

ศึกษาผลของกระบวนการทำข้าวต้มด้วยการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ที่มีต่อ
คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวมีสีชนิดต่างๆ

Study the effect of the rice porridge process with sterilization
on the antioxidant properties of rice of various colors.



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY THE EFFECT OF THE RICE PORRIDGE PROCESS WITH
STERILIZATION ON THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF RICE OF
VARIOUS COLORS.



PHATAVEE KITINANTAWAT
SUPANIDA THAMMAKORNSUKSIRI

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2565

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศึกษาผลของกระบวนการทำข้าวต้มด้วยการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ที่มีต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวมีสีชนิดต่างๆ

STUDY THE EFFECT OF THE RICE PORRIDGE PROCESS WITH STERILIZATION ON THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF RICE OF VARIOUS COLORS.

ผู้จัดทำ

1. ปฐวี กิตินันท์วัฒน์ รหัสประจำตัว 62010521
2. ศุภนิดา ธรรมกรสุขศิริ รหัสประจำตัว 62010895

..... หัวหน้าภาค
(ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.กัณฑ์วิชฎ์ ขวัญพุกษ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ศึกษาผลของกระบวนการทำข้าวต้มด้วยการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ที่มีต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวมีสีชนิดต่างๆ
นักศึกษา	ปฐวี กิตินันท์วัฒน์ ศุภนิดา ธรรมกรสุขศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กนต์กนิษฐ์ ขวัญพุกษ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาค่า F_0 ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทั้งคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวต้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยทำการทดลองด้วยเครื่องฆ่าเชื้อชนิดสเปรย์น้ำร้อน ได้กำหนดค่า F_0 เท่ากับ 4 และ 6 นาที ที่อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียส ข้าวที่ใช้ในการวิจัยนี้มี 3 ชนิด คือ ข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวสังข์หยดและข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยศึกษาในด้านกายภาพ ความแข็ง พบว่า ยิ่งค่า F_0 มาก ค่าความแข็งจะลดลงและค่าสี มีความสว่างที่ลดลง ในค่าที่ F_0 ที่เพิ่มขึ้น ในด้านคุณสมบัติทางเคมี ฟีนอลิกมีค่าที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน แอนโทไซยานินมีค่าที่ลดลง

Thesis	Study The Effect of The Rice Porridge Process with Sterilization on The Antioxidant Properties of Rice of Various Colors.
Students	Mr. Phatavee Kitinantawat Ms. Supanida Thammakornsuksiri
Thesis advisor	Asst. Prof. Dr. Kankanit Khwanpruk
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic year	2022

ABSTARCT

This research study investigates the effect of F_0 values on the chemical and physical properties of boiled rice that has undergone sterilization using a hot water spray sterilizer. The F_0 values of 4 and 6 minutes were set at a temperature of 155 °c The study used three types of rice: Hom Mali rice (fragrant rice), Sang Yod rice, and Riceberry rice. In terms of physical properties, it was found that as the F_0 value increased, the hardness of the rice decreased, and the color exhibited a decreased brightness. In terms of chemical properties, the study found that the pH value increased with increasing F_0 values, while anthocyanin content decreased.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.กนต์กนิษฐ ขวัญพุกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่วิจัยและทุนวิจัย ขอขอบคุณผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่สนับสนุนในด้านอุปกรณ์การทดลอง ขอขอบคุณคุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ และคุณอำนาจ คุตะคุ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำการทดลองครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณศิริวรรณ (บริษัท แซลลอนแพ็ค เอคาร์ท จำกัด) ที่สนับสนุนอุปกรณ์เพื่อการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.4 สมมติฐาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้าว.....	3
2.1.1 ข้าวหอมมะลิ.....	3
2.1.2 ข้าวสังข์หยด.....	3
2.1.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่.....	3
2.2 ข้าวต้ม.....	4
2.3 การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์.....	4
2.4 หม้อรีทอร์ท.....	4
2.5 Retort pouch.....	5
2.5.1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ผลิตรีทอร์ทเพาซ์.....	5
2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	6
2.6.1 สารประกอบฟีนอลิก.....	6
2.6.2 สารกลุ่มแอนโทไซยานิน.....	6
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์.....	8
3.2 วัสดุและอุปกรณ์.....	8
3.3 สารเคมี.....	8
3.4 การเตรียมข้าวต้ม.....	9
3.5 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง.....	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดปริมาณสารเคมี.....	10
3.7 การตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวต้ม.....	10
3.7.1 การวัดความแข็ง.....	10
3.7.2 การวัดสี.....	10
3.7.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด.....	10
3.7.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน.....	11
3.8 วิเคราะห์ทางสถิติ.....	11
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ความแข็ง.....	12
4.2 ค่าสี.....	13
4.3 ปริมาณแอนโทไซยานิน.....	13
4.4 ปริมาณฟีนอลิก.....	14
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	15
บรรณานุกรม.....	16
ภาคผนวก ก.....	18
ภาคผนวก ข.....	22
ภาคผนวก ค.....	23

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1	12
ตารางที่ 4.2	13
ตารางที่ 4.3	14
ตารางที่ 4.4	14
ตารางที่ ก.1	18
ตารางที่ ก.2	18
ตารางที่ ก.3	19
ตารางที่ ก.4	19
ตารางที่ ก.5	20
ตารางที่ ก.6	20
ตารางที่ ก.7	21
ตารางที่ ข.1	22
ตารางที่ ข.2	22
ตารางที่ ค.1	23
ตารางที่ ค.2	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 3.1	9
รูปที่ 3.2	9
รูปที่ 4.1	12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลก ข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักของประชากรร้อยละ 20 ของแหล่งพลังงานประชากรโลก นอกจากนี้ยังเป็นสารอาหารหลักๆของข้าว ยังพบสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ แอนโทไซยานิน ลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง สารกลุ่มฟีนอลิก และสารอื่นๆ

