เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมากผสมสารสี จาก *Monascus purpureus*

HEALTHY DRINKS FROM SWEET FERMENTED RICE FORTIFIED WITH *Monascus purpureus* PIGMENT

เพ็ญฤดี ใยบัว
ภคาลัย กลั่นบุศย์
รุ่งทิวา ถิ่นวงษ์ม่อม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมากผสมสารสี จาก *Monascus purpureus*

HEALTHY DRINKS FROM SWEET FERMENTED RICE FORTIFIED WITH *Monascus purpureus* PIGMENT

เพ็ญฤดี ใยบัว

ภคาลัย กลั่นบุศย์

รุ่งทิวา ถิ่นวงษ์ม่อม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEALTHY DRINKS FROM SWEET FERMENTED RICE FORTIFIED WITH *Monascus purpureus* PIGMENT

PENRUEDEE YAIBUA
PAKALAI KLUNBOOD
RUNGTIWA THINWONGMOM

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมากผสมสารสีจาก *Monascus purpureus* Healthy Drink from Sweet Fermented Rice Fortified with *Monascus purpureus* Pigment
ชื่อนักศึกษา	นางสาวเพ็ญฤดี ใยบัว รหัสนักศึกษา 56051040 นางสาวภคาลัย กลั่นบุศย์ รหัสนักศึกษา 56051041 นางสาวรุ่งทิวา ถิ่นวงษ์ม่อม รหัสนักศึกษา 56051058
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดวงใจ โอชัยกุล ประธานกรรมการ	
ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ กรรมการ	
ผศ.ลินจง สุขลำภู กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมากผสมสารสีจาก *Monascus purpureus*
ชื่อนักศึกษา	นางสาวเพ็ญฤดี ใยบัว รหัสนักศึกษา 56051040 นางสาวภคาลัย กลั่นบุศย์ รหัสนักศึกษา 56051041 นางสาวรุ่งทิวา ถิ่นวงษ์ม่อม รหัสนักศึกษา 56051058
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมาก โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมากได้แก่ ระยะเวลาในการหมัก ระยะเวลาล้างข้าวเหนียว และปริมาณการเติมน้ำตาล ซึ่งผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักข้าวหมากคือ 4 วัน ระยะเวลาล้างข้าวเป็น 4 นาที และเติมน้ำตาลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.4 ทำให้ข้าวหมากที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 37 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 496.67 กรัมต่อลิตร ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 3.63 ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 3.91 และ ได้ปริมาตรน้ำข้าวหมากทั้งหมดเท่ากับ 277 มิลลิลิตร จากนั้นนำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้มาทำการหมักข้าวหมากเพื่อผลิตเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพโดยเติมสารสีจาก *Monascus purpureus* ในปริมาณร้อยละโดยปริมาตร 1.4, 1.7 และ 2.0 พบว่าการเติมสารสีในปริมาณร้อยละโดยปริมาตร 2.0 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านสีมากที่สุดและเครื่องดื่มที่ได้ยังมีสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง เมื่อนำเอาเครื่องดื่มที่ได้ไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าคุณภาพทางเคมีกายภาพ คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มที่ได้ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คำสำคัญ : ข้าวหมาก, สารประกอบฟีนอลิก, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, *Monascus purpureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Healthy Drink from Sweet Fermented Rice Fortified with *Monascus purpureus* Pigment			
Students	Miss Penruedee	Yaibua	Student ID	56051040
	Miss Pakalai	Klunbood	Student ID	56051041
	Miss Rungtiwa	Thinwongmom	Student ID	56051058
Degree	Bachelor of Science Microbiology			
Department	Biology			
Faculty	Science			
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KIMTL)			
Academic Year	2016			
Advisor	Asst. Prof. Linchong Suklampoo			

Abstract

The objectives of the study were to produce healthy drinks from sweet fermented rice fortified with *Monascus purpureus* pigment and to study the appropriate conditions for rice fermentation such as period of fermentation, period of washing rice, and the amount of sugar added. The optimum conditions were as followed; 4 days of fermentation, 4 minutes of washing rice and 0.4% (w/w) of sugar added. The sweet fermented rice had total soluble solid, reducing sugar, alcohol, pH and the water volume were 37 °birx, 496.67 g/l, 3.63% (w/v), 3.91 and 277 ml, respectively. Subsequently, the appropriate conditions were utilized to produce healthy drink from sweet fermented rice fortified with 1.4%, 1.7% and 2.0% (w/v) of *Monascus purpureus* pigment. It was found that with 2.0% (w/v) of pigment, the panelist had the most acceptance in color. This healthy drink also contained high amount of phenolic compound and antioxidant. After that, the healthy drink was studied the quality changes during storage at 10 °C for 15 days. It was found that physical and chemical qualities, phenolic compound content and antioxidant of beverage were not change significantly ($p>0.05$) throughout the storage.

Keyword : Sweet fermented rice, Phenolic compound, Antioxidant, *Monascus purpureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ลินจง สุขลำภู ที่ให้ความรู้ ข้อคิดเห็นในด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะและแก้ไขข้อผิดพลาด พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนด้านข้อมูล เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ ตลอดจนการตรวจทานและแก้ไขรูปเล่มโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดวงใจ โอชัยกุล และ ดร.วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่ได้ชี้แนวทางการศึกษาและวิธีในการดำเนินงานให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังแนะนำข้อบกพร่องต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำโครงการพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสารเคมี

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ รวมถึงคอยช่วยเหลือในการเตรียมวัตถุดิบ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัว รวมถึงอาจารย์ผู้สอนทุกท่านและผู้ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ข้างต้น ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เพ็ญฤดี ใยบัว
ภคาลัย กลั่นบุศย์
รุ่งทิวา ถิ่นวงษ์ม่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ข้าวหมาก 4
2.1.1 ประวัติและความเป็นมา 5
2.1.2 วิธีการทำข้าวหมาก 5
2.1.2.1 สูตรที่ 1 5
2.1.2.2 สูตรที่ 2 6
2.1.3 สาเหตุการเสียของข้าวหมาก 7
2.1.3.1 สาเหตุจากข้าวและวิธีการเตรียมข้าวสำหรับการหมักไม่เหมาะสม 7
2.1.3.2 สาเหตุจากลูกแป้งข้าวหมาก 7
2.1.3.3 สาเหตุจากน้ำและภาชนะที่ใช้ไม่สะอาด 7
2.1.4 ประโยชน์จากข้าวหมาก 7
2.2 ลูกแป้ง 9
2.2.1 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง 10
2.2.2 ตัวอย่างสูตรและวิธีการผลิตลูกแป้ง 10
2.2.3 คุณสมบัติของหัวเชื้อลูกแป้งที่ใช้หมัก 10
2.2.4 หลักการเลือกใช้ลูกแป้ง 11
2.3 กระบวนการผลิตไวน์ข้าว 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 การล้างเมล็ดข้าว 12
2.3.2 การนึ่งข้าว 12
2.3.3 การหมักข้าว 13
2.4 จุลินทรีย์โพรไบโอติก 15
2.5 ราโมแนสคัส 16
2.5.1 ชื่อสามัญและชื่อทางวิทยาศาสตร์ 17
2.5.2 ลักษณะทั่วไป 17
2.5.3 การผลิตข้าวแดงจากเชื้อราโมแนสคัส 18
2.5.4 สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส 20
2.5.4.1 สารสีที่ได้จากเชื้อราโมแนสคัส 21
2.5.5 การแยกสารสีโมแนสคัส 22
2.5.6 คุณสมบัติของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัส 23
2.5.7 การใช้ประโยชน์จากสารสีโมแนสคัส 24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 27
3.1 วัสดุและสารเคมี 27
3.1.1 วัตถุดิบ 27
3.1.2 สารเคมี 27
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ 27
3.1.4 เครื่องแก้ว 28
3.2 วิธีการทดลอง 28
3.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตข้าวหมาก 28
3.2.1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก 28
3.2.1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว 29
3.2.1.3 ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก 30
3.2.2 การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ 30
3.2.2.1 การเตรียมสารสกัดจากข้าวแดง 30
3.2.3 การเตรียมเครื่องดื่มจากข้าวหมาก 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา 34
3.2.4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ 34
3.2.4.2 การตรวจสอบคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ 34
1. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 34
2. การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 34
3.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ 34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 35
4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก 35
4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว 39
4.3 ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก 42
4.4 การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ 44
4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ 44
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 45
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 47
4.4.4 ผลทดสอบความชอบทางด้านสีของเครื่องดื่มโดยวิธี Ranking for preference 48
4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา 48
4.5.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา 48
4.5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ 49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 51
5.1 สรุปผล 51
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
เอกสารอ้างอิง 52
ภาคผนวก 58
ภาคผนวก ก 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข 68
ภาคผนวก ค 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างลักษณะที่ต้องการและไม่ต้องการจากจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่ใช้หมักข้าวหมาก	11
2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิ และข้าวแดงที่ผลิตได้	24
4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	35
4.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่ผ่านการล้างที่ระยะเวลาต่างๆ โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	41
4.3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่เติมน้ำตาลปริมาณต่างๆโดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 4 วันและระยะเวลาในการล้าง 4 นาที	42
4.4 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพที่เติมสารสีในปริมาณต่างๆ	45
4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา	50
4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH ของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะของข้าวหมากหลังกระบวนการหมัก	4
2.2	ผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวหมากเป็นไอศกรีมข้าวหมาก	8
2.3	ลักษณะของลูกแป้งข้าวหมาก	9
2.4	Gelatinization temperature	13
2.5	โครงสร้างของเอนไซม์กลุ่มอะไมเลส	14
2.6	ผลิตภัณฑ์ที่พบจุลินทรีย์โพรไบโอติก	15
2.7	ลักษณะของโคโลนีราโมแนสคัสที่ผลิตสารสีขึ้น	17
2.8	เมล็ดข้าวแดง	18
2.9	โครงสร้างของสารสีจาก *Monascus spp.*	20
2.10	แสดงการเกิดสาร 6-methylsalicylic acid และ orsellinic acid จาก acetyl และ malony unit	21
2.11	แสดงการเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์ fatty acid synthase และ polyketide synthase	22
3.1	การผลิตเครื่องดื่มข้าวหมากที่ผสมสารสีจากโมแนสคัส	33
4.1	คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	36
4.2	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วันโดยมีระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	37
4.3	ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วันโดยมีระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	38
4.4	ปริมาณน้ำข้าวหมากในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4	39
4.5	ลักษณะปรากฏของข้าวหมากที่มีระยะเวลาในการล้างเป็น 2, 4 และ 6 นาที	40
4.6	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงที่ร้อยละ 0, 1.4, 1.7 และ 2.0	47
4.7	ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงที่ร้อยละ 0, 1.4, 1.7 และ 2.0	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงงาน

ข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของไทย ในสมัยก่อนเป็นที่นิยมรับประทานทั้งเด็กและผู้ใหญ่ ข้าวหมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักข้าวเหนียวด้วยจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมากในวิถีแบบพื้นบ้าน จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในลูกแป้งข้าวหมากคือ รา และยีสต์ โดยราสามารถผลิตเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (alpha-amylase) และกลูโคอะไมเลส (glucoamylase) ออกมาย่อยแป้งในข้าวเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ในขณะที่ยีสต์มีบทบาทในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และยังสามารถสร้างเอนไซม์กลูโคอะไมเลสออกมาย่อยแป้งร่วมกับราได้อีกด้วย (มณชัย, 2546) การทำข้าวหมากเป็นวิธีการที่จะยืดอายุการเก็บข้าวไว้ให้รับประทานได้นานขึ้นซึ่งถือเป็นการถนอมอาหารอย่างหนึ่งแล้วยังสามารถนำมารับประทานเป็นของหวานได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำข้าวหมาก หรือไอศกรีมข้าวหมาก เป็นต้น (ฉัตรภา, 2556) นอกจากนี้ข้าวหมากยังมีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณต่างๆ มากมาย เช่น โพรไบโอติก (Probiotic) ในข้าวหมาก ซึ่งมีลักษณะเป็นอาหารเสริมที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตสามารถก่อประโยชน์ให้กับร่างกาย โดยปรับกลไกจุลินทรีย์ในร่างกายให้มีความสมดุล ทำให้เพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติภายในลำไส้จึงทำให้ระบบการย่อยนั้นดีขึ้น อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต่างๆ ให้กับร่างกาย (สุภาภรณ์, 2551) เมื่อรับประทานข้าวหมากแล้วจะรู้สึกสดชื่น เนื่องจากได้รับน้ำตาลไปให้พลังงานแก่ร่างกายอย่างรวดเร็ว และแป้งที่ยังเหลือจากการย่อยนั้นสามารถให้พลังงานแก่ร่างกายได้ อีกทั้งยังได้วิตามินต่างๆที่มีอยู่ในข้าว นอกจากนี้แล้วปริมาณของแอลกอฮอล์ในข้าวหมากที่มีอยู่เล็กน้อยยังช่วยทำให้ระบบการไหลเวียนโลหิตดีขึ้น หากบริโภคเป็นประจำจะช่วยป้องกันโรคเส้นเลือดอุดตันได้เช่นเดียวกับการดื่มไวน์ ส่วนในแง่ของประโยชน์ทางเศรษฐกิจนั้น คือ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยโดยนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น (เจริญ, 2547)

สีมีความสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม สีของอาหารแสดงลักษณะปรากฏของอาหารและสำคัญในการผลิตอาหาร สีผสมอาหารอาจได้มาจากการสังเคราะห์ขึ้นหรือได้มาจากธรรมชาติ สีที่ได้มาจากธรรมชาติเป็นวัตถุเจือปนที่ปลอดภัยและเป็นที่ต้องการในทั่วโลก อาจได้มาจากพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ทำให้มีการใช้สีสังเคราะห์ลดลง เนื่องจากอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagenicity) และการเกิดมะเร็ง (carcinogenicity) (กัญญุมา, 2546 อ้างถึง M. Sabater-Vilar และคณะ, 2542) ราโมแนสคัสมีความสามารถในการผลิตสารที่มีประโยชน์ได้หลายชนิดเช่น เมวิโนลิน ซิตรินิน และสร้างรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ สารสีเหลือง สีส้ม และสีแดง ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษา โรค เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้มากมาย และมีรายงานว่า เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มีปริมาณสารฟีนอลิก (phenolic compound) และสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) สูง เหมาะต่อการผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกายได้ ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนั้นจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น ทำให้เกิดโรคแห่งความเสื่อมของร่างกาย ทั้งโรคหลอดเลือด โรคหัวใจ และ ต้อกระจก เป็นต้น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งอีกด้วย (Kim และคณะ, 2008) ปัจจุบันจึงมีการนำสีที่ผลิตได้จากราโมแนสคัสมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม

จากคุณประโยชน์ดังกล่าวของข้าวหมากและสารสีจากราโมแนสคัส โครงงานพิเศษนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหมาก โดยนำน้ำข้าวหมากที่ได้จากการหมักข้าวหมากมาผลิตเป็นเครื่องดื่มที่ผสมสารสีจากโมแนสคัสซึ่งนอกจากจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพแล้ว สารสีแดงจากรายังเป็นสีที่ได้จากธรรมชาติ นับว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภครวมทั้งยังช่วยดึงดูดความสนใจและความน่ารับประทานของเครื่องดื่มที่ได้ รวมทั้งเพิ่มความหลากหลายของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพให้กับผู้บริโภคอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากเพื่อให้ได้น้ำข้าวหมากที่มีปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม ได้แก่ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมัก ระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว และปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก

1.2.2 ทดลองผลิตเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากที่ผสมสารสีจาก *Monascus purpureus* ในปริมาณต่างๆ

1.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

โครงงานพิเศษนี้ทำการผลิตข้าวหมากโดยใช้ข้าวเหนียวสายพันธุ์เขี้ยวงู ตราไร่ทิพย์ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตข้าวหมากเพื่อให้ได้น้ำข้าวหมากที่มีปริมาณและคุณภาพในการนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม จากนั้นทำการหมักข้าวหมากที่สภาวะที่เหมาะสมต่างๆเพื่อนำมาผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพโดยมีการผสมสารสีจากราโมแนสคัสและทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณฟีนอลิก และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และความเปลี่ยนแปลงของสีจากราโมแนสคัสที่ทำการผสมลงในน้ำข้าวหมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพใหม่ให้กับผู้บริโภคที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

1.4.2 เป็นการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้กับยุคสมัยใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวที่นำมาใช้ในการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวหมาก

ข้าวหมากจัดเป็นอาหารหมักพื้นเมืองชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีกลิ่นหอม รสหวานและมีแอลกอฮอล์เล็กน้อย (รูปที่ 2.1) นิยมบริโภคเป็นของหวาน เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคส มีขายตามท้องตลาดทั่วไป บางประเทศในแถบเอเชียก็มีข้าวหมากเช่นกัน ได้แก่ ข้าวหมากของอินโดนีเซียที่เรียกว่า ทาเป้ (Tape) ข้าวหมากของจีนเรียกว่า เลาเชา (Lao-chao) (สุภาพ, 2554) ข้าวหมากทำจากข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวธรรมดาและข้าวเหนียวดำแต่ปัจจุบันมักไม่ค่อยเห็นข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ การทำข้าวหมากถือเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง เนื่องจากยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นปฏิปักษ์กับจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนช่วยชะลอการเน่าเสียของอาหาร

รูปที่ 2.1 ลักษณะของข้าวหมากหลังกระบวนการหมัก
ที่มา : http://olarnkhawmark.blogspot.com/2015/08/blog-post_2.html (วันที่สืบค้น: 13 ธันวาคม 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประวัติความเป็นมา

ข้าวหมากเป็นอาหารไทยที่นิยมมาตั้งแต่โบราณโดยในสมัยแต่ก่อนนิยมรับประทานข้าวหมากทั้งเด็กและผู้ใหญ่โดยที่ผู้ใหญ่จะให้เด็กกินข้าวหมากเพราะจะทำให้แข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี ส่วนผู้หญิงโดยเฉพาะหญิงสาวก็จะชอบรับประทานข้าวหมากเพราะทำให้รูปร่างดี ผิวพรรณสวยงาม ในผู้สูงอายุก็นิยมรับประทานข้าวหมากเพราะช่วยให้แข็งแรงไม่เจ็บป่วย แต่คนในยุคปัจจุบันนี้หลายคนอาจไม่เคยได้ยินหรือเคยได้รับประทานข้าวหมากมาก่อน ข้าวหมากเป็นอาหารที่เกิดจากการหมักข้าวในวิถีแบบพื้นบ้านของไทย ทำมาจากทั้งขาวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ

การทำข้าวหมากเกิดมาจากการที่คนไทยนั้นรับประทานข้าวเป็นอาหารหลักและในบางครั้งนึ่งข้าวเหนียวมาแล้วรับประทานไม่หมดจึงคิดค้นวิธีการที่จะยืดอายุการเก็บข้าวไว้ให้รับประทานได้นานขึ้น ซึ่งถือเป็นการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง (ฉัตรภา, 2556) ในการทำข้าวหมากจะต้องใช้ลูกแป้งข้าวหมากซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลมสีขาวนวลน้ำหนักเบาในลูกแป้งข้าวหมากจะมีเชื้อราสกุล *Mucor* sp., *Amylomyces* sp. ซึ่งสามารถสร้างเอนไซม์อะไมเลสออกมาย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลหรือน้ำหวานที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวเรียกว่าน้ำต้อย มีความหวานประมาณ 30-40 องศาบริกซ์ (ปริมาณน้ำตาลคิดเป็นกรัมของน้ำซูโครสต่อ 100 มิลลิลิตร) น้ำต้อยที่ย่อยได้ในระยะแรกช่วงวันที่ 1 และ 2 ยังไม่ค่อยหวานจัด เพราะแป้งยังถูกย่อยไม่สมบูรณ์ จะเริ่มหวานจัดประมาณวันที่ 3 และถ้าหมักไว้นานถึงสัปดาห์จะมีกลิ่นแอลกอฮอล์อ่อนๆ เนื่องจากมียีสต์บางชนิด เช่น ยีสต์ในสกุล *Sacchacomyces* sp. หมักน้ำตาลในข้าวหมากเป็นแอลกอฮอล์จึงควรเก็บข้าวหมากไว้ในตู้เย็นเมื่อหมักได้ที่แล้ว นอกจากนี้ยังสามารถนำมารับประทานเป็นของหวานได้ เช่น รับประทานคู่กับไอศกรีม โยเกิร์ต ใส่ในขนมกะทิ น้ำแข็งใส ก็จะทำให้สามารถรับประทานข้าวหมากได้ในหลากหลายรูปแบบ

