นภาชนะของถ้วยตัวอย่างที่ใช้หาค่า F_0 เพื่อใส่สายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type T) โดยที่ปลายสายวัดอุณหภูมิเจาะทะลุเนื้อโปรตีนเกษตร จากนั้นทำการไล่อากาศและปิดผนึก และศึกษาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ที่ระดับ F_0 เท่ากับ 5 ซึ่งเป็นไปตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 ที่กำหนดให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและมีความเป็นกรดต่ำต้องผ่านการฆ่าเชื้อที่มีค่า F_0 ไม่ต่ำกว่า 3 โดยนำตัวอย่างที่ใช้ในหาค่า F_0 วางที่ตำแหน่งชั้นกลางของเครื่องรีทอร์ท จากนั้นต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลแล้วเริ่มทำการฆ่าเชื้อ โดยบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 15 วินาที ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ และคำนวณหาค่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Ball formula โดยการนำค่าอุณหภูมิ ณ เวลา (นาที) ต่างๆ สร้างเป็นกราฟเซมิล็อก (Semilog) ดังรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าค่าความชัน (Slope) คือ 38.26 ซึ่งค่านี้คือ ค่า f_h (Heating slope of semilog curve) และคำนวณค่า j (Heating lag of semilog curve) เท่ากับ 1.39 และมีระยะเวลาการฆ่าเชื้อ 66 นาที โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นคือ 35 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.33

รูปที่ 4.9 กราฟเซมิล็อก (semilog) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (นาที) ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 กำหนดสภาวะและปัจจัยควบคุมที่ส่งผลต่อการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ

รายการ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์	ข้าวผัดซอสกอและ
ขนาดภาชนะ	103x59 มม. (เส้นผ่านศูนย์กลางxความสูง)
จำนวนถ้วยที่ใช้ในการทดลอง	24 ถ้วย
น้ำหนักสุทธิ	190 กรัม
ขนาดชิ้นโปรตีนเกษตร (กว้างxยาวxสูง)	2x2x1.3 ซม.
Head space	10 มม.
Come up time	15 นาที
overpressure	1.7 บาร์
อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์	35 องศาเซลเซียส (95 องศาฟาเรนไฮต์)
Container orientation	Vertical orientation
อุณหภูมิฆ่าเชื้อ	116 องศาเซลเซียส (240.8 องศาฟาเรนไฮต์)
ค่า j	1.39
ค่า f_h	38.26
F0	5.0
ระยะเวลากระบวนการฆ่าเชื้อ	66 นาที

ทั้งนี้ในทางปฏิบัติหากไม่สามารถกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 35 องศาเซลเซียสอาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตหรือสภาพอากาศในขณะที่ปฏิบัติงาน จะสามารถปรับอุณภูมิฆ่าเชื้อและระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ยอมรับได้ตามความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเริ่มต้น ดังตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและระยะเวลาการฆ่าเชื้อของข้าวผัดซอสกอและ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ระยะเวลาการฆ่าเชื้อ (นาที)	
เริ่มต้น	**การฆ่าเชื้อ**	**คำนวณ**	**ค่ายอมรับ**
30	115	71.46	72.00
30	116	66.35	67.00
30	117	61.98	62.00
35	115	70.45	71.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและระยะเวลาการฆ่าเชื้อของข้าวผัดซอสกอและ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ระยะเวลาการฆ่าเชื้อ (นาที)	
เริ่มต้น	การฆ่าเชื้อ	คำนวณ	ค่ายอมรับ
35	116	65.35	66.00
35	117	61.00	61.00
40	115	69.38	70.00
40	116	64.29	65.00
40	117	59.95	60.00

4.6.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE (L*, a* และ b*) โดยค่า L* แสดงถึงความสว่าง ค่า a* แสดงถึงช่วงสีเขียวและแดง และค่า b* แสดงถึงช่วงสีน้ำเงินและเหลืองดังตารางที่ 4.35 พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่างลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนฆ่าเชื้อ โดยมีค่าความสว่างเท่ากับ 56.10 และ 57.44 ตามลำดับ และมีค่าสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้น ข้าวผัดซอสกอและหลังฆ่าเชื้อและก่อนฆ่าเชื้อมีค่า a* เท่ากับ 33.42 และ 30.38 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า b* มีค่า 53.77 และ 47.41 ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารและการเก็บรักษา และจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และรส ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) เช่น กลูโคส (Glucose) ฟรักโตส (Fructose) กับกรดอะมิโน (Amino group) ได้ผลิตผลในรูปของ Glucose-amine compound (อมรรัตน์และลัดดา, 2545) นอกจากนี้น้ำกะทิซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของซอสกอและเป็นเหตุที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ เนื่องจากในน้ำกะทิมีไนโตรเจนและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและมีกรดอะมิโนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (สุดารัตน์และคณะ, 2551) จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์ธร (2547) ที่ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันต่อคุณภาพข้าวหุงสุก โดยหุงข้าวที่อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ใช้ความดัน 0, 1, 3 และ 5 บาร์ พบว่าการหุงข้าวที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ค่าความขาวลดลงและส่งผลให้เกิดกระบวนการเจลาติไนเซชันอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ทำให้โครงสร้างเมล็ดข้าวขยายปริมาตรได้น้อยกว่าการหุงข้าวที่อุณหภูมิต่ำ จึงส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ดังนั้นเมื่อค่าความสว่างลดลง จึงส่งผลให้ค่าสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น สำหรับค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของโปรตีนเกษตรมีแนวโน้มเช่นเดียวกับข้าวผัด โดยมีค่าความสว่างก่อนและหลังฆ่าเชื้อเท่ากับ 42.30 และ 38.43 ค่าสีแดงก่อนและหลังฆ่าเชื้อมีค่า 20.22 และ 24 .76 ค่าสีเหลืองก่อนและหลังฆ่าเชื้อมีค่า 18.83 และ 23.18 ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของค่าความสว่าง และค่าสีแดงและเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อสูงและค่า F_0 ที่สูงขึ้น (Rajkumar. *et al*., 2010)

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง		สีของผลิตภัณฑ์		
		L*	a*	b*
ข้าวผัด	ก่อนฆ่าเชื้อ	57.44±0.07[a]	30.38±0.04[b]	47.41±0.04[b]
	หลังฆ่าเชื้อ	56.10±0.01[a]	33.42±0.07[a]	53.77±0.01[a]
โปรตีนเกษตร	ก่อนฆ่าเชื้อ	42.30±0.02[a]	20.22±0.02[b]	18.83±0.02[b]
	หลังฆ่าเชื้อ	38.43±0.01[b]	24.76±0.02[a]	23.18±0.02[a]

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย Paired t test ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ แสดงผลดังตารางที่ 4.36 พบว่าข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีปริมาณความชื้นสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนฆ่าเชื้อ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 62.42 และ 50.32 ตามลำดับ และมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.95 อาจเกิดจากเมล็ดสตาร์ชในข้าวเกิดการพองตัว (Swelling) ในระหว่างการฆ่าเชื้อส่งผลให้มีการดูดซับน้ำจากซอสมากขึ้น จนเกิดกระบวนการเจลาติไนซ์เซชัน (Gelatinization) โดยปริมาณความชื้นในอาหารยังขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพคติน ไขมัน และโปรตีน (Troller and Christian, 1978) ซึ่งปริมาณโปรตีนก่อนและหลังฆ่าเชื้อคิดเป็นร้อยละ 4.15 และ 4.10 ตามลำดับ และปริมาณไขมันของข้าวผัดซอสกอและหลังฆ่าเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนฆ่าเชื้อ โดยมีค่าร้อยละ 5.98 และ 5.77 ตามลำดับ สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวผัดซอสกอและหลังฆ่าเชื้อและก่อนฆ่าเชื้อมีค่าร้อยละ 26.67 และ 39.01 ตามลำดับ และปริมาณเถ้าหลังฆ่าเชื้อและก่อนฆ่าเชื้อมีค่าร้อยละ 0.83 และ 0.80 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.37 ทั้งนี้ ข้าวผัดซอสกอและมีส่วนผสมของกะทิคิดเป็นร้อยละ 58.4 ของปริมาณซอส เมื่อกะทิได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้โปรตีนในกะทิเสียสภาพ (Protein denaturation) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของอิมัลชันในกะทิ (Hartati. *et al*, 2018) นอกจากนี้ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นโดยมีค่า 6.35 และก่อนฆ่าเชื้อมีค่า 6.07 ดังตารางที่ 4.37 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rajkumar. *et al*. (2010) ที่ทำการศึกษาคุณภาพของแกงไก่เจฏฏินาฑ (Chettinad style goat meat curry) ที่ผ่านกระบวนการรีทอร์ท ได้รายงานผลไว้ว่า ค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงในแนวทางเพิ่มเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยรีทอร์ท ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนประจุหรือพันธะไฮโดรเจนในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์

ข้าวผัดซอสกอและ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
ก่อนฆ่าเชื้อ	50.32±0.03[b]	0.93±0.00[a]
หลังฆ่าเชื้อ	62.42±0.01[a]	0.95±0.00[a]

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย Paired t test ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.37 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ข้าวผัดซอสกอและ	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	ความเป็นกรดด่าง
ก่อนฆ่าเชื้อ	4.15±0.04[a]	5.77±0.02[b]	39.01±0.07[a]	0.80±0.04[a]	6.07±0.01[b]
หลังฆ่าเชื้อ	4.10±0.01[a]	5.98±0.01[a]	26.67±0.02[b]	0.83±0.01[a]	6.35±0.01[a]