ปริมาณสารอาหารของข้าวที่แสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการของข้าวแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวที่อยู่ระหว่างสีข้าว, สีน้ำตาล, สีแดงและสีดำ (หรือสีม่วง) โดยคุณค่าทางโภชนาการเหล่านี้ ทำให้ข้าวกลายเป็นทางเลือกให้กับคนสายสุขภาพ เราจึงเลือกข้าวที่คนส่วนใหญ่รับประทานคือ ข้าวหอมมะลิ ข้าวที่มีชื่อเสียงสำหรับคนที่รักสุขภาพคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวสายพันธุ์ที่กำลังเป็นที่นิยมของไทยคือ ข้าวสังข์หยด พัทลุง

นอกจากนี้คุณภาพของสารอาหารข้าวจะขึ้นอยู่กับวิธีการแปรรูปข้าวพร้อมก่อนที่จะบริโภค ลักษณะข้าวสุกที่คนนิยมรับประทานมีอยู่สองประเภท คือข้าวสวย และข้าวต้ม ในท้องตลาดพบว่าข้าวสวยพร้อมทานอยู่ในร้านสะดวกซื้อหลายแห่ง แต่ยังไม่พบข้าวต้มพร้อมทาน ผู้จัดทำจึงเลือกทำข้าวต้มพร้อมทาน ซึ่งอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุ หรือตามความชอบในการรับประทาน โดยเราเลือกวิธีsterilization ในการใช้ความร้อนฆ่าเชื้อในอาหารเพื่อทำลายจุลินทรีย์ รวมทั้งสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และสปอร์ส่วนใหญ่ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ผู้จัดทำได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพคือ สี และความแข็งของข้าวหลังการต้ม คุณสมบัติทางเคมีคือกลุ่มสารแอนโทไซยานินและฟีนอลิกในก่อนและหลังการทำข้าวต้ม

จุดประสงค์ในการทำวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาค่า F_0 ที่ส่งผลคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวในก่อนและหลังกระบวนการทำข้าวต้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาค่า F_0 ที่ส่งผลคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวในก่อนและหลังกระบวนการทำข้าวต้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาพันธุ์ข้าวทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอร์รี่ นำมาผ่านกระบวนการต้ม และการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์นำตัวอย่างที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติทางเคมีคือปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณฟีนอลิกในแต่ละตัวอย่าง และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

1.4 สมมติฐาน

ผลของกระบวนการทำข้าวต้มด้วยวิธีสเตอริไลซ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อทราบค่า F_0 ที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ของข้าวแต่สายพันธุ์ โดยคำนึงถึงปริมาณสารเคมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

2.1.1 ข้าวหอมมะลิ

เป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย นิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย คือ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ กข.15 การรักษาความหอมของข้าว ต้องเริ่มต้นตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาข้าวเปลือก การสีข้าว และการเก็บรักษาข้าวภายหลังจากการสี นอกจากนี้ข้าวหอมมะลียังถือเป็นสุดยอดพันธุ์ข้าว ที่เป็นสินค้าส่งออกจนเป็นที่รู้จักไปทั่วโลก โดยเฉพาะเอกลักษณ์ของข้าวหอมมะลิที่เป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมในตัวเองโดยธรรมชาติ เมื่อหุงสุก เวลารับประทานข้าว จะมีความนุ่มหอม อร่อยมากกว่าข้าวชนิดอื่นๆ (ให้ใจ ,2565)

1) คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวหอมมะลิอุดมด้วยสารอาหารนานาชนิด ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 71-77% รองลงมาคือโปรตีน 5-8% ซึ่งทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย และยังมีวิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา และวิตามินบี 2 ที่ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก

2.1.2 ข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง เป็นพันธุ์ข้าวเฉพาะถิ่นมีแหล่งปลูกดั้งเดิม อยู่ในจังหวัดพัทลุง ปลูกกันมายาวนาน มีลักษณะพิเศษ คือ ข้าวกล้องมีสีแดงเข้ม นิยมบริโภคในรูปแบบข้าวซ้อมมือ จมูกข้าว เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง พันธุ์ข้าวสังข์หยดถูกเก็บรักษาไว้โดยวัฒนธรรมและภูมิปัญญาของชาวเมือง พัทลุง ตลอดระยะเวลายาวนาน จากหลักฐานการรวบรวมพันธุ์ในท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศ ตามโครงการบำรุงพันธุ์ข้าว เมื่อ พ.ศ. 2493 โดยกองบำรุงรักษาพันธุ์ กรมการค้าข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปรากฏว่า ชื่อข้าวสังข์หยดเป็น 1 ใน 11 ตัวอย่างพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ที่เก็บรวบรวมจากอำเภอเมืองพัทลุง ซึ่งปรากฏใน Locality ที่ 81 (ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ ,2565)

1) คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวสังข์หยดนั้นให้พลังงาน 364.2 กิโลแคลอรี โปรตีน 73 กรัม คาร์โบไฮเดรต 73.1 กรัม เส้นใย 4.81 กรัม แคลเซียม 13 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 317 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.4 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.32 มิลลิกรัม และ วิตามินบี 2 0.01 มิลลิกรัม ไนอะซิน 6.4 มิลลิกรัม

2.1.3 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ภาษาอังกฤษ: Rice Berry) เป็นผลงานการปรับปรุงสายพันธุ์ของ รศ.ดร. อภิชาติ และทีมนักวิจัยจาก ศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และความร่วมมือจาก คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยเป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่าง ข้าวเจ้าหอมนิล ซึ่งเป็น

สายพันธุ์พ่อ + ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่ ทำให้ได้ลักษณะที่ดีและคุณภาพประโยชน์เด่นๆ ออกมา ซึ่งพันธุ์ข้าวนี้ได้รับการจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ ห้ามมีการนำไปขยายพันธุ์ในเชิงการค้าต่อโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก วช. และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ ,2565)

คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานทั้งสิ้น 390.00 กิโลแคลอรี และมีสารอาหารอย่าง คาร์โบไฮเดรต 80 กรัม โยอาหาร 4 กรัม โปรตีน 8 กรัม แต่ไม่มีน้ำตาลเลย ขณะเดียวกันในข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม จะมีเพียงไขมัน 4 กรัม ที่ไม่มีไขมันอิ่มตัวด้วย นอกจากนี้ยังข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม ยังมีวิตามินหลากหลายที่ได้แก่ วิตามินเอ หรือบีตาแคโรทีน 63 ไมโครกรัม วิตามินบี 9 หรือโฟเลต 48 ไมโครกรัม วิตามินอี 0.68 มิลลิกรัม รวมถึงยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุอย่าง เหล็ก 1.8 มิลลิกรัม โซเดียม 50 มิลลิกรัม และสังกะสี 3.2 มิลลิกรัม

2.2 ข้าวต้ม

ข้าวต้ม เป็นอาหารชนิดหนึ่ง ทำมาจากข้าว โดยวิธีการทำจะคล้าย ๆ กับการหุงข้าวด้วยหม้อปกติ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ข้าวต้มจะใส่น้ำมากกว่าการหุงข้าวธรรมดา ระยะเวลาในการทำจะใกล้เคียงกับการหุงข้าวธรรมดาหรืออาจจะนานกว่า (บัณฑิต ,2555)

2.3 การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ (Sterilization)

เป็นกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้อาหารปราศจากเชื้อที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและไม่มีจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสีย ที่สามารถเจริญในอาหารภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติในการเก็บรักษาหรืออุณหภูมิ 45 °C (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ,2565) ซึ่งปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการจะอยู่ในระดับที่เรียกว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า ในกระบวนการฆ่าเชื้อจะต้องมีการกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้เรียกว่า ค่า F_0 จะกำหนดจากข้อมูลความสามารถในการทนร้อนของจุลินทรีย์ (ค่า D หรือค่า Z) ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำจะต้องได้รับความร้อนอย่างต่ำ $F_0 = 3$ นาที (มาฤดี และธีรินทร์, 2557)

2.4 หม้อรีเทอร์ท

คือ อุปกรณ์ที่สร้างจากโลหะหนาทนความร้อนมักประกอบขึ้นเป็นรูปทรงกระบอกมีฝาครอบปิดสนิทและมีการปิดล็อกแน่นหนา ส่วนใหญ่ห่อหุ้มด้วยฉนวน ใช้สำหรับบรรจุและผ่านกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท โดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ (วารุณี และคณะ,2547)

หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ (Hot water spray retort) หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อน และมีการหมุนเวียนน้ำด้วยเครื่องปั้มน้ำ การทำน้ำร้อนมีทั้งระบบ ฟัน ใอน้ำผสมกับน้ำโดยตรง แต่โดยทั่วไปมักใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อฆ่าเชื้อและควบคุมความดันด้วยอากาศอัด ซึ่งควบคุมได้ง่ายกว่าเครื่องฆ่าเชื้อแบบน้ำท่วม อุณหภูมิน้ำจะค่อยๆสูงขึ้นจากการปั้มน้ำหมุนเวียนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลงอย่างเฉียบพลันได้

อย่างไรก็ตามหากออกแบบไม่ดีพออาจก่อให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอขึ้นได้ บรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้กับหม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ คือ บรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงยืดหยุ่น เช่น รีทอร์ทแพช เพราะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง สามารถทนความร้อน และความดันสูงได้

2.5 Retort pouch

รีทอร์ทแพช (retort pouch) คือบรรจุภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่ง ที่จัดเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวทำจากฟิล์มหลายชนิดมาเชื่อมประสานขึ้นรูปเป็นถุง (pouch) เป็นบรรจุภัณฑ์สามารถปิดผนึกสนิท มีความแข็งแรง สามารถทนต่อความร้อนและความดันสูงได้ ใช้บรรจุอาหารที่ต้องการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับ commercial sterilization ได้เหมือนกับกระป๋อง โดยมักฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันชนิด water spray retort อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ เช่นเดียวกับอาหารกระป๋อง (พิมพ์เพ็ญ ,2566)

2.5.1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ผลิตรีทอร์ทแพช (พิสุทธ์ ,2560)

- 1) สัมผัสกับอาหารได้อย่างปลอดภัย อนุมัติให้ใช้ได้โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
- 2) ป้องกันก๊าซออกซิเจน และไอน้ำได้ดี
- 3) ป้องกันส่วนประกอบต่างๆของอาหารซึมผ่านได้ดี
- 4) ทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อได้ถึง 145 °c
- 5) ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี
- 6) มีความแข็งแรงทางกายภาพ
- 7) สามารถใช้กับเครื่องขึ้นรูป และเครื่องบรรจุอัตโนมัติได้
- 8) สามารถพิมพ์ลวดลายต่างๆได้

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ คือโมเลกุลของสารที่สามารถจับกับตัวรับและสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลสารอื่น ๆ ได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการ

แลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังตัวออกซิไดซ์ ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งสารอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่และทำลายเซลล์ของร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายุติปฏิกิริยาถูกโซ่เหล่านี้ด้วยการเข้าจับกับสารอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยถูกออกซิไดซ์ ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจึงถือเป็นตัวรีดิวซ์ อาทิ ไรออล กรดแอสคอร์บิก และโพลีฟีนอล

บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้การที่สารต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันหรือกำจัดอนุมูลอิสระได้จึงมีความสำคัญ มีงานวิจัยมากมายบ่งชี้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหลายโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน หัวใจและหลอดเลือด โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น รวมทั้งช่วยชะลอกระบวนการขั้นตอนที่ทำให้เกิดความแก่ โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำอันตราย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็วหรือมากเกินไปที่ร่างกายกำจัดได้ทัน จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (หน่วยสารสนเทศมะเร็ง ,2552)