2.1.2 วิธีการทำข้าวหมาก

วิธีการทำข้าวหมากนั้นมีหลากหลายสูตรเฉพาะแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างเช่น

2.1.2.1 สูตรที่ 1 (ปภาดา, 2554)

1. ข้าวเหนียวดิบ (ปริมาณจะขึ้นกับลูกแป้งข้าวหมาก โดยสูตรนี้จะใช้ข้าวเหนียว 2 กิโลกรัม ต่อลูกแป้ง 1 ลูก) ใช้ข้าวเหนียวเขี้ยวงูใหม่อย่างดีไม่มีเมล็ดข้าวอื่นปนมามากประมาณข้าวกลางปี ข้าวเหนียวนี้สำคัญมากไม่ใช้ข้าวเหนียวเก่าเพราะสีของเมล็ดข้าวจะเหลืองไม่สวย ข้าวเหนียวใหม่มากก็ไม่ดี ทำออกมาแล้วเมล็ดข้าวจะเละ

2. ล้างข้าวเหนียวดิบให้สะอาด เพื่อเอาฝุ่นและสิ่งสกปรกออก ล้างประมาณ 2-5 ครั้ง

3. เมื่อล้างเสร็จแล้วเอาข้าวเหนียวดิบแช่น้ำใช้น้ำสะอาด แช่ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงหรือแช่ไว้ข้ามคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เตรียมนึ่งข้าวเหนียว ตั้งน้ำให้เดือด นำข้าวเหนียวดิบที่แช่ทิ้งไว้ใส่ซึ้งหรือหวด ใช้เวลานึ่งข้าวเหนียวประมาณ 30-40 นาที ให้สุกทั่วกันและไม่เป็นไตแข็ง

5. นำข้าวเหนียวที่สุกแล้วใส่ภาชนะ เช่น ถาด นำมาผึ่งให้เย็นหรือพลิกข้าวเหนียวกลับไปกลับมา สังเกตจากไอของข้าวเหนียวว่าไม่มีแล้ว

6. นำข้าวเหนียวสุกที่เย็นแล้วไปล้างให้หมดยางข้าว ประมาณ 2-4 ครั้ง โดยใช้น้ำสะอาดผ่านการบำบัดคลอรีนและเชื้อโรค หรือน้ำที่ผ่านจากเครื่องกรองน้ำ (น้ำที่มีคลอรีนอาจทำให้เชื้อยีสต์จากลูกแป้งทำงานได้ไม่เต็มที่)

7. นำข้าวเหนียวสุกที่ล้างจดหมดยางข้าวขึ้นสะเด็ดน้ำ

8. บดลูกแป้งข้าวหมากให้ละเอียด

9. นำข้าวเหนียวสุกที่สะเด็ดน้ำแล้วไปคลุกลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียด (ค่อยๆ โรยลูกแป้งข้าวหมากที่ละนิดให้ทั่วแล้วคลุกเคล้า) ลูกแป้งนี้สำคัญมากที่จะทำให้รสชาติที่ดี การคลุกโดยทั่วไปจะใช้มือหรือไม้พายคลุกไปคลุกมาให้ทั่ว

10. เมื่อคลุกเคล้าให้ทั่วแล้ว เตรียมบรรจุลงภาชนะตามต้องการ นำใส่ภาชนะปิดฝามิดชิด ใช้เวลาหมัก 3 วัน ถ้าหากอากาศเย็นอาจใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก 1 วัน (หลังจากข้าวหมากได้ที่แล้ว นำมาใส่ตู้เย็นสามารถเก็บได้ระยะเวลาถึงเดือน

2.1.2.2 สูตรที่ 2 (ปราโมทย์, 2544)

1. นำข้าวเหนียวอย่างดีมาล้างและแช่น้ำค้างคืนหรืออย่างน้อยประมาณ 3 ชั่วโมง

2. จากนั้นเทน้ำออก รอให้สะเด็ดน้ำรองด้วยผ้าขาวบาง

3. นำข้าวเหนียวนึ่งจนสุกทั่วถึงกัน

4. จากนั้นนำข้าวเหนียวที่นึ่งจนสุกไปผึ่งให้เย็น

5. นำข้าวเหนียวล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำปูนใสจนข้าวหมดยางโดยที่เมล็ดข้าวร่วน

6. ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำให้แห้งมากที่สุด เพราะถ้าข้าวเปียกหรือแฉะจะมีเชื้อแบคทีเรียทำให้ข้าวหมากเปรี้ยวได้ง่าย

7. เกลี่ยข้าวให้กระจายความหนาเท่าๆ กัน แล้วโรยและคลุกลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วให้สม่ำเสมอเบาๆ (ใช้ลูกแป้ง 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของข้าวเหนียวดิบ หรือลูกแป้ง 1 ลูก ต่อข้าวเหนียวดิบประมาณ 2 ลิตร)

8. บรรจุใส่ภาชนะที่แห้งและสะอาด เช่น กล่อง หรือห่อใบตองให้ข้าวเรียงตัวกันหลวมๆ ไม่กดแน่นและไม่ควรหนามาก ให้มีที่ว่างเหนือภาชนะเพื่อให้มีอากาศเพียงพอ

9. เก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 2-3วัน จนเป็นข้าวหมากที่มีรสหอมหวานชวนรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สาเหตุการเสียของข้าวหมาก

ข้าวหมากที่ได้บางครั้งมีกลิ่นรสไม่ดี มีรสหวานไม่เท่าที่ควร มีรสเปรี้ยวมาก ข้าวหมากมีน้ำมากเกินไป เมล็ดข้าวไม่สวย บางครั้งมีสีแดง หรือมีสปอร์ราสีดำ หรือสีน้ำตาลเกิดขึ้น

2.1.3.1 สาเหตุจากข้าวและวิธีการเตรียมข้าวสำหรับหมักไม่เหมาะสม

ทำให้ข้าวหมากรสไม่หวานเท่าที่ควร มีรสเปรี้ยวอยู่มาก และข้าวแฉะ เมล็ดไม่สวย สาเหตุต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่

1. พันธุ์ข้าวที่ใช้และคุณภาพของข้าวไม่ดี
2. นึ่งข้าวนานเกินไปทำให้ข้าวนึ่งเละ เมื่อล้างน้ำทำให้ข้าวเหนียวแฉะ
3. ข้าวที่นึ่งสุกไม่ทั่วทำให้ข้าวหมากแข็ง เนื่องจากแช่ข้าวเหนียวไม่นานพอ หรือนึ่งเร็วเกินไป
4. ล้างข้าวขณะที่ข้าวยังร้อนอยู่ทำให้ข้าวเหนียวแฉะ
5. คลุกลูกแป้งกับข้าวเหนียวขณะที่ยังไม่สะเด็ดน้ำทำให้ความชื้นของข้าวสูงเกิดการเปรี้ยว เนื่องจากมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย

2.1.3.2 สาเหตุจากลูกแป้งข้าวหมาก ได้แก่

1. ลูกแป้งเก่าเกินไปเชื้อข้าวหมากส่วนใหญ่ตายไปแล้วทำให้ใช้เวลาหมักนานขึ้นข้าวหมากมีกลิ่นไม่ค่อยดีรสหวานน้อยและเสียได้ง่าย
2. ลูกแป้งไม่ดีลูกแป้งเสียมีเชื้อราและยีสต์ปนเปื้อนทำให้ข้าวหมากเปรี้ยวมีกลิ่นรสผิดจากปกติ
3. ใช้ลูกแป้งน้อยเกินไปได้ข้าวหมากช้า เนื้อข้าวไม่ฟูนิ่มตลอดเมล็ดข้าว มีสีไม่น่ารับประทานออกสีน้ำตาลมาก
4. ใช้ลูกแป้งมากเกินไปข้าวหมากได้ที่เร็วเกินไปเก็บไว้ได้ไม่นานมีกลิ่นของเครื่องเทศแรงเกินไป

2.1.3.3 สาเหตุจากน้ำและภาชนะที่ใช้ไม่สะอาด

ถ้าน้ำที่ใช้และภาชนะที่ใช้ไม่สะอาดจะทำให้เกิดการเสียของข้าวหมากขึ้นได้ นอกจากนี้การเลือกใช้น้ำคุณภาพดีจะมีผลดีต่อคุณภาพของข้าวหมากที่ได้เพราะคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมีผลต่อรสชาติและคุณภาพของข้าวหมาก