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย Paired t test ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสดังตารางที่ 4.38 พบว่าข้าวผัดซอสกอและหลังฆ่าเชื้อมีค่าความแข็ง (Hardness) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนฆ่าเชื้อโดยมีค่าเท่ากับ 3.04 และ 16.63 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) ที่มีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.1 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) มีค่าเท่ากับ 0.02 และ 0.06 ตามลำดับ จากงานวิจัยของ Waraporn and Prisana (2009) ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป พบว่าค่าความแข็งและค่าแรงบดเคี้ยวมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้น เมื่อค่าความชื้นเพิ่มขึ้นจะส่งให้ค่าความแข็งและค่าแรงบดเคี้ยวลดลง ดังนั้น กระบวนการฆ่าเชื้อจะส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนของเมล็ดสตาร์ชซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของข้าวถูกทำลาย ทำให้เกิดการดูดซึมน้ำและพองตัว โดยกระบวนการเกิดเจลาติไนเซชันของเมล็ดสตาร์ชส่งผลให้เกิดการขยายตัวของเมล็ดทั้งด้านตามยาวและขวาง เป็นผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness) และค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness) ลดลง (Leelayuthsoontorn, , and Thipayarat, 2006) ในขณะที่ ลักษณะเนื้อสัมผัสของโปรตีนเกษตรผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความแข็งก่อนและหลังฆ่าเชื้อคิดเป็น 4.76 และ 9.20 สำหรับค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหารก่อนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฆ่าเชื้อคิดเป็น 0.39 และ 0.45 และค่าแรงบดเคี้ยวก่อนและหลังฆ่าเชื้อคิดเป็น 0.38 และ 1.32 ตามลำดับ อาจเป็นไปได้ว่าโมเลกุลน้ำอิสระ (Free water) ซอสกอและที่เคลือบโปรตีนเกษตรเกิดการระเหย (Evaporation)

ตารางที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง		ค่าความแข็ง (Hardness)	ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร (Cohesiveness)	ค่าแรงบดเคี้ยว (Chewiness)
ข้าวผัด	ก่อนฆ่าเชื้อ	16.63±0.03[a]	0.10±0.01[a]	0.06±0.01[a]
	หลังฆ่าเชื้อ	3.04±0.01[b]	0.07±0.01[b]	0.02±0.01[b]
โปรตีนเกษตร	ก่อนฆ่าเชื้อ	4.76±0.01[b]	0.39±0.01[b]	0.38±0.01[b]
	หลังฆ่าเชื้อ	9.20±0.01[a]	0.45±0.01[a]	1.32±0.01[a]

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการวิเคราะห์ด้วย Paired t test ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการส่งตรวจการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ณ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส ตรวจไม่พบ Total plate count, Sulfide spoilage, Flat sour spoilage, Mesophilic anaerobes, Thermophilic anaerobes และ *Clostridium botulinum* แสดงผลการทดสอบดังภาคผนวก จ ซึ่งผลสอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 จึงแสดงให้เห็นว่าสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 66 นาที ที่ค่า F_0 เท่ากับ 5 เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์และเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ

4.6.3 การประเมินผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและทางประสาทสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ โดยสุ่มผู้ทดสอบจำนวน 100 คน แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.39 พบว่าการประเมินผลิตภัณฑ์ในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สีสันของผลิตภัณฑ์ กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับที่ชอบมาก โดยมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.54, 7.77, 7.65, 7.54, 7.74 และ 7.76 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสภาวะการฆ่าเชื้อนี้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและของผู้บริโภค

การประเมินผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
ลักษณะปรากฏ	7.54	0.96	ชอบมาก
สีสันของผลิตภัณฑ์	7.77	1.07	ชอบมาก
กลิ่น	7.65	1.23	ชอบมาก
รสชาติ	7.54	1.01	ชอบมาก
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.74	1.07	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.76	1.00	ชอบมาก

4.7 การคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวผัดซอสกอและบรรจุในภาชนะปิดสนิท

การคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวผัดซอสกอและบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยมีน้ำหนักสุทธิ 190 กรัม ประกอบด้วยน้ำหนักข้าวผัด 155 กรัม และน้ำหนักโปรตีนเกษตร 35 กรัม แสดงผลดังตารางที่ 4.38 โดยแบ่งเป็น ต้นทุนซอสกอและสำหรับผัดข้าว 5.0125 บาท/ถ้วย สารละลายสำหรับลวกข้าว 0.0096 บาท/ถ้วย ต้นทุนข้าว 2.5994 บาท/ถ้วย ซอสกอและสำหรับผัดโปรตีนเกษตร 2.2637 บาท/ถ้วย โปรตีนเกษตร 6.7200 บาท/ถ้วย และค่าบรรจุภัณฑ์ 5 บาทต่อถ้วย ดังนั้นข้าวผัดซอสกอและมีต้นทุนเท่ากับ 21.6025 บาท/ถ้วย โดยไม่รวมค่าการผลิต แสดงผลดังตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 ต้นทุนการผลิตข้าวผัดซอสกอและ

วัตถุดิบ	ปริมาณต่อ 1 ถ้วย (กรัม)	ราคาต่อ 1 ถ้วย (บาท)
ซอสกอและสำหรับผัดข้าว	77.5	5.0125
สารละลายสำหรับลวกข้าว	155	0.0096
ข้าวขาวตาแห้ง17	77.5	2.5994
ซอสกอและสำหรับผัดโปรตีนเกษตร	35	2.2637
โปรตีนเกษตร	35	6.7200
บรรจุภัณฑ์	-	5.0000
รวม		**21.6052**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกพันธุ์ข้าวจาก 3 พันธุ์ ได้แก่ ขาวตาแห้ง17 ปทุมธานี60 และข้าวลืมผัว พบว่าพันธุ์ขาวตาแห้ง17 มีคุณภาพที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและพร้อมรับประทาน เนื่องจากมีระดับอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (น้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส) จัดเป็นพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง มีระยะเวลาหุงต้มน้อย เมื่อหุงสุกแล้วมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและร่วน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของการแปรรูปเป็นข้าวผัด

การศึกษาขั้นตอนการเตรียมข้าวก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พบว่าการลวกข้าวที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 8 นาที ส่งผลให้เมล็ดข้าวสุกเรียว เมล็ดเต็ม และร่วน โดยมีระดับการเกิดเจลาติไนเซชันร้อยละ 68.76

การคัดเลือกสูตรซอสกอและจาก 3 สูตรแตกต่างกัน พบว่าสูตรที่ 2 ซึ่งมีส่วนผสมเป็นข้าวหอมมะลิมีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงสุด และมีปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่เติมข้าว

การคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับโปรตีนเกษตร พบว่าโปรตีนเกษตรที่ผัดรวมกับซอสกอและในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแต่ละสภาวะมีคะแนนความชอบจากผู้บริโภคจำนวน 30 คนไม่แตกต่างกัน จึงทำการเลือกอัตราส่วนโปรตีนเกษตรต่อซอสกอและที่ระดับ 1:1 ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและต่อไป เนื่องจาก ใช้ปริมาณซอสกอและน้อย ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตน้อยลง และผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวภายในเนื้ออาหาร ค่าแรงบดเคี้ยว ปริมาณความชื้น ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 สำหรับสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ผลลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาสเซลเซียส 15 นาที ส่งผลต่อค่าสีและค่าความเป็นกรดด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้สภาวะการฆ่าเชื้อจำเป็นต้องสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและ จึงเลือกสภาวะที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ในการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

การคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับข้าวผัดซอสกอและ เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ พบว่า อัตราส่วน 1:2 ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวผัดซอสกอและสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าอัตราส่วน 1:1 และยังมีผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยอัตราส่วนซอสกอและที่ระดับ 1:1 ส่งผลให้ข้าวผัดร่วน ปริมาณซอสถูกดูดซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวได้พอดี ไม่แฉะจนเกินไป จึงคัดเลือกอัตราส่วน 1:1 เป็นต้นแบบในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและ เมื่อพิจารณาสภาวะการฆ่าเชื้อทั้ง 3 ระดับ พบว่า สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที ให้ผลปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน แต่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน โดยที่ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความแข็งน้อยกว่าการฆ่าเชื้อที่สภาวะ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที กล่าวคือ ลักษณะเมล็ดข้าวผัวมีความนุ่มและร่วน และไม่แข็งจนเกินไป ในขณะที่สภาวะ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกสภาวะ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ใช้ในการทดสอบการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้พ่นน้ำ (Water spray retort) ในระดับอุตสาหกรรม การทดสอบขั้นยืนยันสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดซอสกอและระดับอุตสาหกรรม พบว่า อุณหภูมิการฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาการฆ่าเชื้อ 66 นาที ที่ระดับ F_0 เท่ากับ 5 เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์และเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 นอกจากนี้สภาวะการฆ่าเชื้อดังกล่าวไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ โดยได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคจำนวน 100 คน อยู่ในเกณฑ์ชอบมากในทุกด้าน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาให้นานมากกว่า 6 เดือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบพ่นน้ำ (Water spray retort) เก็บรักษาได้เป็นเวลานาน

2. เมื่อจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยควรจัดทำเลขทะเบียนอาหาร จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และฉลากโภชนาการ รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. **เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับกรด.** ประกาศ ณ วันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา. ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 24. 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติพงษ์ ตระกูลโชคอำนวย. 2558. “นวัตกรรมการผลิตข้าว การแปรรูปข้าวและการค้าข้าวในประเทศไทย.” *วารสารพัฒนาสังคม.* 17(2) : 51-67.

กองโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2544. **หอมแดง สรรพคุณ และการปลูกหอมแดง.** [Online]. Available: https://puechkaset.com/%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%94%E0%B8%87/

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2556. องค์ความรู้เรื่องข้าว (rice knowledge bank). [Online]. Available: http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=132.htm

ขจีรัตน์ ระรื่นรมย์. 2548. “ผลของส่วนผสมต่อโครงสร้างทางกายภาพและพันธะเคมีของเนื้อเทียมโปรตีนถั่วเหลือง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. **คุณภาพเมล็ดทางกายภาพและการแปรรูปเมล็ด**. ปทุมธานี : ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

งามชื่น คงเสรี. 2531. “คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.” หน้า 94-95. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมการปรับปรุงคุณภาพข้าว สำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี**. ปทุมธานี : ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

งามชื่น คงเสรี. 2546. **ข้าวและคุณภาพข้าว.** กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, เกรียงศักดิ์ พูนสุข, มยุรี หาญตระกูล และโสภณ เริงสำราญ. 2525. สมุนไพร; การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานวิจัย 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์ ประนอม มงคลบรรจง ลือชัย อารยะรังสฤษฏ์ งามชื่น คงเสรี และวิชัย หิรัญยูปกรณ์. 2543. “คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์.” *วารสารวิชาการเกษตร.* 18(2) : 164-169.