2.6.1 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากในอาหาร ในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด 20 เป็นสารทุติยภูมิที่สร้างขึ้นโดยพืช โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีเกาะอยู่กับวงแหวนเบนซีน สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถให้อิเล็กตรอนและ ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอนุมูลเปอร์-ออกซิล (peroxyl) ทำให้อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความเสถียร ส่งผลให้สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งนำไปสู่การป้องกันการเกิดโรคต่างๆ โดยคุณประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลิก สามารถช่วยลดน้ำตาลในเลือด ลดความเสี่ยงโรคหัวใจ และป้องกันมะเร็ง (กามีละห์ และคณะ, 2561)

2.6.2 สารกลุ่มแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุหรือสารสีที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในอาหาร สารสกัดแอนโทไซยานิน มีสมบัติเป็นโคขนะเภสัชเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค อีโคไลในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย (พิมพ์เพ็ญ ,2565)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขวัญจิตต์ และ ขนิษฐา (2561) ได้ศึกษาผลของการแปรรูป การเก็บรักษา และการให้ความร้อนซ้ำต่อปริมาณและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของข้าวพร้อมบริโภคบรรจุถุงรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอร์ท โดยพบว่าประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงถึงร้อยละ 83.27 จากวัตถุดิบข้าวเริ่มต้น สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการให้ความร้อน

มาฤดี และ อีรินทร์ (2557) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊กพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทแพช โดยพบว่า เมื่อลดอุณหภูมิค่าเชื้อ โดยมีระยะเวลาในการฆ่าเชื่อนานขึ้น ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นขณะที่ความสว่างและความแข็งของถั่วและลูกเต๋ายลดลง

วรรณดี และคณะ (2563) ได้ศึกษาเทคโนโลยีผลิตข้าวสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ท ได้พบว่าค่า FO ที่เหมาะสมสำหรับข้าวหอมมะลิสำเร็จรูปคือ 3.5 และข้าวกล้องสำเร็จรูปคือ 4.7 ที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส

Zhao et al. (2013) การให้ความร้อนกับข้าวสาลีด้วยวิธีที่ทำให้น้ำถูกดูดซึมจนหมด ทำให้ protocatechic acid ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกที่อยู่ในรูปแบบอิสระ มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า

Chattongpisut et al. (2015) ได้กล่าวว่าการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกแบบอิสระ ไม่ได้เกิดจากการแตกพันธะของฟีนอลิกที่ไม่อิสระ แต่เกิดจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยความร้อนจะไปสลายพันธะไกลโคไซด์ของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งพบมากในข้าว จะเปลี่ยนรูปเป็น PCA ความร้อนมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพโดยข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนนาน

บทที่ 3

วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ ยี่ห้อเบญจรงค์ ข้าวพันธุ์สังข์หยด ยี่ห้อบ้านพื้นเมือง และไรซ์เบอร์รี่ ยี่ห้อเบญจรงค์

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. หม้ออัดความดันดิจิตอล ยี่ห้อ หัวม้าลาย รุ่น DPL-2200
2. เครื่องปั่นเนกประสงค์ ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น HR2068
3. หม้อและทัพพีสแตนเลส
4. เครื่องแก้วต่างๆ ได้แก่ ปีกเกอร์ หลอดทดลอง แท่งแก้วคนสาร ขวดปรับปริมาตร
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PA114
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UX3200G
7. เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสอาหาร ยี่ห้อ TA.XT รุ่น Plus
8. ออโต้ปีเปต ยี่ห้อ Gilson ขนาด 20-200, 100-1000 และ 1000-5000 ไมโครลิตร
9. ที่วางหลอดทดลองสแตนเลส
10. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ยี่ห้อ thermo scientific รุ่น Genesys 10s UV-Vis
11. เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น Colorflex ez
12. เครื่องเขย่าสาร Centrifuge ยี่ห้อ Hettich Zentrifugen รุ่น Mikro 220R
13. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับหาค่า F_0 โปรแกรม Calsoft 5
14. Data logger
15. Thermocouple type T
16. อุปกรณ์ยัดเข็มวัดอุณหภูมิ และ เข็มวัดอุณหภูมิ
17. เครื่องวัด pH

3.3 สารเคมี

1. เมทานอล CH_3OH
2. Folin-Ciocalteu's reagent
3. Na_2CO_3
4. KCL buffer pH 1.0
5. CH_3COONa pH 4.5

3.4 การเตรียมข้าวต้ม

นำข้าวสารไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำไปต้มในหม้อต้มแรงดันเป็นเวลา 10 นาที นำข้าวที่ต้มเสร็จเรียบร้อยแล้วบรรจุใส่ถุงรีทอร์ทเพาซ์ เตรียมข้าวต้มเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกสำหรับ

เสียบเทอร์โมคัปเปิล เพื่อใช้ในการวัดอุณหภูมิในการทดลอง ส่วนที่สองสำหรับข้าวที่ใช้ในการทดลองดังภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ด้านซ้ายคือตัวอย่างข้าวสำหรับเสียบสายเทอร์โมคัปเปิล ด้านขวาคือข้าวสำหรับการทดลอง

3.5 กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดันสูง

ทำการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์ ด้วยอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ค่า F_0 2 ค่า ได้แก่ 4 และ 6 ในการทดลองทำการใช้เครื่องวัดค่า F_0 โดยอาศัยการทดสอบอัตราเร็วในการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 3.2 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนสเปรย์

3.6 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดปริมาณสารเคมี

นำข้าวต้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น HR2068 จากนั้นชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กรัม เติมนีโกล 25 กรัม นำไปเขย่าบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเขย่าสาร centrifuge ที่เครื่อง Centrifuge (Mikro 220R, Hettich Zentrifugen, Germany) ที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

3.7 การตรวจสอบสมบัติของข้าวต้ม

3.7.1 การวัดความแข็ง

วิธี Texture profile analysis ด้วยเครื่อง TA.XT plus (Texture Analyser, Stable micro systems, UK) ใช้หัววัด P/50 อุณหภูมิห้อง ความเร็ว pre-test, test, post-test คือ 1, 2, 1 มิลลิเมตร/วินาที อัตราส่วนความเค้น 70% (Xin et al., 2023)