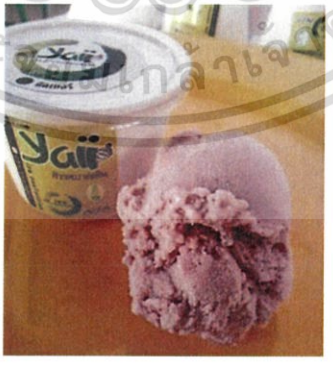
2.1.4 ประโยชน์จากข้าวหมาก

ในประเทศไทยมีอาหารที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์โพรไบโอติกหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือ ข้าวหมาก ซึ่งเป็นอาหารที่เกิดจากการหมักข้าวในวิถีแบบพื้นบ้านของไทย ทำมาจากทั้งข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ จากงานวิจัยค้นพบและยืนยันถึงประโยชน์หลากหลายของการได้รับโพรไบโอติกว่าช่วยย่อยอาหาร ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ลดอาการท้องผูก ป้องกันและรักษาภาวะท้องเสีย โดยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ดีหรือที่ก่อให้เกิดโรค เพิ่มภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย ลดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดเชื้อไข้หวัด ลดระดับไขมันในเลือดโดยลดระดับของแอลดีแอลคลอเลสเตอรอล ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง เพิ่มการดูดซึมของวิตามินและแร่ธาตุ ลดการอักเสบภายในร่างกาย และมีการศึกษาต่อเนื่องเรื่องการใช้รักษาผู้ป่วยโรคภูมิแพ้เรื้อรัง และผู้ป่วยโรคเอดส์ โรคมะเร็งระบบทางเดินอาหาร ลดความเสี่ยงการเกิดโรคกระดูกพรุน (ฉัตรภา, 2558) สารสกัดจากข้าวหมากยังมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร โดยพบว่าสารสกัดจากข้าวหมากนั้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้หลายชนิด เช่น *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* และ *Staphylococcuc aureus* เนื่องจากสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบในลูกแป้งข้าวหมากมักมีสารหอมระเหยหลายชนิดที่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด จึงสันนิษฐานว่าฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ ก่อโรคทางระบบทางเดินอาหารมาจากฤทธิ์ของสารประกอบในสมุนไพร (อรุณ, 2554) นอกจากประโยชน์จากโพรไบโอติกแล้วข้าวหมากยังช่วยให้ร่างกายผลิตกรดอินทรีย์ช่วยในการขับถ่าย ทำให้กระดูกและเม็ดเลือดแข็งแรง ปรับความสมดุลให้กับแบคทีเรียในร่างกาย ช่วยให้การเผาผลาญปกติ และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยกำจัดสารก่อมะเร็ง กำจัดไวรัส ลดอาการอักเสบ แก้ท้องเสีย โรคกระเพาะอาหาร โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภูมิแพ้ โรคตับอักเสบ โรคตับ แผลสด แผลพุพอง แผลเน่าเปื่อย และยังอุดมไปด้วยธาตุสังกะสี ช่วยบำรุงเลือดทำให้ผิวพรรณสดใส ไม่เป็นสิวฝ้า (คมสัน, 2556)

ในแง่ของประโยชน์ทางเศรษฐกิจกิจนั้นผลิตภัณฑ์จากข้าวได้รับการวิจัยและพัฒนาไปหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากแนวโน้มการบริโภคข้าวในหลายประเทศลดลง ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่า ผลิตภัณฑ์จากการหมักข้าวเป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านและสามารถเพิ่มมูลค่าได้อีกด้วยรวมถึงยังสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การผลิตข้าวหมากจะทำให้จุลินทรีย์ในลูกแป้งเจริญและสร้างสารที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค นอกจากนี้การทำข้าวหมากยังพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ เช่น ไอศกรีมข้าวหมาก (รูปที่ 2.2) น้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ และคุ้กกี้ข้าวหมาก เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวหมากเป็นไอศกรีมข้าวหมาก
ที่มา : http://www.xn--22cap5dwcq3d9ac1l0f.com/archives/19038
(วันที่สืบค้น : 13 ธันวาคม 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลูกแป้ง

ลูกแป้ง คือ กล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บอยู่ในรูปเชื้อแห้ง ใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในแถบเอเชีย การผลิตลูกแป้งเข้าว่ามีต้นกำเนิดจากประเทศจีน กล้าเชื้อนี้มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นในแต่ละประเทศแตกต่างกันไป เช่น ชาวตะวันตกเรียกลูกแป้งของจีนว่า Chinese yeast, Chinese yeast cake หรือ Chinese koji ในฟอร์โมซา เรียกลูกแป้งว่า "Peka" ในมาลายาและอินโดนีเซีย เรียกว่า "Raji" หรือ "Raggi" ในประเทศอินเดียเรียก Bukhar (มนตรี, 2521)

ลูกแป้ง มีหลายชนิดผลิตตามวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้เช่น ลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งน้ำส้มสายชู การใช้ประโยชนจะคล้ายคลึงกัน คือใช้ในการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแป้งในวัตถุดิบประเภทธัญพืชและพืชหัวให้เป็นน้ำตาลเพื่อผลิตเป็นอาหารหมักประเภทข้าวหมาก สุราและเมรัย เช่น กระแช สาโท หรือ อุ (นภา, 2535)

ลูกแป้งข้าวหมากเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากการผสมแป้งข้าวเจ้ากับลูกแป้งที่สำเร็จแล้วเพื่อเป็นการต่อเชื้อ และยังมีส่วนผสมของสมุนไพร เช่น กระเทียม ขิง ข่า ชะเอม และพริกไทย เพื่อเป็นการควบคุมจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการ (ปราโมทย์, 2538) เนื่องจากในเครื่องเทศสมุนไพรมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ เทอร์พีน ฟีนอล อัลคาลอยด์ เรซิน กรดอินทรีย์ สารประกอบที่มีกำมะถัน และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าการฆ่า เพราะมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ได้ (ชัยวัฒน์, 2520) การใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดแต่ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของยีสต์และรา (บัญญัติ, 2518) การใช้เครื่องเทศและสมุนไพรต่างชนิดกันมีผลทำให้ความหลากหลายทางจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่างกัน เนื่องจากในสมุนไพรแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (พิไลพรรณ, 2523) ลูกแป้งข้าวหมากเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตข้าวหมาก เป็นแป้งเชื้อ (mold bran) ชนิดหนึ่ง มีลักษณะคล้ายดินสอพอง ประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดที่สำคัญ คือ เชื้อราที่สามารถย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลและยีสต์ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (ชนาธิป และคณะ, 2543)

รูปที่ 2.3 ลักษณะของลูกแป้งข้าวหมาก
ที่มา : https://kawmakpaphada.blogspot.com/2011/06/blog-post_2965.html (วันที่สืบค้น : 13 ธันวาคม 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

ลูกแป้งประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ รากลุ่ม *Amylomayces* sp., *Rhizopus* sp. และ *Aspergillus* sp. ส่วนยีสต์เป็นกลุ่ม *Saccharomyces* sp. เป็นต้น แบคทีเรียที่ทำให้คุณภาพของข้าวหมากลดลงและไม่เป็นที่ต้องการ ได้แก่ *Acetobacter* sp. และ *Bacillus* sp. เนื่องจากทำให้ข้าวหมากมีรสเปรี้ยวมักเป็นผลจากการเก็บรักษาลูกแป้งและวัตถุดิบที่ใช้ในการปั้นลูกแป้ง ในทางปฏิบัติการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะนิยมเติมสมุนไพรลงไป โดยมีอัตราส่วนแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นและเติมในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหมาก ทำให้มีคุณภาพดี กลิ่น และรสชาติที่ดี (วีระสิทธิ์ และคณะ, 2554)

2.2.2 ตัวอย่างสูตรและวิธีการผลิตลูกแป้ง

ปัจจุบัน มีการพิมพ์เผยแพร่สูตรทำลูกแป้งแล้วหลายแห่ง เช่น สูตรลูกแป้งต่อไปนี้เป็นสูตรที่สถาบันวิจัยไวน์และสุราพื้นบ้าน ใช้จัดอบรมหลักสูตรการผลิตสุราพื้นบ้านและเป็นสูตรที่มีพื้นฐานมาจากสูตรของสาโทก้าวหน้า (เขตหลักสี่ กทม.) และดัดแปลงโดยศาสตราจารย์นภา (2534) ในหนังสือ “กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต” ดังนี้ แป้งข้าวเจ้า 400 กรัม กระเทียม 6 กรัม ดีปลี 2 กรัม ชะเอม 6 กรัม ขิง 6 กรัม ข่า 6 กรัม และพริกไทย 6 กรัม

วิธีทำ

1. นำข้าวเจ้าเก่ามาล้างให้สะอาดและแช่น้ำนาน 2-3 ชั่วโมง
2. นำข้าวมาบดหรือปั่นจนได้น้ำแป้งเหนียวข้น พร้อมทำให้สะเด็ดน้ำด้วยการห่อผ้าขาวบาง 2 ชั้น ทิ้งไว้สักพักจนได้เนื้อแป้งเป็นก้อนเหลวที่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ ในขั้นตอนที่ 1-2 หากต้องการประหยัดเวลาอาจใช้แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปก็ได้
3. นำแป้งข้าวมาคลุกผสมกับยีสต์ให้เข้ากัน ก่อนทิ้งไว้เพื่อให้ยีสต์เติบโตและขยายจำนวนนาน 1-2 วัน
4. ปั้นแป้งเป็นก้อนครึ่งวงกลมบนถาดหรือภาชนะ และตั้งทิ้งไว้ในร่ม 2-3 ชั่วโมง ก่อนออกตากแดด

2.2.3 คุณสมบัติของหัวเชื้อลูกแป้งที่ใช้หมัก

ลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม ขนาดประมาณ 3-4เซนติเมตร ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก และเนื้อแป้งจะมีจุลินทรีย์หรือยีสต์ประเภทเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์อยู่จำนวนมาก น้ำหนักของลูกแป้งจะเบามาก เนื่องจากภายในมีรูพรุนที่เกิดจากพองฟูขยายตัวของเนื้อแป้งขณะบ่ม และมีการตากแดดจนเหลือความชื้นไม่มาก เมื่อนำมาขยี้หรือบดจะเป็นผงละเอียด สีขาวผสมน้ำตาล ไม่มีกลิ่นเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างลักษณะที่ต้องการและไม่ต้องการจากจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่ใช้หมักข้าวหมาก