ณัฐวดี กุลสุสิริไพบูลย์. 2556. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ช่วยชะลอความชราที่มีสารสกัดจากข้าวลืมผัว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

ทวิพัฒน์ วิจิตรปัญญารักษ์. 2550. “การพัฒนากรรมวิธีผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุในรีทอร์ทเพาช์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2555. **การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธนวัฒน์ รุ่งวัฒนพงษ์. 2554. “ความสัมพันธ์ระหว่างแอนโธไซยานิน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพื้นเมือง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธำรงศักดิ์ สิงห์โตคำ นงลักษณ์ ตรงเมธีรัตน์ และวีณา จิรัจฉริยากุล. 2534. **สารที่ให้รสเผ็ดในพริกขี้หนู (สีแดง).** กรุงเทพฯ : คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธันยธรณ์ ปิยชัยเศรษฐ์. 2553. “สารให้กลิ่นในข้าวผัด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. **เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร.** กรุงเทพฯ : อมรการพิมพ์.

บุญหงส์ จงคิด. 2547. **ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต.** ปทุมธานี : ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประกายแก้ว โกมลตรี. 2555. “ผลของสารหมักเนื้อและเทคนิค Sous Vide ต่อคุณภาพของไก่กอและพร้อมบริโภค.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และเอกพงษ์ ชีวิตโสภณ. 2555. การพัฒนาเทคนิคมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตข้าวสารและข้าวแปรรูป. รายงานการวิจัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พชร พิริยาพร. 2558. “การผลิตซอสกอและ.” *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี.* 9(2).

พิพัฒน์กมล ชนะสิทธิ์. 2553. “การพัฒนาน้ำหมี่กรอบสำเร็จรูป.” วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ บัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พงษ์ธร ลีละยุทธสุนทร. 2547. “ผลของอุณหภูมิและความดันในการหุงข้าวต่อคุณภาพของข้าวหอมมะลิสุก.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

พลกฤษ์ วิมุกติพันธุ์. 2547. “การพัฒนาข้าวผัดแช่เยือกแข็ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพราเพ็ญ รัตนดี. 2555. “การใช้ประโยชน์ข้าวนึ่งกล้องจากข้าวเปลือกเริ่มงอกสำหรับผลิตข้าวผัดแช่เยือกแข็ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนี ศรีวรรณวิทย์. 2541. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปแช่เยือกแข็ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รมณีย์ เจ๊ะมะ. 2554. สูตรไก่กอและ. [Online]. Available: http://www.m-culture.in.th/album/view/95556/

ละมุน วิเศษ. 2555. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการหุงต้มของข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.* 17(1) : 172-180.

วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์. 2562. “การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิลาสินี ดีปญญา. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมี่ยงคำข้าวลืมผัว. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วิไล รังสาดทอง. 2552. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล.

วิไลลักษณ์ กมลธรรม. 2538. “ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2548. **โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 23-24.

สนทยา โสสนุย. 2540. “พริก Capsicums และประโยชน์ของสาร Capsaicin.” หน้า 1-11. ในโปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สุนันทา ทองทา. 2551. การพัฒนาข้าวขึ้นรูปกึ่งสำเร็จรูปเพื่ออาหารสุขภาพ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุนทร สีหะเนิน. 2556. สุดยอดข้าวไทย. กรุงเทพฯ : บริษัทข้าว. ซี. พี. จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตร. 2560. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559.** กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. **มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวไทย.** ประกาศ ณ วันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2560. ราชกิจจานุเบกษา. ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 134 ตอนพิเศษ 221 ง.

สำนักพิมพ์แสงแดด. 2561. ไก่กอและ. [Online]. Available: https://krua.co/recipe/%E0%B9%84%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0/

อมรรัตน์ จงสวัสดิ์วรกูล และลัดดา เหมาะสุวรรณ. 2545. “Evidence-based Maillard reaction: focusing on parenteral nutrition.” *วารสารโภชนบำบัด.* 13(1) : 3-11.

อริญา ลาภโคกสูง. 2555. “ผลของปริมาณอะมิโลสและโครงสร้างอะมิโลเพคตินในสตาร์ชข้าวพันธุ์ต่างๆต่อการเกิดแป้งทนต่อการย่อยของเอนไซม์ชนิดที่ 3.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อรุณี เชื้อแก้ว. 2551. “ผลของคุณสมบัติทางเคมี และเคมีกายภาพของข้าวผสมที่มีต่อคุณภาพการหุงสุก.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อินทิรา ลิจันทร์พร นันท์ชนก นันทะไชย ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ และภูรินทร์ อัครกุลธร. 2562. “การศึกษาสารประกอบฟีนอลิคและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดปทุมธานี.” *แก่นเกษตร.* 47(1) : 637-642.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. Method 390.15 (4.1.06). The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. USA.

Azeeze, M.A. and Shafi, M. 1996. Quality in Rice. Department of Agriculture. West. Pakistan Tech. Bull. 13 : 23.

Ball, C.O. and Olson, F.C.W. 1957. **Sterilization in Food Technology Theory, Practice and Calculation.** McGraw-Hill, New York.

Benzie, F.F. and Strain, J.J. 1999. “Ferric Reducing Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total Antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration.” *Methods in enzymology*. 299(2) : 15-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bett-Garder, K.T., Champagne, E.T., Ingram, D.A. and Mcclung, A.M. 2007. Influence of Water-to-Rice Ratio on Cooked Rice Flavor and Texture. *Cereal Chemistry.* 84(6) : 614-619

Cagampang, G.B., Perez, C.M. and Juliano, B.O. 1973. "A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rice." *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 24 : 1589-1594.

Chaing, B.Y. and Johnson, J.A. 1977. "Measurement of Total and Gelatinized Starch by Glucoamylase and O-toluidine Reagent." *Cereal Chemistry.* 54(3) : 429-435.

Chakkaravarthi, A., Lakshmi, S., Subramanian, R. and Hegde, V.M. 2008. Kinetics of Cooking Unsoaked and Presoaked Rice." *Journal of Food Engineering.* 84 : 181–186.

Champagne, E.T., Bett-Garbe,r K.L., Fitzgerald, M.A., Grimm, C.C., Lea, J., Ohtsudo, K., Jongdee, S., Xie, L., Bassiinello, P.Z., Resurreccion, A., Ahmed, R., Habibi, F. and Reinke, R. 2010. "Important Sensory Properties Differentiating Premium Rice Varieties." *Rice.* 3 : 270–281.

Chiang, P.Y. and Yeh, A.I. 2002. "Effect of Soaking on Wet-milling of Rice." *Journal of Cereal Science.* 35 : 85–94.

Claver, A.G., Arnedo-Andres, M.S., Abadia, J., Ortega, R.G. and Fernandez, A.A. 2006. "Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruits by Liquid Chromatography- Electrospray/ Time- of- Flight Mass Spectrometry." *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 54 : 9303-9311.

Eun, H.S., Won, K.M., and Hyun, K.J. **Method for Preparing Rice Coated by Vegetable Oil Method for Preparing Rice Porridge and Method for Preparing Retort Rice Porridge.** KR patent no. 101812100(B1). June 12, 2017.

Fellers, D.A., Mossman, A.P. and Suzuki, H. 1983. "Rice Stickiness II. Application of an Instron Method to ake Varietal Comparisons and to Study Modification of Milled Rice by Rice Hot-air Treament." *Cereal Chemistry.* 60 : 292-295

Hartati, Y., Priyanto, G., Yuliati, K., and Pambayun, R. 2018. "Effect of Temperature and Heating Time on Chemical and Proximate Characteristics of Laksan Sauce as a Palembang Traditional Food." *Pakistan Journal of Nutrition.* 17(2) : 64-70.

IBPGR-IRRI Rice Advisory Committee, and International Board for Plant Genetic Resources. 1980. **Descriptors for Rice, *Oryza Sativa* L.** Int. Rice Res. Inst.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

James, M.J. 2000. **Modern Food Microbiology.** Aspen Publishers. Gaithersburg, Maryland.

Juliano, B.O. 1971. "A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose." *Cereal Science Today.* 16 : 334-338,340,360.

Juliano, B.O. 1985. **Rice: Chemistry and Technology.** The American Association of Cereal Chemist. USA.

Juliano, B.O. and Vilareal, C.P. 1993. **Grain Quality Evaluation of World Rice.** International Rice Research Institute. Manila.

Larousse, J. and Brown, B.E. 1997. **Food Canning Technology.** New York : Wiley-VHC.

Leelayuthsoontorn, P. and Thipayarat, A. 2006. "Textural and Morphological Changes of Jasmine Rice Under Various Elevated Cooking Conditions." *Food Chemistry*. 96(4) : 606-613.

Liang, Y. **Instant Rice.** CN patent no. 101491315(A). Jan 27, 2008.

Lin, S., Huff, H.E. and Hsieh, F. 2000. "Texture and Chemical Characteristics of Soy Protein Meat Analog Extruded at High Moisture." *Journal of food science.* 65(2) : 264-269.

Ling L.C. and Julaino B.O. 1983. "Cooked Rice Aroma and 2-acetyl-1-pyrroline." *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 31 : 823-826.

Little, R.R., Hilder, G.B. and Dawson, E.H. 1958. "Differential Effect of Dilute Alkali on 25 Varieties of Milled White Rice." *Cereal Chemistry*. 35 : 111-126.