3.7.2 การวัดสี

นำตัวอย่างที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง บรรจุลงในถ้วยแก้วทรงกระบอกสำหรับการวัดค่าสี ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab (Colorflex ez, Hunter Lab, US) โดยทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ การคำนวณค่า ΔE โดยตัวอย่างมาตรฐานคือข้าวก่อนทำการรีทอร์ท

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

ความหมายของค่าสีในระบบ C.I.E LAB

L^* = ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

$L = 0$ = Perfect black sample

$L = 100$ = Perfect white sample

a^* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุที่มีสีแดง

a เป็น - วัตถุที่มีสีเขียว

b^* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุที่มีสีเหลือง

b เป็น - วัตถุที่มีสีน้ำเงิน

3.7.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดด้วยเทคนิค Folin-Ciocalteu method เตรียมสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตัวอย่างละ 20 ไมโครลิตรเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2660 มิลลิลิตร เติมสารละลายความเข้มข้น 2 N Folin-Ciocalteu's reagent 20 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมสารละลายความเข้มข้น 7% Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10S UV-Vis Spectrophotometer, Thermo Scientific, US) ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณ Total phenolic โดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก(Habila, etal., 2010)

3.7.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้วิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential method) ดัดแปลงจากวิธีของ Wrolstad(1976) โดยนำตัวอย่างมาเจือจางด้วย สารละลาย KCL buffer pH 1.0 ในอัตราส่วน 1:100 และสารละลาย CH₃COONa pH 4.5 ในอัตราส่วน 1:100 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys 10S UV-Vis Spectrophotometer, Thermo Scientific, US) ที่ความยาวคลื่น 520 nm และ 700 nm แสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมของแอนโทไซยานินรวมต่อลิตรของสารละลาย จากนั้นนำไปคำนวณด้วยสมการ

$$\text{Anthocyanin} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

โดย $A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

MW = ค่ามวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 499.2 กรัมต่อโมล

DF = dilution factor (การทำให้เจือจางมีค่า 100)

ϵ = โมลาร์แอบซอร์บติวิตีของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 26,900 L/mol/cm⁻¹

l = ขนาดความกว้างของควเวต(เซนติเมตร) ที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสง

3.8 วิเคราะห์ทางสถิติ

ดำเนินการทดลองโดยใช้การทดลองแบบสมบูรณ์ (Complete randomized design, CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics v.28

บทที่ 4

ผลการทดลอง

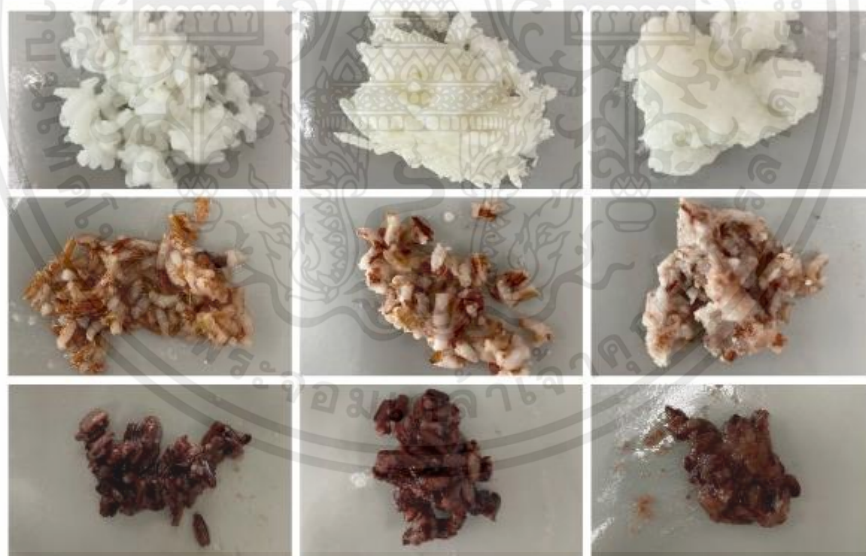
4.1 ความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 พบว่าข้าวหลังจากการฆ่าเชื้อได้ดูดซึมน้ำที่อยู่ในถุงไปจนหมด ทำให้ข้าวได้มีความแข็งที่ลดลง ซึ่งแสดงค่าความแข็งในตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อทำการเพิ่ม F_0 จาก 4 เป็น 6 ข้าวขาว ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าความแข็งลดลง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่มากขึ้นมีผลต่อความแข็ง จากรูปที่ 4.1 เห็นได้ว่ายิ่งใช้เวลานานในการฆ่าเชื้อ เมล็ดข้าวจะมีการแตกตัวมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของโจ๊ก พร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ (มาถิติ ,2557) ได้กล่าวว่า ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดค่าความแข็งมากกว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งของข้าวสีต่างๆที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4 และ 6

F_0	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	
	4	6
ข้าวขาว	2321.61	1237.45
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	2379.55	1437.25
ข้าวสังข์หยด	2842.99	507.97



รูปที่ 4.1 ข้าวก่อนผ่านการฆ่าเชื้อ, ผ่านการฆ่าเชื้อที่ $F_0=4$ และ 6 โดยเรียงจากซ้ายไปขวา แสดงข้าวขาว ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอร์รี่จากบนไปล่าง

4.2 ค่าสี

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของข้าวสีต่างๆที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4 และ 6

ชนิดข้าว	ค่า F_0	ค่าสีของข้าว			ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE)
		L^*	a^*	b^*	
ข้าวขาว	4	65.94 ± 0.18	-2.58 ± 0.05	1.97 ± 0.35	5.49 ± 0.94
	6	63.16 ± 0.00	-2.51 ± 0.10	3.13 ± 0.41	13.00 ± 3.37
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	4	17.93 ± 1.21	10.05 ± 0.21	4.73 ± 0.35	5.88 ± 4.17
	6	19.01 ± 3.39	8.27 ± 1.35	4.73 ± 0.65	15.94 ± 13.46
ข้าวสังข์หยด	4	41.05 ± 0.38	7.67 ± 0.93	9.78 ± 1.49	48.17 ± 12.08
	6	43.79 ± 0.56	5.16 ± 0.07	6.82 ± 0.38	95.18 ± 18.37