สมบัติของจุลินทรีย์ชนิดดี / จำเป็น และให้ประโยชน์ต่อการหมัก	สมบัติของจุลินทรีย์ปนเปื้อน /ไม่จำเป็น และไม่ให้ประโยชน์ต่อการหมัก
ราสร้าง fermentable sugar	**รา + ยีสต์ + แบคทีเรียชนิดปนเปื้อน**
สร้างเส้นใยมากและเร็ว	สร้างกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติค)
ให้กลิ่นรสที่ดีในข้าวหมาก	สร้างกลิ่นบูด
ยีสต์สร้างและทนแอลกอฮอล์สูง	สร้างความขุ่น
สร้างกลิ่นหอม (อะโรมาติกเอสเทอร์)	สร้างสี
สร้างรสชาติ	สร้างยางเหนียว
ให้ความฝาดขม	สร้างก๊าซจำนวนมาก CO_2 , H_2
ให้ความเปรี้ยว (จากแลคติก)	สร้างกลิ่นยีสต์
ให้ตัวตน	**สร้างเอนไซม์เร่งการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนไปเป็นฟูเซลออยล์**
ให้ความกลมกล่อม	
หมักดีที่อุณหภูมิห้อง	สร้างเอนไซม์ไลเปส
หมักเสร็จแล้วตกตะกอนดี	สร้างและสะสมสารเอทิลคาร์บาเมต
ไม่ให้กลิ่นก๊าซไข่เน่า	ออกซิไดซ์แอลกอออล์
	ออกซิไดซ์กรดอินทรีย์

ที่มา : http://l3lackmann.blogspot.com/2013/05/blog-post.html (สืบค้นวันที่ : 9 ธันวาคม 2559)

2.2.4 หลักการเลือกใช้ลูกแป้ง

ลูกแป้งควรจะมีลักษณะร่วนพรุน มีนวลสีขาว และไม่มีราสีดำหรือสีเขียว บางครั้งลูกแป้งที่มีราสีขาว แต่ถ้าตากแห้งช้าเกินไปราจะออกดอกสีดำทำให้ลูกแป้งมีสีดำ เมื่อนำไปหมักก็จะได้ผลไม่ค่อยดีนัก วิธีที่จะตรวจสอบว่าลูกแป้งหมักได้ดีหรือไม่ ต้องทดลองนำไปหมักเพราะเชื้อที่มีในลูกแป้งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ หรืออีกวิธีหนึ่ง คือ การเลือกใช้ลูกแป้งจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เช่น โรงงานที่ผลิตสาโทที่มีคุณภาพดีอยู่แล้ว หรือจากบ้านที่ทำลูกแป้งมาแต่ดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการผลิตไวน์ข้าว (วิษณุ, 2556)

Turbid rice wine คือ เป็นไวน์ข้าวที่มีการผลิตตามกระบวนการตามธรรมชาติ จากการหมักด้วยเชื้อรา ยีสต์ หรือลูกแป้ง เพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์ และเติมน้ำเปล่าทิ้งไว้ระยะหนึ่ง ซึ่งเชื้อราช่วยเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (Saccharification) ส่วนยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

2.3.1 การล้างเมล็ดข้าว

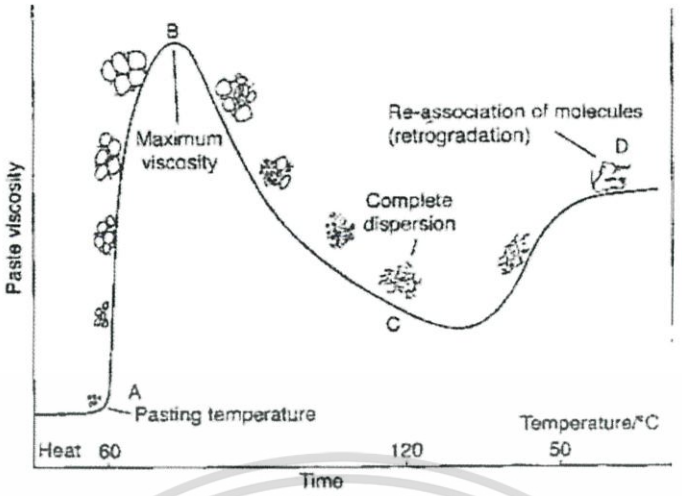
ชะล้างสิ่งแปลกปลอมช่วยลดระดับการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ลงส่วนการแช่ข้าวมีจุดประสงค์เพื่อให้ข้าวอมน้ำร้อยละ 25-30 โดยน้ำหนักก่อนนำไปนึ่งให้สุกน้ำจะซึมผ่านเข้าไปกระจายอยู่ทั่วบริเวณเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวโดยการแช่ข้าวจะใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง

2.3.2 การนึ่งข้าว

เพื่อทำให้เม็ดแป้งเกิดเจลาติไนซ์ (รูปที่ 2.4) และทำให้โปรตีนเสียสภาพเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าตัดของเอนไซม์ของราซึ่งการเจลาติไนซ์ คือ ปรากฏการณ์ของน้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง (starch granule) เนื่องจากความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้งสายพอลิเมอร์ของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) ที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏเม็ดแป้งพองตัวและความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อุณหภูมิที่แป้งเริ่มเกิดการเจลาติไนซ์เรียกว่า gelatinization temperature หรือ pasting temperature อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ช่วงนี้เม็ดแป้งยังคงมีสภาพอยู่ได้โดยไม่แตกออก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเม็ดแป้งจะพองตัวเพิ่มขึ้นและมีความหนืดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดลักษณะของน้ำแป้งข้น (starch paste) ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่เม็ดแป้งเกิดการพองตัวสูงสุดและให้ความหนืดสูงสุด (maximum visicosity) จากนั้นเม็ดแป้งจะแตกถึงจุดสูงสุดซึ่งไม่สามารถคืนสภาพได้หรือมีการกวนอย่างรุนแรงจนเม็ดแป้งแตกออกการเจลาติไนซ์เป็นการสุกของสตาร์ช ซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนแก่อาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบเกิดในการให้อาหารสุกด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การนึ่ง การทอด การอบ การทำให้สุกด้วยเอกซ์ทรูเดอร์ และไมโครเวฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Gelatinization temperature

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/350/gelatinization (วันที่สืบค้น 9 ธันวาคม 2559)

2.3.3 การหมักข้าว

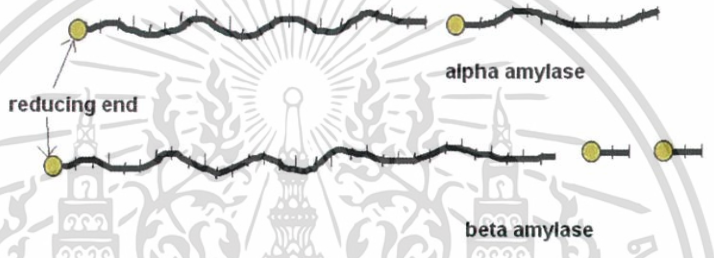
การหมักด้วยกล้าเชื้อซึ่งนิยมใช้จากลูกแป้ง ในช่วง 2-3 วันแรกของการหมักผลิตเอนไซม์อะไมเลสเพื่อย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล (เรียกว่า Saccharification) ได้น้ำหวานเรียกว่าน้ำต้อย ความหวานสูงสุดของน้ำต้อยวัดบริกซ์ได้ประมาณ 37-47 องศาบริกซ์ (ขึ้นกับชนิดของข้าว) จากนั้นเติมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อและมีคุณภาพน้ำบริโภคเพื่อไปเจือจางความหวานหรือเพื่อปรับค่าบริกซ์ให้มีค่าประมาณ 20-22 องศาบริกซ์ การหมักในช่วงหลังยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยให้กระบวนการหมักดำเนินต่อไปอีก 4-7 วันหรือเมื่อวัดระดับแอลกอฮอล์ได้ประมาณร้อยละ 10-12

การหมัก มี 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล(Saccharification) โดยราจะสร้างเอนไซม์กลุ่มอะไมเลสซึ่งมีโครางสร้างดังรูปที่ 2.5 ประกอบด้วย แอลฟาอะไมเลส (alpha amylase) เบต้าอะไมเลส (beta amylase) และกลูโคอะไมเลส (glucoamylase) ย่อยโครงสร้างแอลฟาฟอร์ม (a-form) ในโมเลกุลของเม็ดแป้งให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่น้ำตาลโมเลกุลคู่และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวตามลำดับสภาวะการหมักต้องการอากาศสำหรับการเจริญของรา กลุ่มที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการสร้างเอนไซม์ปริมาณมากได้แก่ ราใน Class *Zygomycetes* Order *Mucorales* Family *Mucoraceae* ได้แก่ *Rhizopus* sp. เช่น *R. oligosporus*, *R. oryzae* *R. japonicas* จีนัส Mucor sp. เช่น *M. rouxii* และ จีนัส *Amylomyces* sp. ได้แก่ *Amylomyces rouxii* และราใน Class *Deuteromycetes* Order *Moniliales Family Moniaceae* ได้แก่ จีนัสสำคัญคือ *Aspergillus* sp. เช่น *A. oryzae*, *A.niger* คุณสมบัติของราในคลาสแรก คือ สร้างเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีแอคทิวิตี้สูงพร้อมกับสร้างกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟูมาลิก กรดซิตริก และกรดแลคติก ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท แต่การไฮโดรไลส์แป้งเกิดไม่สมบูรณ์ คือ ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่า เมื่อเทียบกับราในคลาสหลังยกเว้นรา *Amylomyces rouxii* ที่มีระดับการสร้างน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในกลุ่ม เนื่องจากมีเอนไซม์กลูโคอะไมเลสและไม่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโทเป็นที่น่าสังเกตว่ากรดที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวช่วยยับยั้งพวกจุลินทรีย์อื่นที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนได้ที่เรียกว่า Protected Fermentation เชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมากแผ่กระจายปกคลุมบนผิวเมล็ดข้าวและแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าวบางส่วนแทงทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวราจะสร้างเอนไซม์จำนวนมากออกมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลเฟอร์เมนต์ ได้แก่ มอลโตไตรโอส มอลโตส กลูโคส และน้ำตาลนอนเฟอร์เมนต์ ได้แก่ ลิมิตเดกซ์ตริน และสร้างกรดอินทรีย์ และยังได้สารอาหารและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของยีสต์



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเอนไซม์กลุ่มอะไมเลส
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1174/amylase-อะไมเลส (วันที่สืบค้น : 9 ธันวาคม 2559)