Marisa Jatupornpipat, Rosarin Rujananon, Arisara Khunprama and Aree Rittiboon. 2017. Effect of Thermal Process Methods on Chemical Composition, Color, and Antioxidant Properties of Ready to Eat Golek Chicken Product. In 7th International Science Congress, Royal University of Bhutan, Bhutan.

Martin, M. and Fitzgerald, M.A. 2002. "Proteins in Rice Grains Influence Cooking Properties." *Journal of Cereal Science.* 36 : 285-294.

Meilgaard, M.C., Civille, G.V., & Carr, B.T. 1999. Sensory Evaluation Techniques (3rd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003040729.

Min, B., Clung, A.M., and Chen, M.H. 2014. "Effects of Hydrothermal Processes on Antioxidants in Brown, Purple and Red Bran Whole Grain Rice (*Oryza sativa L.*)." *Food Chemistry.* 159 : 106–115.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nechifor, S., Socaciu, C., Zsila, F. and Britton, G. 2002. Structural State and Ordering of Carotenoids in Fruit: Investigation by Circular Dichroism. In Functionalities of Pigments in Food Lisbon (2nd International Congress on Pigments in Food, FECS event no. 258).

Perez, C.M., and Juliano, B.O. 1979. "Indicators of Eating Quality for Nonwaxy Rice." *Food Chemistry.* 4 : 185.

Pflug, I.J., Davidson, P.M. and Holcomb, R.G. 1981. "Incidence of Canned Food Spoilage at The Retial Level." *Journal of Food Protection.* 44 : 682-685.

Rajkumar, V., Dushyanthan, K., and Das, A.K. 2010. "Retort Pouch Processing of Chettinad Style Goat Meat Curry a Heritage Meat Product." *Journal of Food Science and Technology.* 47 : 372-379.

Ryusuke, N., Takashi, N., and Mitsuyoshi, T. **Production of Seasoned and Cooked Rice.** JP patent no. JPS6387951(A). Oct 2, 1986.

Seok, K.C. **Manufacturing Method of Retort Pouch.** KR patent no. 20160103708(A). Feb 25, 2015.

Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., and Beta, T. 2014. "Identification and Quantification of Phenolic Acids and Anthocyanins as Antioxidants in Bran, Embryo and Endosperm of White, Red and Black Rice Kernels (*Oryza sativa* L.)." *Journal of Cereal Science*. 59(2) : 211-218.

Shao, Y., Hu, Z., Yu, Y., Mou, R., Zhu, Z., and Beta, T. 2018. "Phenolic Acids, Anthocyanins, Proanthocyanidins, Antioxidant Activity, Minerals and Their Correlations in Non-Pigmented, Red, and Black Rice." *Food Chemistry*. 239 : 733-741.

Smith, R.J. 1979. **Food Carbohydrate.** The AVI Publishing. Westort, Connecticut.

Sodhi, N.S., Singh, N., Arora, M. and Singh, J. 2003. "Changes in Physico-Chemical, Thermal, Cooking and Textural Properties of Rice During Aging." *Journal of Food Processing and Preservation.* 27 : 387-400.

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

Troller, J.A., and Christian, J.H.B. 1978. **Water Activity and Food.** New York : Academic press.

USDA. 1982. **Rice inspection handbook.** FGIS, U.S Department of Agriculture, Washington DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Waraporn, P. and Prisana, S. 2009. “Optimization of Instant Jasmine Rice Process and Its Physicochemical Properties.” *Journal of Food Engineering.* 95 : 54–61.

Yu, L., Turner, M.S., Fitzgerald, M., Stokes, J.R., and Witt, T. 2017. “Review of The Effects of Different Processing Technologies on Cooked and Convenience Rice Quality.” *Trends in Food Science & Technology.* 59 : 124-138.

Zhang, H., Shao, Y., Bao, J., and Beta, T. (2015). “Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Breeding Lines Between The White and Black Rice.” *Food Chemistry*, 172 : 630-639.

Ziegler, V., Ferreira, C.D., Hoffmann, J.F., Chaves, F.C., Vanier, N.L., Oliveira, M.D., and Elias, M.C. 2018. “Cooking Quality Properties and Free and Bound Phenolics Content of Brown Black, and Rice Grains Stored at Different Temperatures for Six Months.” *Food chemistry*. (242) : 427-434.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก-1 การเตรียมตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีการของสุนันทา, 2551

1.1. นำข้าวตัวอย่าง บดเป็นแป้งโดยใช้กรรมวิธีการบดแห้งด้วยเครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill)

1.2. จากนั้นนำไปร่อนด้วยตระแกรงร่อน โดยผ่านตระแกรงร่อนขนาด mesh no. 20 และค้างอยู่บนตระแกรงร่อนขนาด mesh no. 40

1.3. เก็บแป้งข้าวที่ผลิตได้ในถุงพลาสติกปิดผนึกไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์และทดลองต่อไป

ก-2 การวิเคราะห์ความชื้น ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

2.1 อุปกรณ์

2.1.1. ตู้อบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส (Hot Air Oven)

2.1.2. เบ้าเคลือบ (Porcelain crucible)

2.1.3. โถดูดความชื้น (Desiccator)

2.2 วิธีการวิเคราะห์

2.2.1 นำเบ้าเคลือบอบความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

2.2.2 ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในเบ้าเคลือบอบความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (W_2)

2.2.3 อบเบ้าเคลือบอบความชื้นที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 3 มก. (W_3)

$$\text{ปริมาณร้อยละของความชื้น} = [\, W_2 - (W_2 - W_1) \times 100 \,] / W_2$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักของเบ้าเคลือบอบความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของเบ้าเคลือบอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3 การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300

3.1 วิธีการ Setting ค่า

กดปุ่ม Index Set แล้วกดปุ่ม วนขึ้นหน้าจอแล้วเลือกที่ Light Source C หรือ D 65 หลังจากนั้นกดปุ่ม Enter

3.2 วิธี Calibrate เครื่อง CR-300

3.2.1. กดปุ่ม Calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y...x...y และให้ใส่ค่าตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่ได้เลือกไว้ คือ C หรือ D 65 ตามค่าที่ให้มาตามแผ่น White plate เมื่อค่า Y...x...y ตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกแล้ว จึงนำหัววัดมาวางบนแผ่น White plate แล้วจึงกดปุ่ม measureไฟจะแฟลช 3 ครั้ง แสดงว่าเครื่องทำการ Calibrate เรียบร้อยแล้ว

3.2.2. กดปุ่ม Color Space select เพื่อให้หน้าจอขึ้นค่า L....a....b...เพื่อจะใช้ในการวัดสี

1) วิธีการวัดแบบทั่วไป

นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด หลังจากนั้นกดปุ่ม measure จะได้ค่าสี L,a,b

2) วิธีการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย

2.1) กดปุ่ม All data clear กด Enter เพื่อล้างข้อมูลเก่า

2.2) นำหัววัดวางบนสิ่งที่ต้องการวัด กดปุ่ม measure วัดครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 (อย่างน้อย 5 จุด)

2.3) กดปุ่ม statistical กด Enter เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) วิธีการวัดสี Standard และ Sample เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

3.1) กดปุ่ม Target Color Set แล้วนำหัววัดวางบนแผ่น Standard ที่ต้องการแล้วกดปุ่มวัดเพื่อวัดค่า L....a....b... ของ Standard

3.2) นำหัววัดมาวางบน Sample กดปุ่ม measure เพื่อทำการวัด ตัวอย่าง ซึ่งจะได้ค่า L, a, และ b ของ Standard

3.3) กดปุ่ม ABS/DIFF เพื่อทำการเปรียบเทียบ Standard กับ Sample ซึ่งหน้าจอจะปรากฏค่า

E = ..., L = ...

a = ..., b = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) ดัดแปลงวิธีการของ Dexter. *et al*., 1978 ; สุนันทา, 2551

4.1 หักตัวอย่างเมล็ดข้าวสารและเมล็ดข้าวขึ้นรูปตามแนวขวาง ติดลงบนแท่นติดตัวอย่าง (Stub)

4.2 จากนั้นทำการเคลือบตัวอย่างด้วยทองให้มีความหนาประมาณ 10 ไมครอนด้วยเครื่อง Sputter coated (Ion Sputtering Device JFC-110E, Japan)

4.3 นำไปทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (JSM-6400, LV, Jeol, Japan) โดยใช้ความเข้มข้นอิเลคตรอน 10kV ที่กำลังขยาย 1,500X แล้วบันทึกภาพ

ก-5 การวิเคราะห์การทดสอบคุณสมบัติลักษณะเนื้อสัมผัส ดัดแปลงวิธีการ Ziegler. *et al.,* 2018 ; ปานมนัส และคณะ, 2555

5.1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำกลั่นเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสุก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาหุงสุก

5.2. จากนั้นปิดฝาแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 6 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นเข้าสู่สมดุล คัดเลือกเมล็ดข้าวออกมาจำนวน 3 เมล็ดจากตัวอย่างข้าวสวยที่ชั่งไว้ 3 กรัม นำมาเรียงที่แท่นวัดในลักษณะ ||| นำไปวัดสมบัติทางเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer โดยใช้หัววัด cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ทำการวัดตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างละ 15 ซ้ำ โดยใช้สภาวะดังตารางที่ ก-1 พารามิเตอร์ที่ได้คือ Hardness, Cohesiveness, Chewiness, Adhesiveness

ตารางที่ ก-1 ค่าสภาวะในการวัดคุณสมบัติลักษณะเนื้อสัมผัส

สภาวะ	ค่าที่กำหนด
Pre-test speed	1 mm/sec
Test speed	0.5 mm/sec
Post-test speed	1 mm/sec
Target mode	Distance
Distance	ร้อยละ 90 strain
Trigger type	Auto (force)
Trigger force	5 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-6 การปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Series 3