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของข้าวแต่ละชนิด พบว่าข้าวขาวมีค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ 5.49 – 13.00 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 5.88 -15.94 ข้าวสังข์หยด 48.17 – 95.18 จากภาพที่ 4.1 พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีการแตกตัว ข้าวขาวมีเปลือกข้าวและเนื้อข้าวสีเดียวกัน ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีเปลือกข้าวและเนื้อข้าวมีสีใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในช่วงประมาณกัน แต่ในข้าวสังข์หยด มีสีเปลือกและเนื้อข้าวสีต่างกัน โดยนำค่าในตาราง 4.2 และภาพที่ 4.1 มาวิเคราะห์พบว่าข้าวสังข์หยด มีการแตกตัวของเมล็ดข้าว ทำให้ค่า L^* เพิ่มขึ้น ที่ F_0 ที่ 6 มีค่าเท่ากับ 43.79 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมีค่าสูงที่สุด คือ 95.18 จากตารางผลการวิเคราะห์ค่าสี ที่ค่า F_0 ที่ 4 มีค่าสีที่ใกล้เคียงกับก่อนการรีโอมมากที่สุด

4.3 ปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวสีต่างๆ

จากการนำข้าวที่ได้จากการฆ่าเชื้อมาสกัดด้วยเมทานอล และหาค่าปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-differential พบว่ามีปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ $F_0=4$ และ 6 มีปริมาณลดลง มีปริมาณในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการฆ่าเชื้อที่ $F_0=4$ ในข้าวขาว ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 2.73 63.06 และ 12.05 ตามลำดับ ปริมาณในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการฆ่าเชื้อที่ $F_0=6$ ในข้าวขาว ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอร์รี่ เท่ากับ 0.0 0.14 และ 0.12 ตามลำดับ จากผลการทดลองเห็นได้ว่ากระบวนการฆ่าเชื้อที่นานส่งผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวต้มสีต่างๆที่ค่าF₀ต่างกัน

	cyanidin-3-glucoside equivalents (mg/100g)		
F ₀	before	4	6
ข้าวขาว	51.02 ± 13.92 ^b	2.73 ± 1.57 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	75.60 ± 7.26 ^c	63.06 ± 1.86 ^{bc}	0.12 ± 0.01 ^a
ข้าวสังข์หยด	63.89 ± 4.83 ^{bc}	12.05 ± 17.04 ^a	0.04 ± 0.06 ^a

4.4 ปริมาณฟีนอลิก

จากการหาปริมาณฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocalteu method ปริมาณฟีนอลิกที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่มีค่า F₀=4 และ 6 มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ในการทดลองได้มีการใส่น้ำในถุงรีทอร์ทและหลังการฆ่าเชื้อพบว่าปริมาณน้ำถูกดูดซึมไปจนหมด ซึ่งได้สอดคล้องกับงานวิจัยของขวัญจิตต์ และ ขนิษฐา (2561) ได้ทำการหุงข้าวในน้ำซึ่งมีปริมาณน้ำ 1.5 เท่าของปริมาณข้าวและน้ำถูกดูดซึมไปจนหมด และได้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณฟีนอลิกในข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น และยังคงสอดคล้องกับการทดลองของ Zhao และคณะ การให้ความร้อนกับข้าวสีดำด้วยวิธีที่ทำให้ น้ำถูกดูดซึมจนหมด ทำให้ protocatechic acid ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกที่อยู่ในรูปแบบอิสระ มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า Chattongpisut และคณะ ได้กล่าวว่าการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกแบบอิสระ ไม่ได้เกิดจากการแตกพันธะของฟีนอลิกที่ไม่อิสระ แต่เกิดจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยความร้อนจะไปสลายพันธะไกลโคไซด์ของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งพบมากในข้าว จะเปลี่ยนรูปเป็น PCA ความร้อนมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพโดยข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนนาน

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณฟีนอลิกของข้าวต้มสีต่างๆที่ค่าF₀ต่างกัน

	Phenolic compound (mg gallic/100 g)		
F ₀	before	4	6
ข้าวขาว	0.03 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.00 ^{bc}
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.12 ± 0.01 ^c	0.16 ± 0.01 ^d	0.15 ± 0.03 ^d
ข้าวสังข์หยด	0.11 ± 0.00 ^{bc}	0.12 ± 0.01 ^c	0.15 ± 0.02 ^d

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาศึกษาผลของกระบวนการทำข้าวต้มด้วยการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ที่มีต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวมีสีชนิดต่างๆ ด้วยกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบข้าวสีชนิดต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์ข้าวต้มพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ท ในด้านคุณสมบัติทางด้านกายภาพ F_0 ที่ 6 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และ ข้าวสังข์หยด มีความแข็งลดลง เหมาะกับผู้บริโภคที่ต้องการข้าวต้มที่มีลักษณะนิ่ม และมีสีที่เข้มขึ้นทำให้น่ารับประทานมากขึ้น แต่ในข้าวขาว F_0 ที่ 6 มีสีที่เข้มขึ้น F_0 ที่ 4 จึงเป็นที่เหมาะสมสำหรับข้าวขาว ในคุณสมบัติทางด้านเคมี ปริมาณฟีนอลิกแปรผกผันกับปริมาณแอนโทไซยานิน ซึ่งปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น กลับกันปริมาณแอนโทไซยานินนั้นลดลง เนื่องจากต้องผ่านความร้อนสูง ปริมาณฟีนอลิกที่ F_0 ที่ 4 และ 6 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยยะสำคัญ การศึกษานี้ F_0 ที่ 4 จึงเป็นการทดลองที่ดีที่สุดสำหรับข้าวต้มพร้อมบริโภค