ขั้นตอนที่สองยีสต์ในระยะแรกที่มีอากาศนี้จะยังไม่เกิดกระบวนการหมัก แต่จะมีการแตกหน่อเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วจนมีปริมาณที่มากพอประกอบกับสภาวะความเป็นกรดที่ราสร้างให้ร่วมกับเป็นระยะที่ผู้ผลิตจะเติมน้ำลงไป ทำให้เป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ ในการเจริญจะหยุดกิจกรรม ส่วนยีสต์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ทั้งสองสภาวะ คือ Facultative Anaerobe ก็จะเปลี่ยนรูปแบบการสร้างพลังงานจากการหายใจที่ใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการหมักหรือการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นส่วนของขั้นตอนที่สองที่เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวซ์ให้เป็นแอลกอฮอล์ แต่ก็พบบ้างว่ามียีสต์บางจีนัสที่มีเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่สามารถเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลเฟอร์เมนต์โดยยีสต์ในกลุ่ม Ascomycetous yeast ได้แก่ จีนัสสำคัญคือ *Endomycopsis* sp. เช่น *E. fibuligera* ส่วนยีสต์หมักแอลกอฮอล์ ได้แก่ *Saccharomyces* sp. เช่น *S. cerevisiae* และยีสต์ *Torulopsis* sp. โดยทั่วไปสามารถใช้คุณสมบัติของยีสต์แบบเดียวกับยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ใช้ในการผลิตไวน์และไวน์ผลไม้ก็ย่อมได้ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีคุณสมบัติเหมาะสมในการหมักสาโทเช่นกัน เพราะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทนต่อความเป็นกรด ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาล และทนต่อระดับแอลกอฮอล์ได้ดี และเมื่อต้องการให้ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ จะต้องปรับสภาวะให้อยู่ในสภาพไร้อากาศ

2.4 จุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic)

กรดแลกติก (lactic acid) ที่จุลินทรีย์สร้างจะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) เช่น *Clostridium perfringens, Salmonella sp.* เป็นต้น

ช่วยลดระดับของคลอเลสเตอรอล (cholesterol) ฟอสฟอลิพิด (phospolipid) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือด โดย *Lactobacillus acidophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มบิฟิโดแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะช่วยย่อยสลายคลอเลสเตอรอล (choloesterol) และยับยั้งการดูดซึมคลอเลสเตอรอลผ่านผนังลำไส้

ช่วยในการทำงานของลำไส้ ลดอาการท้องผูกได้ เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์บิฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) ผลิตขึ้นจะกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ และช่วยเพิ่มความชื้นของอุจจาระทำให้สามารถขับถ่ายได้สะดวกมากขึ้น

ช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมในระบบย่อยอาหาร

สามารถผลิตวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบี 1, วิตามินบี 2, วิตามินบี 6, วิตามินบี 12, ไบโอติน (biotin), กรดนิโคตินิก (nicotinic acid) และ กรดโฟลิก (folic acid) ได้

รูปที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์ที่พบจุลินทรีย์โพรไบโอติก

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0780/probiotic%E0%B9%82%E0%B%9E%E0%B8%A3%E0%B9%84%E0%B8%

(วันที่สืบค้น : 8 ธันวาคม 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ราโมแนสคัส (*Monascus* spp.) (Srianta และคณะ, 2014)

รายงานว่า ในแถบเอเชียผลิตภัณฑ์ที่ได้จากราโมแนสคัสเป็นที่ยอมรับมาเป็นเวลานาน นำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร สารกันเสีย อาหารเสริม และยาแผนโบราณ โดยในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีวิธีการหมักที่แตกต่างกันออกไป ผลิตภัณฑ์จากราโมแนสคัสได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและเป็นที่นิยมไปทั่วโลก ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมราโมแนสคัสได้ก้าวหน้าไปจากวิธีการดั้งเดิมที่ต้องใช้แรงงานอย่างมากและใช้เวลานานในการผลิตโมแนสคัสที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้อุตสาหกรรมสามารถผ่านปัญหาเรื่องพื้นที่การควบคุมรวมถึงกระบวนการผลิต การศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลชีววิทยาของราโมแนสคัสกำลังคืบหน้าไปเรื่อยๆ ทำให้เรามีข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้เราสำรวจราโมแนสคัสสำหรับการออกแบบอาหารที่มีประโยชน์เช่นเดียวกับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม การผลิตยาสีฟันจากราโมแนสคัสเป็นการทดลองสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสารสีที่มีสีแดงเข้มของราโมแนสคัสซึ่งมีแนวโน้มมากที่สุด ในขณะที่สารสีเหลืองจากราโมแนสคัสก็มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อหาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักราโมแนสคัสที่มีประสิทธิภาพและใช้เป็นทางเลือกเศรษฐกิจ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักราโมแนสคัส กลุ่มวิจัยส่วนใหญ่ในเอเชียมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากราโมแนสคัสที่ไม่ใช่จากข้าว เช่น หมักจากถั่วเหลือง ลูกเดือย กลอย กระเทียม โสม เมล็ดทุเรียน และอื่นๆ นอกจากนี้ส่วนประกอบทางสรีรวิทยาของผลิตภัณฑ์จากราโมแนสคัสที่นำไปใช้ได้ เช่น lovastatin และ polysaccharides กลายเป็นส่วนสำคัญของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ "Monarcus esterifying" ซึ่งนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพสามารถใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จีนและการผลิตซอสถั่วเหลือง

การใช้ประโยชน์จากราแดงสายพันธุ์โมแนสคัส (*Monascus* sp.) มีมานานแล้ว โดยนำมาผลิตสารให้สีและสารสำคัญที่มีประโยชนต่อสุขภาพ เช่น เมวิโนลิน (mevinolin) และซิตรินิน (citrinin) โดยมีการนำสารที่ผลิตได ดังกล่าว มาใช้เป็นสีผสมอาหาร ยาฆ่าเชื้อโรค และใช้ในการรักษาโรคต่างๆ สารให้สีที่ราโมแนสคัสผลิตขึ้นมานั้น ถือว่าเป็นสีผสมอาหารที่มีความปลอดภัย นอกจากประโยชนจากสารให้สีแลว สารเมวิโนลิน ที่ผลิตไดมีคุณสมบัติในการลดระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในกระแสโลหิต สวนซิตรินินนั้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย

โมแนสคัส (Monascus sp.) เป็นราที่มีเส้นใยแตก กิ่งก้านสาขาและมีผนังกั้น (septate) มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบ อาศัยเพศ และไมอาศัยเพศ มักเจริญแบบเกาะแน่นบนอาหารแข็ง เส้นใยของราโมแนสคัสเมื่ออายุน้อยจะมีสีขาว แต่เมื่ออายุมากขึ้นเส้นใยจะมีสีแดงหรือสีม่วงจาก สารสีที่ผลิตขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.7 โคโลนีของราโมแนสคัส มีการใช้ราโมแนสคัสในอาหารและยาพื้นบ้านในประเทศแถบตะวันออกมานานหลายร้อยปีแลว (บุษบา, 2542) เช่น เมื่อ 600 ปก่อน มีการใช้ราโมแนสคัสในการผลิตสีผสม อาหาร ยาสามัญพื้นบ้าน ไวน์และอาหารหมักดองต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 ลักษณะของโคโลนีราโมแนสคัสที่ผลิตสารสีขึ้น

ที่มา : http://curiosidadesdelamicrobiologia.blogspot.com/2012/05/monascus-purpureus-lovastatina-y-arroz.html (สืบค้นวันที่ 27 มิถุนายน 2560)

2.5.1 ชื่อสามัญและชื่อทางวิทยาศาสตร์

จัดอยู่ในวงศ์ (Family) *Monascaceae*

กลุ่ม (Class) *Ascomycetes*

กลุ่มย่อย (Subclass) *Plectomycetidae*

อันดับ (Order) *Eurotiales*

2.5.2 ลักษณะทั่วไป

โมแนสคัส มีเส้นใยแบบมีผนังกั้น (Septate) มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศและไม่มีเพศ เส้นใยมีการแตกกิ่งก้านสาขามากมายและมักเจริญแบบชิดเกาะแน่นบนผิวของอาหารแข็ง เส้นใยเมื่ออายุอ่อนมีสีขาว แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีแดงหรือแดงม่วง การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อรา *Monascus* spp. ซึ่งจะมีการสร้างเพอริทีเชียม (Perithecium) ซึ่งเป็นแอสโคคาร์ป (Ascocarp) มีรูปร่างกลม โดยจะเกิดบนก้าน (stalk) ที่มีหรือไม่มีผนังกั้นก็ได้แอสโคคาร์ปเกิดขึ้นบนเส้นใยซึ่งเป็นแบบฮอโมแทลลิก (Homothallic) โดยมีการสร้างโครงสร้างออกมา 2 ชนิดคือ แอนทอริเดียม (Antheridium) และแอสโคโกเนียม (Ascogonium) เกิดการฟิวชัน (Fusion) ที่ปลายแอสโคโกเนียมกับส่วนฐานหรือส่วนกลางของแอนเทอริเดียมแล้วจึงจะมีการวิวัฒนาการต่อไปอีกคือแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสตามมาด้วยไมโตซิสมี Daughter nuclei จากการแบ่งตัวมีการขยายผนังเซลล์รวมออก เรียกว่า การสร้างแอสโคคาร์ปขึ้นในที่สุด ภายในเพอริทีเชียมมีแอสโคสปอร์ (Ascospores) มากมาย โดยแอสโคสปอร์จำนวน 2-8 รวมอยู่ภายในแอสคัส (Ascus) แอสโคสปอร์มีลักษณะเป็นรูปไข่ อาจมีสีน้ำตาล สีแดง สีส้ม หรือไม่มีสี เมื่อผนังแอสโคคาร์ปแตกออกจะปล่อยแอสโคสปอร์งอกเป็นเส้นใหม่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การผลิตข้าวแดงจากเชื้อราโมแนสคัส