6.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

6.1.1. ตัวอย่างต้องเป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุตัวอย่างในถ้วยตัวอย่างควรบรรจุตัวอย่างใส่ให้เต็มก้นถ้วยหากเป็นไปได้ แต่ถึงแม้ว่าจะบรรจุตัวอย่างไม่เต็มก้นถ้วยเครื่อง AquaLab ก็สามารถวัดค่าได้เที่ยงตรงเช่นกัน

6.1.2. อย่าใส่ตัวอย่างเกินครึ่งถ้วย เนื่องจากทำให้ตัวอย่างเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องได้

6.1.3. ขอบและภายนอกถ้วยใส่ตัวอย่างต้องสะอาด หากมีตัวอย่างเปื้อนภายนอกหรือที่ขอบถ้วยใส่ตัวอย่างต้องเช็ดออกด้วยกระดาษที่สะอาด เนื่องจากจะไปเปื้อนตัวเซนเซอร์ในเครื่องทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้

6.1.4. หากต้องอ่านค่าตัวอย่างเดิมซ้ำอีกครั้งให้ปิดฝาถ้วยใส่ตัวอย่างไว้เพื่อป้องกันน้ำระเหย ซึ่งอาจใช้แผ่นฟิล์มหรือฝาของถ้วยใส่ตัวอย่างปิดไว้ก็ได้

6.2 วิธีการวัดตัวอย่าง

6.2.1. บิดปุ่มจับลิ้นชักไปที่ OPEN/LOAD และดึงให้ลิ้นชักเปิดออก

6.2.2. วางตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในลิ้นชัก ตรวจดูว่าที่ขอบ ถ้วยใส่ตัวอย่างไม่มีคราบ

6.2.3. เลื่อนลิ้นชักปิดเบาๆ โดยเฉพาะตัวอย่างที่เป็นของเหลว เพราะจะกระเด็นได้

6.2.4. หมุนปุ่มจับลิ้นชักไปที่ READ หน้าจอต่อไปนี้จะปรากฏขึ้น

Chamber sealed
Measurement started

เป็นการเริ่มอ่านค่า ภายใน 40 วินาที ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ค่าแรกที่อ่านได้จะปรากฏบนจอ ซึ่งการอ่านค่าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของตัวอย่างและภายในเครื่องและคุณสมบัติอื่นๆของตัวอย่าง

6.3 การอ่านค่าของเครื่อง

เครื่อง AquaLab จะอ่านค่าเป็นรอบๆจนกระทั่งค่าที่อ่านได้ติดกัน 2 ค่าคลาดเคลื่อนห่างกันไม่เกิน 0.001 และเมื่ออ่านค่าเสร็จสิ้นเครื่องจะแสดงสัญญาณไฟกะพริบและเสียงเตือน (ขึ้นอยู่กับว่าได้ตั้งไว้หรือไม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

ข-1 การวัดพีเอช ด้วยเครื่อง Mettler Toledo Seven GO Pro

1.1 วิธีการ Setting

3.1.1 เตรียม Electrode โดยนำ Cap ที่ปิด Electrode ออก

3.1.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นซับด้วยกระดาษทิชชู

1.2 วิธีการ Calibrate Electrode

3.2.1 จุ่ม Electrode ใน Buffer 7 กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Cal

3.2.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น

3.2.3 ทำซ้ำข้อ 3.2.1 ด้วย Buffer 4.01 หรือ 9.21 แล้วกด Read

1.3 วิธีการวัดตัวอย่าง

3.3.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาณ 50 มล.

3.3.2 ปั่นผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่น เป็นเวลา 2 นาที

3.3.3 จุ่ม Electrode ในตัวอย่าง กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Read

3.3.4 รอให้เครื่องอ่านค่า √A

3.3.5 ล้าง Electrode ในน้ำกลั่นและเก็บใน Electrolyte แล้วซับด้วยกระดาษทิชชู

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (Apparent amylose) ดัดแปลงวิธีการของ Juliano, 1971 ; วิไลลักษณ์, 2538

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 ขวดแก้วพร้อมจุก (volumetric flask) ขนาด 100 มล.

2.2.2 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

2.2.3 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

2.2 สารละลายที่ใช้และวิธีเตรียม

2.2.1 เอธิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ร้อยละ 95

2.2.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 นอร์มอล (NaOH 40 กรัมใน 1 ล.)

2.2.3 กรดเกลเชียลแอซิติก (glacial acetic acid) 1 นอร์มอล (กรดเกลเชียลอะซิติก 60 มล./ล.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 โปเตโตอะไมโลสบริสุทธิ์ (potato amylose)

2.2.5 สารละลายไอโอดีน ชั่งไอโอดีน 0.2 กรัม และชั่งโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล.

2.3 วิธีวิเคราะห์

2.3.1 การละลายแป้ง ชั่งแป้ง 0.1 กรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มล.

2.3.2 ปิเปตเอทธิลแอลกอฮอล์ 1 มล. เติมลงในตัวอย่าง เขย่าเบาๆเพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก ระวังอย่าให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด

2.3.3 ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล เติมลงไป 9 มล. พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะตามผนังขวด

2.3.4 ต้มใน water bath นาน 10 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. เขย่าขวดตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

2.3.5 ปิเปตสารละลายแป้งจำนวน 5 มล. ลงในขวดแก้วขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มล.

2.3.6 เติมกรดเกลเชียลอะซิติก 1 นอร์มอล 1 มล. แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล.

2.3.7 เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 100 มล. เขย่าและตั้งทิ้งไว้นาน 10 นาที

2.3.8 ทำเช่นเดียวกับข้อ 2.3.5-2.3.7 แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นแบลงค์ (blank)

2.3.9 วัดความเข้มข้นของสีของสารละลาย โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร

2.3.10 เตรียมกราฟมาตรฐาน ชั่งโปเตโตอะไมโลส 0.04 กรัม ใส่ในขวดแก้วมีจุกขนาด 100 มล. แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1 เป็นสารละลายมาตรฐาน

2.3.11 ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 3, และ 4 มล. ใส่ในขวดแก้วขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มล.

2.3.12 เติมกรดเกลเชียลอะซิติก 1 นอร์มอล ปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6, และ 0.8 มล. ลงในขวดแก้วที่มี่สารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 มล.

2.3.13 วัดค่าการดูดกลืนแสง และเขียนกราฟระหว่างปริมาณอะไมโลสและค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

3.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40

3.3 สารละลายกรดบอริกร้อยละ 4

3.4 Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา)

3.5 สารละลายอินดิเคเตอร์ (Mix indicator) เตรียมโดยผสม Bromocresol green ร้อยละ 0.1 ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มล. กับ Methyl red ร้อยละ 0.1 ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 2 มล.

3.6 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N

3.7 อุปกรณ์การย่อย (digestion unit)

3.8 อุปกรณ์การกลั่น (distillation unit)

3.9 อุปกรณ์ไทเตรท (titration unit)

3.2 วิธีวิเคราะห์

3.2.1 ขั้นตอนการย่อย

3.2.1.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในหลอดย่อย

3.2.1.2 ใส่คะตะลิสต์ลงไปประมาณ 5 กรัม

3.2.1.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไปประมาณ 20-25 มล.

3.2.1.4 เปิดเครื่องย่อยแล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน

3.2.1.5 กดปุ่ม start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียสแล้ว ทำการย่อยต่อไปอีก 2 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส จากนั้นยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น

3.2.1.6 ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่

3.2.2 ขั้นตอนการกลั่น

3.2.2.1 เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเซ็ทระบบการทำงานของเครื่องกลั่น จากนั้นเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยน้ำกลั่น

3.2.2.2 ตวงสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ซึ่งจะทำให้กลายเป็นสารละลายสีชมพูอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายกรอบอริกไว้บริเวณ Plateform ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก

3.2.2.4 ปิด Safety door ทำการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 4 นาที

3.2.2.5 เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง

3.2.3 ขั้นตอนการไทเตรท

3.2.3.1 นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

3.2.3.2 คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

ร้อยละไนโตรเจน = [(ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ไทเตรท – ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ไทเตรท Blank) / น้ำหนักตัวอย่าง] × 0.1 × 0.014 × 100

ร้อยละโปรตีน = ร้อยละไนโตรเจน × Conversion factor

ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Crude Fat) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

4.1 สารเคมีและอุปกรณ์

4.1.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

4.1.2 ชุดอุปกรณ์ สกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)

4.1.3 Fat Extraction thimble

4.1.4 Drying Oven

4.2 วิธีวิเคราะห์

4.2.1 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นแล้ว โดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน (W1)

4.2.2 นำตัวอย่างใส่ในกระดาษกรองแล้วห่อให้เรียบร้อยนำใส่ลงไปในทิมเบอร์ (Timber)

4.2.3 นำทิมเบอร์ใส่ชุดกลั่นซอห์กเลท

4.2.4 เติมปิโตเลียมอีเทอร์ประมาณ 160 มล. ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มล. ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W2)

4.2.5 เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นก่อนทำการสกัดประมาณ 30 นาที ตั้งอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เปิดเตาหลุมให้ความร้อนตั้งระดับความร้อนที่ระดับ 4-5 ทำการสกัดไขมัน 3 ชั่วโมง

4.2.6 เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้ปิดเตาหลุมให้ความร้อน และระเหยปิโตเลียมอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง

4.2.7 นำขวดก้นกลมอบต่อในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 คำนวณปริมาณร้อยละของไขมัน ดังสมการ

ปริมาณร้อยละของไขมัน = (W2 – W1) x 100 / W1

โดยที่ W1 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W2 = น้ำหนักของขวดก้นกลม (กรัม)

W3 = น้ำหนักของขวดก้นกลมที่มีไขมัน (กรัม)

ข-5 การวิเคราะห์เถ้า (Total ash) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 เตาเผาความร้อนสูง 500 องศาเซลเซียส (Muffle furnace)

5.1.2 เบ้าเคลือบ (Porcelain crucible)

5.1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

5.2 วิธีวิเคราะห์

5.2.1 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 2-5 กรัม ใส่ใน Crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปเผาใน hood หมดควัน (ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวให้นำไปทำให้แห้งบนหม้อต้มน้ำปรับอุณหภูมิได้ก่อนแล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 500 องศาเซลเซียสจนเป็นสีขาว ประมาณ 3-4 ชั่วโมง)

5.2.2 นำไปทำเย็นใน desiccators แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือเป็นน้ำหนักของแร่ธาตุหรือเถ้า แล้วคำนวณเป็นร้อยละ

ร้อยละเถ้าในอาหาร = (b – a) x 100 / w

a = น้ำหนัก crucible

b = น้ำหนัก crucible + น้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

ข-6 การวิเคราะห์เส้นใยหยาบ (Crude Fiber) ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

6.1 สารเคมีและอุปกรณ์

6.1.1 กรด H_2SO_4 ร้อยละ 1.25 หรือ 0.255 N

6.1.2 KOH ร้อยละ 1.25 หรือ 0.313 N

6.1.3 N-octanol ใช้เป็น Actifoam

6.1.4 เครื่องมือชุดวิเคราะห์ Crude fiber (เครื่อง FIWE)

6.2 วิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1 ช่างตัวอย่างอาหารที่ผ่านการวิเคราะห์ไขมันเสร็จแล้วใส่ในถ้วยแก้วช่างให้ได้น้ำหนักของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (สูงประมาณ 1 มม.)