บรรณานุกรม

- กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าบัวแก้ว. 2565. ข้าวสังข์หยด. [online]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พค. 2565]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.sangyodshop.com/>
- ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และ ขนิษฐา ศรีนวล. 2561. ผลของการแปรรูป การเก็บรักษา และการให้ความร้อนซ้ำต่อปริมาณและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของข้าวพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 41(3). 299-309.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2536. สารละลายเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ. สารละลาย. อาหาร. 23(1). 46-53.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. 2558. การคำนวณเพื่อกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยวิธีทั่วไป/วิธีทางกราฟ. Mini Food Engineering-2015.
- บุหรัน พันธุ์สุวรรณค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ฉบับที่3. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2556. อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. [online]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P355.pdf
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2565. Retort pouch (รีทอร์ทเพาซ์). [online]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พค. 2565]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0473/retort-pouch->
- พิสุทธิ์ บุตรสุวรรณ. 2560. น้ำแกงส้ม ชนิดเข้มข้นบรรจุรีทอร์ทเพาซ์. ตามติดผลิตภัณฑ์. 47(1). 45-48
- มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. 2565. ผลของการแปรรูปต่อจุลินทรีย์ในอาหารและมาตรฐานทางจุลชีววิทยา. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://elearning.psu.ac.th/courses/192/21_
- มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์ และ อธิรินทร์ ฉายศิริโชติ. 2557. ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของไส้กรอกพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาซ์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วรรณดี มหรรณพกุล, ปฎิญา จิยพงศ์ และ ศษศศักดิ์ วงษ์สง่า. 2552. เทคโนโลยีผลิตข้าวสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ต. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 52(181). 36-43
- วิลัย รังสาดทอง. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชัน จำกัด; 2557.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ. 2565. ข้าวสังข์หยด. [online]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=1>
- ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ. 2565.bc ข้าวไรซ์เบอร์รี่. [online]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=15>
- สุนัน ปานสาคร,จตุรงค์ ลังกาพินธุ์,เพ็ญรวี ปาณศรี และ จิตติมา ไชยดำ. 2563. ผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไรส์ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวห่อใบบัวในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์. วารสารวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร,คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 19. หน้า 1-15
- สุภาพร พักเงิน และ ศิรประภา มีรอด. 2560. การสกัดแยกหาปริมาณแอนโทไซยานินจากลูกมะม่วงหาว มะนาวโห่. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4. สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. หน้า 1002-1011
- ให้ใจ. 2565. คุณประโยชน์ของข้าวหอมมะลิ ไรซ์เบอร์รี่ก้อง. [online]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.haijai.com/3668/>
- Chatthongpisut, R., Schwartz, S.J. and Yong- sawatdigul, J., 2015, “Antioxidant Activities and Antiproliferative Activity of Thai Purple Rice Cooked by Various Methods on Human Colon Cancer Cells,” Food Chemistry, 188, pp. 99-105.
- Melini, Valentina., and Acquistucci, Rita., 2017. “Health-Promoting Compounds in Pigmented Thai and Wild Rice”. Mdpi ,
- Wu, Xin., zhou, Yi., lu, Qun., and lu, Rui., 2023. “Ultrasonic-assisted immersion of parboiled treatment improves head rice yield and nutrition of black rice and provides a softer texture of cooked black rice”. Elsevier. 95. 106378
- Zhao, M., Calani, L., Del Rio, D., Brighenti, F. and Pellegrini, N., 2015, “Characterization of Total Antioxidant Capacity and (poly) Phenolic Compounds of Differently Pigmented Rice Varieties and their Changes during Domestic Cooking,” Food Chemistry, 187, pp. 338-347

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ค่าสีทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L* ที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	10735.355 ^a	8	1341.919	751.320	<.001	.997
Intercept	44393.735	1	44393.735	24855.380	<.001	.999
rice	10442.853	2	5221.427	2923.398	<.001	.997
F0	86.805	2	43.402	24.300	<.001	.730
rice * F0	205.697	4	51.424	28.792	<.001	.865
Error	32.149	18	1.786			
Total	55161.239	27				
Corrected Total	10767.504	26				

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

ตารางที่ ก.2 การทดสอบความแตกต่างของค่า L* ด้วยวิธี Duncan

Duncan ^{a,b}		L								
riceF0	N	1	2	3	4	5	6	7		
r1	3	15.1600								
r2	3		17.9267							
r3	3			19.0133						
s1	3				31.6600					
s2	3					41.0500				
s3	3						43.7867			
w3	3							63.1600		
w2	3								65.9400	
w1	3									67.2433
Sig.		1.000	.333	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.248	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.786.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a^* ที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	796.452 ^a	8	99.556	247.480	<.001	.991
Intercept	619.108	1	619.108	1538.991	<.001	.988
rice	762.540	2	381.270	947.769	<.001	.991
F0	19.675	2	9.838	24.455	<.001	.731
rice * F0	14.237	4	3.559	8.848	<.001	.663
Error	7.241	18	.402			
Total	1422.801	27				
Corrected Total	803.693	26				

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .987)

ตารางที่ ก.4 การทดสอบความแตกต่างของค่า a^* ด้วยวิธี Duncan

Duncan^{a,b}

riceF0	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
w1	3	-2.7400					
w2	3	-2.5767					
w3	3	-2.5133					
s3	3		5.1567				
s2	3			7.6667			
r3	3			8.2700	8.2700		
s1	3				9.2067	9.2067	
r2	3					10.0533	10.0533
r1	3						10.5733
Sig.		.684	1.000	.259	.087	.119	.329

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .402.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ตารางที่ ก.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b^* ที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	321.305 ^a	8	40.163	64.977	<.001	.967
Intercept	808.083	1	808.083	1307.335	<.001	.986
rice	267.220	2	133.610	216.157	<.001	.960
F0	5.741	2	2.870	4.644	.024	.340
rice * F0	48.344	4	12.086	19.553	<.001	.813
Error	11.126	18	.618			
Total	1140.514	27				
Corrected Total	332.431	26				

a. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .952)