ข้าวแดง เป็นผลิตภัณฑ์สารสีที่เกิดจากการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. บนข้าวนึ่ง รู้จักกันมานานในแถบตะวันออก เช่น จีน ประเทศแถบเอเชียใต้ เช่น ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา อินโดนีเซีย เป็นต้น เชื้อราเจริญบนข้าวและย่อยข้าว ในขณะเดียวกันก็สร้างรงควัตถุสีแดงออกมา ทำให้ข้าวมีลักษณะสีแดงเข้มและมีกลิ่นเฉพาะ เมื่อนำไปอบแห้งจะได้เป็นข้าวแดง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีชื่อเรียกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น ชาวจีนเรียกว่า อังคัก (Angkak, Angkhak) หรือ อังคา (Anka) ชาวญี่ปุ่นเรียก เบนิ-โคจิ (Beni-koji) หรือ อังคา-โคจิ (Anka-koji) สายพันธุ์ที่นิยมใช้หมักข้าวแดงคือ *M. purpureus* และ *M. Anka*

รูปที่ 2.8 เมล็ดข้าวแดง
ที่มา : https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1a5WTOpXXXXbgXXXXq6xXFXXXX/Nature-Monascus-red-powder-edible-pigment-from.jpg
(สืบค้นวันที่ : 9 พฤษภาคม 2560)

การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรมได้ทำกันมานานในประเทศจีนและไต้หวันโดยปฏิบัติตามขั้นตอนโดยมีรายละเอียด ดังนี้

การเตรียมกล้าเชื้อ

1. แช่ข้าวในน้ำเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นึ่งให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปใส่ในถังหมัก

2. เพาะเชื้อโดยใช้กล้าเชื้อเจริญบนเมล็ดข้าวใช้ปริมาณประมาณครึ่งหนึ่งของข้าวที่นึ่งไว้เติมลงในถังหมัก

3. เติมน้ำลงในบ่อหมักประมาณหนึ่งเท่าโดยน้ำหนักของวัสดุหมักและกวนเป็นครั้งคราวเพื่อลดอุณหภูมิ เมื่อครบ 4 วันข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ข้าวที่หมักได้ส่วนนี้จะใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการผลิตขั้นต่อไป โดยมีประสิทธิภาพในการหมักข้าวแดงถึง 30 เท่าของกล้าเชื้อที่ผลิตตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตข้าวแดง

1. นึ่งข้าวโดยใช้ความดันไอ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำถึงระดับ 40 องศาเซลเซียส พ่นน้ำประมาณร้อยละ 2 บนเมล็ดข้าวนึ่งแล้วนำไปนึ่งต่ออีก 30 นาที

2. เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 36 องศาเซลเซียส ทำการเพาะกล้าเชื้อ

3. ในระยะแรกของการหมัก อุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึง 42 องศาเซลเซียส จึงทำการแบ่งข้าวออกมาใส่ฟลาสก์ แล้วจึงบ่มต่ออีก 8 วัน

4. ในระหว่างการบ่ม มีการเพิ่มความชื้นโดยนำน้ำมาใส่ฟลาสก์เชื้อทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้งตลอดระยะเวลาการบ่ม เพื่อให้เมล็ดข้าวชุ่มชื้นเหมาะสมต่อการเจริญและชอนไชของเส้นใย และป้องกันการเกาะติดระหว่างเมล็ดข้าว หลังจากการบ่มข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดงทั่วทั้งเมล็ดภายในและภายนอก

กรมวิทยาศาสตร์ (2518) ได้ทดลองทำข้าวแดงในขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว 50 กรัม ปิดด้วยจุกสำลี เติมน้ำครั้งแรกไม่เกิน 10 มิลลิลิตร หรือใช้ขวดแก้วขนาด 2,800 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว 200 กรัม เติมน้ำครั้งแรกไม่เกิน 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้ออัดความดันใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็นโดยใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้น้ำทั่วเมล็ดข้าว เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรลงในหลอดเชื้อรา แล้วเขย่าให้สปอร์ของเชื้อราลอยอยู่ในน้ำกลั่นเทลงในข้าวที่เตรียมไว้ เคล้าให้ทั่ว นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส จนกว่าข้าวจะมีสีแดงทั่วกันทุกเมล็ดจึงนำออกมาผึ่งแดดให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส ระหว่างการเพาะเชื้อถ้าข้าวแดงแห้งมากจะทำการพรมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงไป หลังเพาะเชื้อไปได้ 3-5 วัน ข้าวจะเปลี่ยนเป็นข้าวแดงเมื่อบ่มอย่างน้อย 15 วัน ขึ้นกับสายพันธุ์ข้าว

John และ Stuart (1991) ได้ทำข้าวแดงโดยใช้พันธุ์ข้าวออสเตรเลีย ซึ่งมีลักษณะเมล็ดสั้นสีขาว นำข้าวปริมาณ 40 กรัม แช่น้ำ 5 ชั่วโมง จากนั้นปรับพีเอชตามต้องการด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ แล้วบรรจุข้าวลงในฟลาสก์ฟลาสก์ละ 2 กรัม นำไปฆ่าเชื้อแล้วเติมซัสเปนชัน 2.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

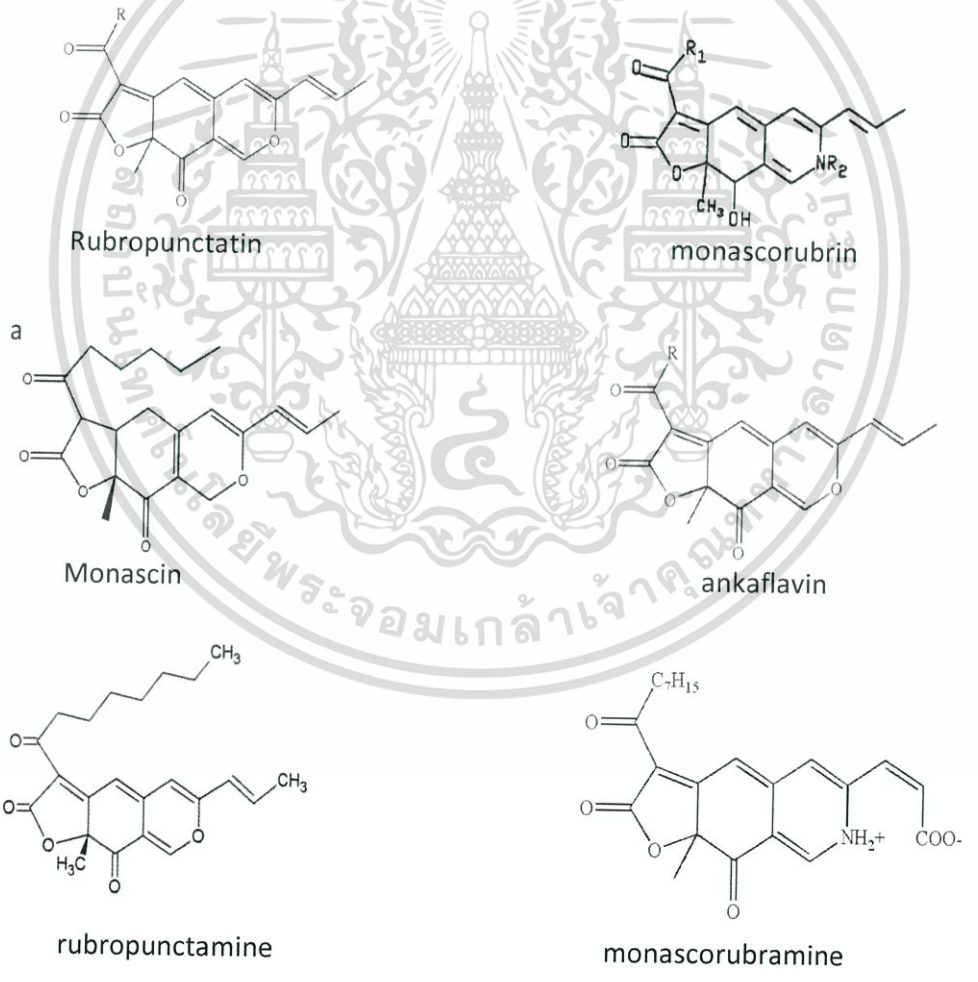
Han และ Mudgett (1992) ผลิตข้าวแดงโดยเตรียมข้าวสาร 120 กรัม แช่ในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำกลั่น 68 มิลลิลิตรและซิงค์ซัลเฟต (zinc sulphate) 0.128 โมล ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อแล้วใส่กล้าเชื้อลงในข้าวนึ่งปริมาตร 8 มิลลิลิตร นำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ระหว่างร้อยละ 90-97 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงย้ายไปเลี้ยงในคอลัมน์แก้วที่หล่อด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดระยะเวลาการบ่ม 7.5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตสีแดงจากเชื้อราโมแนสคัสโดยวิธีการหมักแห้ง นอกจากจะผลิตจากข้าวแล้วยังสามารถผลิตได้จากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ขนมปัง ถั่วเหลือง ชานอ้อย ถั่วเขียว มันสำปะหลัง มันเทศและมันฝรั่ง เป็นต้น และยังสามารถพัฒนาเลี้ยงเชื้อราในอาหารเหลวได้ออกมาในรูปสีผสมอาหารที่สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น

2.5.4 สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *M. purprescens* บนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะพบว่ามีการสร้างสีภายในเส้นใย หลังจากนั้นอาหารเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีส้มและสีแดง เนื่องจากมีการขับสารสีในรูปของเหลวออกมาภายนอกทางรูเปิดของปลายเส้นใย เชื้อราโมแนสคัสสามารถสร้างสารสีได้หลายชนิด ประกอบด้วยสีส้ม 2 ชนิดคือ rubropunctatin และ monascorubramine และ rubropunctamine โครงสร้างของสารสีเหล่านี้ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดย monascorubramine และ rubropunctamine ที่เป็นสารสีแดงจะเปลี่ยนมาจาก monascorubrin และ rubropunctatin ตามลำดับ