6.2.2 เติมร้อยละ 1.25 H_2SO_4 ที่ต้มให้ร้อนก่อนจนถึงระดับ 150 มม.

6.2.3 เติม 3-5 หยด ของ N-octanol

6.2.4 ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

6.2.5 เปิดลิ้นไปที่ Vacuum เพื่อระบายกรด H_2SO_4

6.2.6 ล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อนๆครั้งละ 30 มล. (ในการล้างแต่ละครั้งให้เปิดลิ้นไปที่ pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด)

6.2.7 หลังจากปล่อยน้ำครั้งสุดท้ายออกจนหมดแล้ว เติม KOH ร้อยละ 1.25 ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงไป 150 มล. พร้อมกับ 3-5 หยดของ N-octanol

6.2.8 ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

6.2.9 ทำซ้ำขั้นตอน 6.2.5 และ 6.2.6

6.2.10 ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง แล้วล้างอีก 3 ครั้งด้วย Acetone 25 มล. เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง

6.2.11 ทำให้แห้งโดยอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่ ค่านี้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า (ash)

6.2.12 หากต้องการหาปริมาณของเถ้า ให้เถ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักของเถ้า เมื่อนำไปหักออกจากข้อ 6.2.11 จะได้น้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

6.2.13 คำนวณหาร้อยละของเส้นใยหยาบ = (น้ำหนักเส้นใยหยาบ×100)/น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

สรุปขั้นตอน

1. นำตัวอย่างหนัก 1 กรัมสูงประมาณ 1 มม. ใส่ในถ้วยแก้วและชั่ง (F0)
2. นำถ้วยแก้วลงใส่ในเครื่อง
3. เติมกรด H_2SO_4 ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงในท่อแก้ว condenser
4. หยด 3-5 หยด antifoam ต้มให้เดือด 30 นาที
5. กรองเอาสารละลายออกล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อน
6. เติม KOH ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงในท่อแก้ว
7. หยด 3-5 หยด antifoam ต้มให้เดือด 30 นาที
8. กรองสารละลายออกล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ล้าง 1 ครั้งด้วยน้ำกลั่นเย็น
10. ล้าง 3 ครั้งด้วย acetone
11. ทำให้แห้งด้วย 105 องศาเซลเซียสในเวลา 1 ชั่วโมง
12. ชั่งน้ำหนัก (F1)
13. เผาต่อไปที่ 500 องศาเซลเซียสใช้เวลา 3 ชั่วโมง
14. ชั่งน้ำหนักของเถ้า (F2)
15. คำนวณหา ร้อยละเส้นใยหยาบ จากสูตร (F1-F2)/F0×100

ข-7 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดัดแปลงวิธีการของ AOAC, 2000

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบว่า ร้อยละความชื้น ร้อยละโปรตีน ร้อยละไขมัน ร้อยละเถ้า และร้อยละเส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ร้อยละความชื้น + ร้อยละโปรตีน + ร้อยละไขมัน + ร้อยละเถ้า + ร้อยละเส้นใย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

ค-1 การวิเคราะห์การสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) ดัดแปลงวิธีการของ Juliano. *et al.*, 1985 ; Little. *et al*., 1958 ; วิไลลักษณ์, 2538

1.1 เครื่องมือ

1.1.1 กล่องพลาสติก (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.5 ซม.

1.2 สารละลายที่ใช้และการเตรียม

1.2.1 สารละลายโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.7± 0.05 (19.45 กรัมของเกร็ด KOH ร้อยละ 87) ละลายในน้ำต้มที่เย็น 1000 มล. (น้ำต้มที่ต้มให้เดือดแล้วทิ้งให้เย็น โดยปิดฝามิให้อากาศเข้าและนำมาใช้ทันที) เก็บสารละลายนี้นาน 24 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อยหรือ

a) Stock solution ละลายเกร็ด KOH ร้อยละ 87 จำนวน 588.2 กรัมในน้ำกลั่น (ต้มแล้วทิ้งไว้ให้เย็น) แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มล. เก็บไว้สำหรับเจือจางต่อไป

b) working solution นำ stock solution 33 มล. เจือจางให้ได้ 1000 มล. ตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโดยวิธี titration กับ potassium hydrogen phthalate โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator

1.3 วิธีวิเคราะห์

1.3.1 สุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 25 เมล็ด ใส่ในกล่องพลาสติก (รวม 100 เมล็ด 4 ซ้ำ)

1.3.2 วางกล่องบนพื้นสีเข้ม (เพื่อช่วยประเมินค่าชัดเจนขึ้น)

1.3.3 เติมสารละลาย KOH ร้อยละ 1.7 ประมาณ 50 มล. (ให้ข้าวสารทั้งเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย) ปิดฝา

1.3.4 ตั้งทิ้งไว้ 23 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (ระวังอย่าขยับกล่องหรือทำให้เมล็ดข้าวสารขยับเขยื้อน)

1.3.5 อ่านค่าการสลายของเมล็ด ดังตารางที่ ค-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

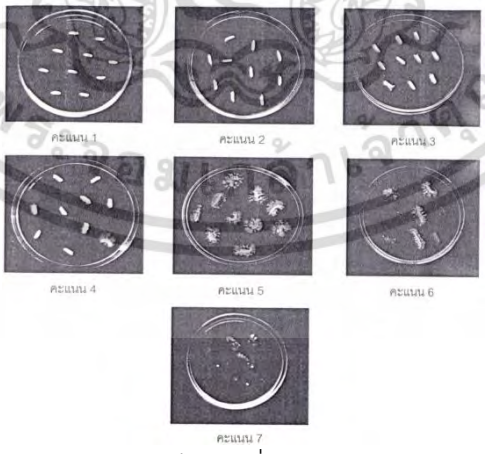
ตารางที่ ค-1 ค่าการสลายของเมล็ด

คะแนน	ลักษณะการสลายของเมล็ด
1	เมล็ดไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด แต่ไม่โดยรอบหรือแคบ ยังเห็นโครงเมล็ด
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด โดยรอบและกว้าง ไม่เห็นโครงเมล็ด
5	เมล็ดแตกปริทางขวาหรือทางยาว แป้งกระจายออกโดยรอบและกว้าง เมล็ดแยกออกจากกัน
6	เมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมา ยังเห็นเนื้อเมล็ดข้าว
7	เมล็ดสลายจนหมด แป้งใส

1.3.6 การประเมินค่า ดังตารางที่ ค-2

ตารางที่ ค-2 การประเมินค่าการสลายเมล็ดในด่าง

ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali spreading value)	ระดับอุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature)	อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)
1-3	สูง	สูงกว่า 74
4-5	ปานกลาง	70-74
6-7	ต่ำ	ต่ำกว่า 70



รูปที่ ค-1 ลักษณะเมล็ดข้าวที่สลายตัวในสารละลายเบส

ที่มา: อรอนงค์, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2 การวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) ดัดแปลงวิธีการของ Cagampang. *et al.,* 2010 ; Juliano, *et al*., 1985 ; วิไลลักษณ์, 2538

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องปั่นผสมของเหลวในหลอดทดลอง (test tube mixture)

2.1.2 หม้อต้มน้ำ

2.1.3 เครื่องชั่ง

2.1.4 หลอดแก้วขนาด 13 x 100 มม. (pyrex No. 9820)

2.1.5 เครื่องบดเมล็ดข้าว Wig L Bug Amalgamator หรือ cyclone sample mill ที่ติดตะแกรงที่มีรูเปิด 0.4 มม. หรือเครื่องบดที่บดได้ละเอียด 100 เมช

2.2 สารเคมี

2.2.1 ethanol ร้อยละ 95 โดยปริมาตร ที่ละลาย thymol blue ร้อยละ 0.025

2.2.2 0.20 N KOH ละลาย 12.88 กรัม KOH (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 87) ใน 1000 มล.

2.3 วิธีวิเคราะห์

2.3.1 บดเมล็ดข้าว 8-10 เมล็ด โดยเครื่อง wig L Bug Amalgamator นาน 1 นาที หรือบดด้วย cyclone sample mill ที่มีตะแกรงขนาด 0.25 มม.

2.3.2 ชั่งแป้งที่บดได้ 100±1 มก. (ที่ความชื้นร้อยละ 12) ใส่ในหลอดแก้วขนาด 13 x 100 มม.

2.3.3 เติม ethanol ร้อยละ 95 ที่ละลาย thymol blue ร้อยละ 0.025 ปริมาณ 0.2 มล.

2.3.4 เติม 0.2 N KOH ปริมาณ 2 มล.