ตารางที่ ก.6 การทดสอบความแตกต่างของค่า b^* ด้วยวิธี Duncan

Duncan ^{a,b}	riceF0	N	Subset					
			1	2	3	4	5	6
	w1	3	.1900					
	w2	3		1.9667				
	w3	3		3.1333				
	r2	3			4.7267			
	r3	3			4.7300			
	r1	3			6.1267	6.1267		
	s3	3				6.8233		
	s2	3					9.7833	
	s1	3						11.7567
	Sig.		1.000	.086	.052	.292	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .618.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

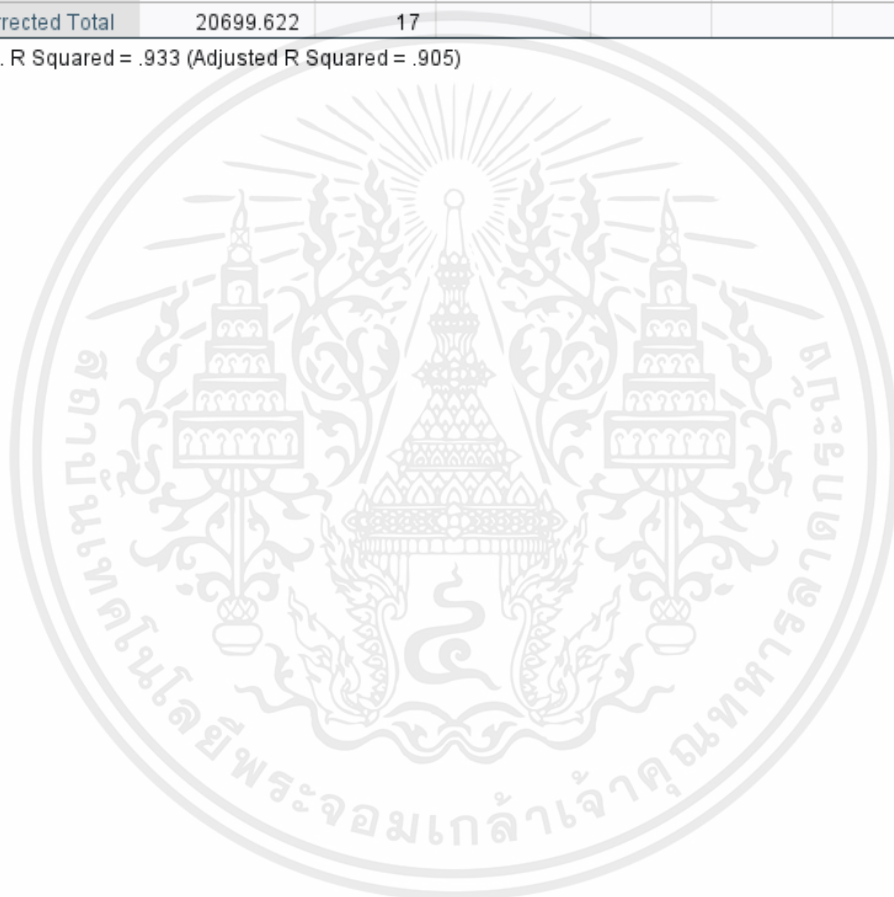
ตารางที่ ก.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า delta E ที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: deltaE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	19309.418 ^a	5	3861.884	33.335	<.001	.933
Intercept	16215.076	1	16215.076	139.966	<.001	.921
rice	15658.652	2	7829.326	67.581	<.001	.918
F0	2322.709	1	2322.709	20.049	<.001	.626
rice * F0	1328.057	2	664.029	5.732	.018	.489
Error	1390.204	12	115.850			
Total	36914.697	18				
Corrected Total	20699.622	17				

a. R Squared = .933 (Adjusted R Squared = .905)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทางสถิติ

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟีนอลิกที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: phenolic

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	.035 ^a	8	.004	24.377	<.001	.916
Intercept	.354	1	.354	1983.815	<.001	.991
rice	.022	2	.011	62.389	<.001	.874
F0	.010	2	.005	28.304	<.001	.759
rice * F0	.002	4	.001	3.409	.031	.431
Error	.003	18	.000			
Total	.392	27				
Corrected Total	.038	26				

a. R Squared = .916 (Adjusted R Squared = .878)

ตารางที่ ข.2 การทดสอบความแตกต่างของปริมาณฟีนอลิกด้วยวิธี Duncan

phenolic

riceF0	N	Subset			
		1	2	3	4
Duncan ^{a,b} w1	3	.0333			
w2	3		.0893		
w3	3		.1013	.1013	
s1	3		.1077	.1077	
r1	3			.1223	
s2	3			.1233	
r3	3				.1467
s3	3				.1510
r2	3				.1550
Sig.		1.000	.128	.079	.479

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทางสถิติ

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้จากการทดลอง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Anthocyanin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	25564.145 ^a	8	3195.518	50.804	<.001	.958
Intercept	24026.037	1	24026.037	381.981	<.001	.955
rice	3890.286	2	1945.143	30.925	<.001	.775
F0	18328.216	2	9164.108	145.697	<.001	.942
rice * F0	3345.643	4	836.411	13.298	<.001	.747
Error	1132.173	18	62.898			
Total	50722.354	27				
Corrected Total	26696.317	26				

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .939)

ตารางที่ ค.2 การทดสอบความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี Duncan

Anthocyanin				
Duncan ^{a, b}				
riceF0	N	Subset		
		1	2	3
w3	3	.0000		
s3	3	.0000		
r3	3	.1170		
w2	3	2.7330		
s2	3	12.0493		
w1	3		51.0223	
r2	3		63.0640	63.0640
s1	3		63.8877	63.8877
r1	3			75.6003
Sig.		.110	.075	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 62.898.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.