2.3.5 ปั่นของเหลวในหลอดนาน 2-3 นาที ด้วย test tube mixer เพื่อให้แป้งลอยตัว

2.3.6 ต้มหลอดแก้วในน้ำเดือดพล่านทันที ปิดหลอดด้วยลูกแก้ว ต้มนาน 8 นาที (ต้มทีละหลอดตามลำดับ)

2.3.7 เมื่อครบ 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือด

2.3.8 ปั่นบน test tube mixer เพื่อให้น้ำแป้งเข้ากันทั่วถึง

2.3.9 ทำให้แป้งเย็น โดยแช่หลอดทดลองในน้ำเย็นจัดนาน 20 นาที

2.3.1. วางหลอดแป้งในแนวนอน นาน 30 นาที บนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียด 1 มม.

2.3.11 อ่านระยะที่แป้งสุกไหลไป โดยเทียบกับกระดาษกราฟ

2.3.12 การประเมินประเภทข้าว ดังตารางที่ ค-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 การประเมินประเภทข้าว

ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)	ความคงตัวของแป้งสุก
25-40	แข็ง
41-60	ปานกลาง
61-100	อ่อน

2.3.13 ข้อควรระวัง

2.3.13.1 หม้อน้ำจะต้องเดือดพล่าน หากเดือดไม่รุนแรงจะเกิดการนอนก้นของแป้ง

2.3.13.2 เมื่อนำหลอดทดลองบรรจุน้ำแป้งลงต้ม ต้องแน่ใจว่าแป้งไม่นอนก้นหลอด

2.3.13.3 ระดับน้ำของหม้อต้มน้ำต้องพอเหมาะ มิฉะนั้นแป้งจะเดือดล้นหลอดแก้ว

ค-3 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking) ดัดแปลงวิธีการของ วิไลลักษณ์, 2538

3.1 เลือกข้าวเต็มเมล็ด จำนวน 20 เมล็ด

3.2 สุ่มข้าวสารจาก 20 เมล็ด มาจำนวน 10 เมล็ด แล้วนำไปวัดความยาวของเมล็ดข้าวสารด้วยเครื่องขยายภาพ หรือเวอร์เนีย

3.3 นำข้าวสารทั้ง 20 เมล็ด มาแช่น้ำกลั่นนาน 30 นาที

3.4 นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 10 นาที แล้วนำขึ้นมาเทข้าวใส่ใน plate ที่มีกระดาษกรอง

3.5 เขี่ยหาเมล็ดข้าวสุกที่ดีคือเมล็ดที่ไม่งอและไม่หัก จำนวน 10 เมล็ด นำไปวัดความยาวของเมล็ดข้าวสุกด้วยเครื่องขยายภาพ หรือเวอร์เนีย

3.6 คำนวณหาค่าของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก

อัตราการยืดตัวของข้าวสุก = ความยาวรวมของเมล็ดข้าวสุก 10 เมล็ด/ ความยาวรวมของเมล็ดข้าวสาร 10 เมล็ด

ค-4 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการหุงต้ม (Cooking time) ดัดแปลงวิธีการของ Azeeze and Shafi, 1996 ; วิไลลักษณ์, 2538

4.1 วิธีวิเคราะห์

4.1.1 ต้มน้ำปริมาณพอสมควร เทข้าวประมาณ 10 กรัมลงในน้ำเดือด

4.1.2 ใช้ตะแกรงตักข้าว หลังจากต้มข้าวนาน 10 นาที ขึ้นจากน้ำเดือด

4.1.3 นับเมล็ดข้าว 10 เมล็ดบนแผ่นแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ใช้แผ่นแก้วอีกแผ่นกดเมล็ดข้าว ข้าวที่สุกจะไม่มีจุดไตขุ่นขาวเหลืออยู่ ทำเช่นนี้ ทุก ๆ นาทีจนกว่า ร้อยละ 80 ของเมล็ดข้าวไม่ปรากฏจุดขุ่นขาว เวลาที่ต้มข้าวคือ ระยะเวลาที่ต้องการเพื่อต้มข้าวให้สุก

ค-5 การหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม ดัดแปลงวิธีการของ Sodhi. *et al*., 2003 ; สุนันทา, 2551

5.1 ชั่งตัวอย่างให้มีน้ำหนักที่ทราบแน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ในกระป๋องโลหะเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 ซม.

5.2 เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาณมากเกินพอ นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสุก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการหุงต้ม

5.3 จากนั้นนำตัวอย่างไปลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในอ่างน้ำแข็ง แล้วพักบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ

5.4 เทใส่กระดาษชำระทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 ชั่วโมง

5.5 ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้ม ดังสมการ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม (ร้อยละ) = ((น้ำหนักหลังต้ม-น้ำหนักก่อนต้ม) x 100)/น้ำหนักก่อนต้ม

ค-6 การวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาทิไนเซชัน (Degree of gelatinization, DG) ดัดแปลงวิธีการของสุนันทา, 2554 ; Chaing and Johnson, 1977

6.1 เตรียมตัวอย่างแป้งข้าวที่เกิดเจลาทิไนเซชันอย่างสมบูรณ์ (Totally gelatinization sample) โดยนำสารละลายแป้งที่ไม่ผ่านการแปรรูปที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 โดย น.น. เข้าเครื่องออโตเคลป (Autoclave, HA-300MN, Hirayama, Japan) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

6.2 จากนั้นเติมสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ลงในสารละลายแป้งที่ได้ ปริมาตร 3 เท่าของสารละลายแป้งทั้งหมด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วสูง และทำการกรองสารละลายแป้งและล้างซ้ำอีก 2 ครั้งด้วยสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ จากนั้นทำให้แห้งในตู้ดูดความชื้น บดตัวอย่างและร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด mesh No.80 เรียกตัวอย่างที่ได้นี้ว่า แป้งข้าวที่เจลาติไนซ์สมบูรณ์ (Totally gelatinization sample)

6.3 ชั่งตัวอย่างแป้งที่ผ่านการให้ความร้อน 20 มก. ลงในหลอดเซนทริฟิวขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 มล.

6.4 สำหรับแป้งข้าวที่เจลาติไนซ์สมบูรณ์ ชั่งน้ำหนัก 20 มก. และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 มล.

6.5. นำตัวอย่างจากข้อ 6.3 และ 6.4 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 1 มล. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

6.6 เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 1 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 เติมสารละลายเอนไซม์ Amyloglucosidase (Sigma No.A-7095) ที่ละลายในบัฟเฟอร์อะซิเตท pH 4.5 (เอนไซม์ Amyloglucosidase 10 ไมโครลิตรต่อสารละลายบัฟเฟอร์อะซิเตท 25 มล.) ปริมาตร 25 มล. ลงในหลอดเซนทริฟิวที่มีตัวอย่างแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนและตัวอย่างแป้งข้าวที่เจลาติไนซ์สมบูรณ์

6.8 จากนั้นนำไปบ่มที่อ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียสพร้อมเขย่าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 60 นาที

6.9 เมื่อครบเวลาที่ 30 และ 60 นาที ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มล. ลงในหลอดเซนทริฟิวที่มีกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 25 โดยปริมาตร ปริมาณ 0.4 มล.

6.10 นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนทริฟิว ที่ความเร็ว 12500 rpm เป็นเวลา 5 นาที และปิเปตสารละลายส่วนใส 0.25 มล.

6.11 เติมสารละลาย *o*-toluidine ปริมาตร 2.25 มล. และนำไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส

6.12 ทำให้เย็นและเติมกรดอะซิติกเข้มข้นปริมาตร 2.5 มล. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์

6.13 คำนวณ DG ตามสมการ

$$Y = [100(B-k)]/(A-k) \; ; \; k = [A(C-B)]/(A-2B+C)$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง total gelatinization

B = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่ผ่านการย่อย 30 นาที

C = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่ผ่านการย่อย 60 นาที

k = ค่าการดูดกลืนแสงของ intact sample ร้อยละ 1 ที่ผ่านการย่อย 30 นาที

Y = ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ของตัวอย่าง (ร้อยละ)

ค-7 ความสามารถในการอุ้มน้ำและละลายน้ำ (Water absorption index (WAI), Water solubility index (WSI)) ดัดแปลงวิธีการของกล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546; สุนันทา, 2551

7.1 ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (คิดต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) ลงในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว)

7.2 เติมน้ำกลั่นลงในหลอดปริมาตร 6 มล. ผสมให้เข้ากัน จากนั้นแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 174 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 นำตัวอย่างมาเหวี่ยงแยกส่วนใสออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็ว 2,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใส (Supernatant) ที่ได้ลงในจานระเหยที่ทราบน้ำหนักแล้ว และชั่งน้ำหนักส่วนใสก่อนทำการระเหยจนแห้ง

7.4 ส่วนตะกอนแป้งที่ก้นหลอดให้นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการหาความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง

7.5 ระเหยส่วนใสบนอ่างน้ำเดือดจนแห้งและจึงนำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำจานระเหยเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนที่สามารถละลายได้ ดังสมการต่อไปนี้

Water absorption index (WAI, กรัม/กรัม) คือกำลังการพองตัว

WAI = น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการปั่นเหวี่ยง/น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น

Water solubility index (ร้อยละ WSI) คือความสามารถในการละลายน้ำ

ร้อยละ WSI = (น้ำหนักส่วนใสหลังระเหยแห้ง/น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น) X 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

ง-1 การสกัดสารตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2018 ; Shao. *et al.,* 2014 ; Zhang. *et al*., 2015

1.1 นำแป้งข้าว 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ปริมาตร 20 มล. (อัตราส่วนแป้งข้าวต่อตัวทำละลาย เป็น 1:20)

1.2 เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

1.3 นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่สภาวะ 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.4 จากนั้น ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 1.5 – 2.0 ด้วย HCl

1.5 นำสารละลายส่วนใส (Supernatant) ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่ 37 องศาเซลเซียส

1.6 นำสารสกัดเข้มข้นที่ได้ละลายด้วยเมทานอลร้อยละ 50 ปริมาตร 5 มล. เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ง-2 การวิเคราะห์ฟีนอลิกรวม (total phenolic) ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2018 ; Shao. *et al.,* 2014

2.1 การเตรียมสารเคมี

2.1.1 สารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 เตรียมโดยการตวง Folin-Ciocaltea reagent ปริมาตร 10 มล. ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

2.1.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 เตรียมโดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตน้ำหนัก 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1. นำ 200 ไมโครลิตร สารสกัดที่เจือจางแล้ว เติม 1.5 มล. ของ Folin-ciocalteu reagent

2.2.2 จากนั้นเติม 1.5 มล. ของโซเดียมคาร์บอเนต

2.2.3 ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืด

2.2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, และ 100 µg/l ดังตารางที่ ง-1 ทำตามขั้นตอน 1-4 เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ง-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้นสารละลายกรดแกลลิก (ไมโครกรัม/มล.)	**ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มล.**	**น้ำกลั่น (มล.)**
0	0	10
20	2	8
40	4	6
60	6	4
80	8	2
100	10	0

ง-3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ดัดแปลงวิธีการของ Shao. *et al.,* 2014 ; Zhang. *et al*., 2015

3.1 การเตรียมสารเคมี

3.1.1 เตรียม DPPH ความเข้มข้น 60 µM เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

3.2 วิธีวิเคราะห์

3.2.1 200 ไมโครลิตรของสารสกัด เติมสารละลาย DPPH 3.8 มล.

3.2.2 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที ที่มืด

3.2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm

3.2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, และ 100 µg/l แล้วทำตามข้อ 3.2.1-3.2.3

3.2.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปแทนค่าในสูตรการต้านออกซิเดชัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ดังนี้ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (ร้อยละ) = $[(Ao - Ae) / Ao] \times 100$

โดย *Ao* คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไม่เติมสารสกัดตัวอย่าง

Ae คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเติมสารสกัดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ดัดแปลงวิธีการของ Benzie and Strain, 1999

4.1 การเตรียมสารละลาย

4.1.1 เตรียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ พีเอช 3.6 ชั่งโซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate.3H_2O) 3.1 กรัม ละลายกับกรดอะซิติก 16 มล. จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.1.2 เตรียมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ชั่งกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 11 โมลาร์ 1.46 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.1.3 เตรียมสารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ชั่ง TPTZ 0.031 กรัม ละลายด้วยกรดไอโดรคลอริกความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ โดยเตรียมใน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

4.1.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Ferrous sulphate โดยมีความเข้มข้นเริ่มต้น 1 มิลลิโมลาร์ จากนั้นเจือจางให้ได้ความเข้มข้นดังตารางที่ ง-2

ตารางที่ ง-2 การเตรียมสารละลาย $FeSO_4.7H_20$

ความเข้มข้น (mM)	สารละลาย $FeSO_4.7H_20$ (mL)	น้ำกลั่น (mL)
0.1	1	9
0.2	2	8
0.4	4	6
0.6	6	4
0.8	8	2
1.0	10	0

4.2 วิธีวิเคราะห์

4.2.1 เตรียม Working reagent ที่ประกอบด้วย อะซิเตตบัฟเฟอร์ 25 มล. ผสมกับสารละลาย TPTZ 2.5 มล. และ $FeCl_3.6H_2O$ 2.5 มล.

4.2.2 นำสารสกัดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ผสมกับ Working reagent 6 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

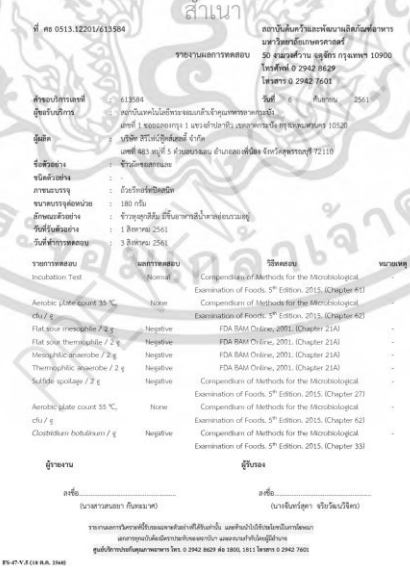
4.2.3 เปรียบเทียบค่า OD ที่ได้กับกราฟมาตรฐาน $FeSO_4.7H_20$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ณ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้ จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 35 องศาเซลเซียส (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)) จุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 55 องศาเซลเซียส (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)) Sulfide spoilage (Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)) Flat sour mesophile (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)) Flat sour thermophile (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)) Mesophilic anaerobe (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)) Thermophilic anaerobe (FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)) *Clostridium botulinum* (APHA 2001, Chapter 33) และ Incubation test (APHA 2001, Chapter 61) ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบพ่นน้ำ (Water Spray Retort) โดยวิเคราะห์ทันทีหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ แสดงผลดังรูปที่ จ-1 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน แสดงผลดังรูปที่ จ-2



ที่ ศธ 0513.122(1)/613584

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629
โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

เลขที่ตัวอย่าง	: 613584	วันที่ 6 กันยายน 2561
ผู้ขอรับบริการ	: กรุงเทพโปรดักส์ จำกัด (มหาชน)	
	เลขที่ 1 ซอยถนอมกรุง 1 แขวงตำบลวัดราชบพิธ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10520	
ผู้ผลิต	: บริษัท สิริโฟร์ฟู้ดส์ จำกัด	
	เลขที่ 463 หมู่ที่ 5 ตำบลบางสมัคร อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี 72110	
ชื่อตัวอย่าง	: ข้าวผัดซอสกอและ	
ชนิดตัวอย่าง	: -	
ภาชนะบรรจุ	: ถ้วยพลาสติกปิดฟิล์ม	
ขนาดบรรจุต่อหน่วย	: 180 กรัม	
ลักษณะตัวอย่าง	: ข้าวหุงสุกสีส้ม มีชิ้นอาหารทั่วหลังอบร่วมอยู่	
วันที่รับตัวอย่าง	: 1 กันยายน 2561	
วันที่ทำการทดสอบ	: 3 กันยายน 2561	

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Incubation Test	Normal	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 61)	-
Aerobic plate count 35 ℃, cfu / g	None	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)	-
Flat sour mesophile / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Flat sour thermophile / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Mesophilic anaerobe / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Thermophilic anaerobe / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Sulfide spoilage / 2 g	Negative	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 27)	-
Aerobic plate count 55 ℃, cfu / g	None	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)	-
Clostridium botulinum / g	Negative	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 33)	-

ผู้รายงาน ลงชื่อ..... (นางสาวสมยอา กิ่นกลม/หา)

ผู้รับรอง ลงชื่อ..... (นายจันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร)

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารฉบับนี้จะมีความสมบูรณ์ต่อเมื่อมีการประทับตราบริษัท และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ

ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร โทร. 0 2942 8629 ต่อ 1800, 1811 โทรสาร 0 2942 7601

FS-47-V.3 (10 ธ.ค. 2560)

รูปที่ จ-1 ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเก็บรักษาที่ระยะเวลาเริ่มต้น (0 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเนา

ที่ ศธ 0513.12201/621462

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่ : 621462 **วันที่** 27 กุมภาพันธ์ 2562
ผู้ขอรับบริการ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ผู้ผลิต : บริษัท สิริไพน์ฟู้ด จำกัด
ชื่อตัวอย่าง : ข้าวผัดซอสกอและ
ชนิดตัวอย่าง : อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที
ภาชนะบรรจุ : ถ้วยรีทอร์ทเพาช์ปิดสนิท
ขนาดบรรจุต่อหน่วย : 180 กรัม
ลักษณะตัวอย่าง : ข้าวหุงสุกสีส้ม มีชิ้นอาหารสีน้ำตาลปน
วันที่รับตัวอย่าง : 29 มกราคม 2562
วันที่ทำการทดสอบ : 29 มกราคม 2562

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Incubation Test	Normal	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 61)	-
Aerobic plate count 35 °C, cfu / g	None	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)	-
Flat sour mesophile / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Flat sour thermophile / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Mesophilic anaerobe / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Thermophilic anaerobe / 2 g	Negative	FDA BAM Online, 2001. (Chapter 21A)	-
Sulfide spoilage / 2 g	Negative	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 27)	-
Aerobic plate count 55 °C, cfu / g	None	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 62)	-
Clostridium botulinum / g	Negative	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Edition. 2015. (Chapter 33)	-

ผู้รายงาน **ผู้รับรอง**

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....
(นางชนิศา ประสมศรี) (นางจันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ
ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร โทร. 0 2942 8629 ต่อ 1800, 1811

FS-47-V.6 (18 ก.ค. 2561)

รูปที่ จ-2 ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดซอสกอและที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวอริสรา คุณพระมา

วัน เดือน ปีเกิด 16 สิงหาคม 2535

ที่อยู่ปัจจุบัน 383/11 ถนนพุทธรักษา ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

ประวัติการศึกษา (2558) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม เกรดเฉลี่ย 3.08 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการ

1. Arisara Khunprama, Aree Rittiboon, and Marisa Jatupornpipat. 2022. “Effects of Sterilization on the Physicochemical Properties of Ready-to-eat Fried Rice with Traditional Golek Sauce in Retort Bowl.” *Journal of Food and Nutrition Research*, 10(3), 200-208.
2. Marisa Jatupornpipat, Rosarin Rujananon, Arisara Khunprama and Aree Rittiboon. 2017. Effect of thermal process methods on chemical composition, color, and antioxidant properties of ready to eat Golek Chicken product. In 7th International Science Congress, Royal university of Bhutan, Bhutan.
3. Marisa Jatupornpipat, Aree Rittiboon, and Arisara Khunprama. Phytochemical and antibacterial efficiency of extract compounds from *Nymphaea* spp. on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. In proceeding of 14th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, Saint-Petersburg-Pushkin, Russia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้