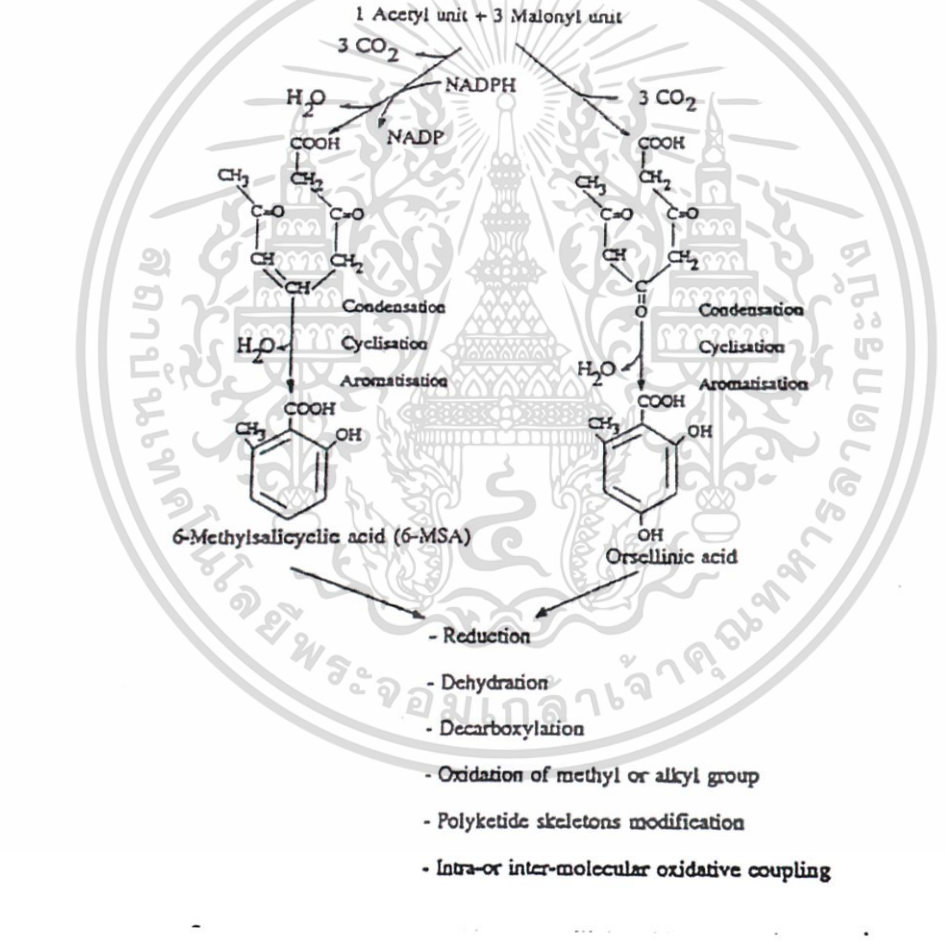


รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของสารสีจาก *Monascus spp.*
ที่มา : Lin และคณะ (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1 สารสีที่ได้จากเชื้อราโมแนสคัส

เป็นสารประเภทโพลีคีไทด์ (polyketide) ที่เกิดจากการรวมตัวของ acyl unit 1 หน่วยกับ malony unit 3 หน่วยขึ้นไปเป็นไพร์เมอร์ (primer) และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา วิถีการสังเคราะห์สารโพลีคีไทด์เหมือนกับกรดไขมัน แต่จะไม่พบสารตัวกลางที่เกิดจากปฏิกิริยารีดักชั่น ในการสังเคราะห์สารโพลีคีไทด์นั้นสายของโพลีคีไทด์จะยาวขึ้นตามจำนวนคาร์บอน 2 หน่วยที่มาจาก malony unit ที่ถูกเติมเข้าไปในสายไพร์เมอร์แล้วเกิดเป็น tetraketide pentaletide และ polyketide ตามลำดับต่อจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยา cyclisation และ aromatization ได้เป็นสาร 6-methylsalicylic หรือ oresellinic acid ซึ่งเป็นสาร tetraketide เริ่มต้นที่จะนำไปสู่การสังเคราะห์สารโพลีคีไทด์อื่นๆ ต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดสาร 6-methylsalicylic acid และ orsellinic acid จาก acetyl และ malony unit

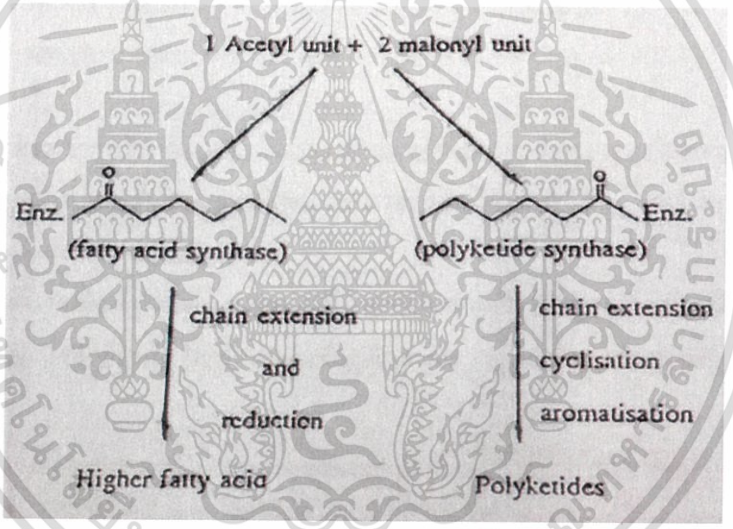
ที่มา : นิสา (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้สารเริ่มต้นแล้วปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นต่อไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น อาจมีการเติมหรือดึงออกซิเจนออกจากโครงสร้างของสาร เกิดปฏิกิริยา decarboxylation ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างรูปหรือการย้ายหมู่ต่างๆ ภายในโมเลกุลของสารเกิด intra- หรือ intermolecular oxidative coupling หรือให้เกิดพันธะระหว่าง C-C หรือ C=O เป็นต้น

สารสีที่สกัดได้เช่น rubropunctain จาก *M. Rubropunctatus* monascorbin จาก *M. purpureus* และ monacin (monascoflavin) จาก *Monascus* spp. เป็นสารประเภทโพลีคีไทด์ซึ่งเป็นเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ โดยผลิตขึ้นมาคล้ายกับกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมัน

เชื่อว่าเอนไซม์โพลีคีไทด์เป็นเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารโพลีคีไทด์ซึ่งเกี่ยวข้องกับยีนที่สังเคราะห์เอนไซม์ fatty acid synthase อย่างใกล้ชิดจากการจำลองตัวเองที่ผิดพลาดของยีนที่ให้สูญเสียขั้นตอนรีดักชัน ทำให้เอนไซม์โพลีคีไทด์ซินเทสทำหน้าที่สังเคราะห์โพลีคีไทด์ แทนที่จะเป็น fatty acid synthase ซึ่งหน้าที่สังเคราะห์กรดไขมันซึ่งการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์ fatty acid synthase และ polyketide synthase

ที่มา : นิสา (2537)

2.5.5 การแยกสารสีโมแนสคัส

วิธีการสกัดออกจากเส้นใยจะแตกต่างกันไป ทั้งทางด้านการใช้ตัวทำละลายเป็นตัวสกัดและปริมาณความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัด โดยได้มีการทดลองใช้เมทานอล คลอโรฟอร์ม เอทานอล และอะซีโตน ในการสกัดสีออกจากเส้นใย พบว่าสารสีที่สกัดได้ดีที่สุดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทานอล ซึ่งสีที่สกัดได้จะมีค่าการดูดกลืนแสงเด่นอยู่ที่ 2 สีที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร (สีเหลือง) และ 500 นาโนเมตร (สีแดง)

การใช้เอทานอลร้อยละ 50 ในการสกัดสีออกจากเส้นใยนำเอาส่วนที่กรองได้ไปวัดค่าสีด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่าสีที่ละลายน้ำได้และสีที่ละลายได้ทั้งในน้ำและละลายในเอทานอลร้อยละ 95 ได้ด้วย นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร และ 500 นาโนเมตร

ทำการแยกสีบริสุทธิ์ชนิดต่างๆ จากข้าวแดงและแบ่งชนิดของสารสีออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยสีแดง คือ รูโบพังทามีน และโมนาสโครูบรามีน สีส้ม คือรูโบพังทาทิน และโมนาสโครูบริน และสีเหลือง คือ โมนาสซินและอังคักฟลาวิน

2.5.6 คุณสมบัติของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

เชื้อราโมแนสคัส (*Monascus* spp.) เป็นเชื้อราที่สามารถสร้างสารสีธรรมชาติได้ในกลุ่มสีเหลืองถึงสีแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาวะในการหมัก สารสีที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อราโมแนสคัสเป็นสารเมแทโบไลต์ทุติยภูมิจำพวกโพลิคีไทด์ (Polyketides) ที่มีกลุ่ม Azaphilone เป็นองค์ประกอบ (Rob, 2007) และมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ (Yunquan และคณะ, 2009) หรือละลายได้น้อยมาก นอกจากสารสีแล้วสารเมแทโบไลต์ทุติยภูมิที่เกิดขึ้นจากการหมักด้วยเชื้อราโมแนสคัสมีคุณสมบัติป้องกันการอักเสบ ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Yu-ling และคณะ, 2008) อีกทั้งยังลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดได้(Churee, 2002)

Su และ Huang (1980) ศึกษาคุณสมบัติของสารสีจากเชื้อรา *Monascus anka* V-204 พบว่าละลายได้ดีในเอทานอลแต่ละลายได้น้อยในน้ำ สารสีในตัวทำละลายพีเอชแตกต่างกันจะได้เฉดสีที่แตกต่างกัน ดังนี้ ที่พีเอช 3.0-4.0 จะเป็นสีส้ม ที่พีเอช 5.0-6.0 เป็นสีแดง และที่พีเอช 7.0-9.0 จะเป็นสีม่วงแดง เมื่อแยกสารสีจากเส้นใยมาทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ได้จากแป้งถั่วเหลืองจะได้เป็นส่วนประกอบเชิงซ้อนสีแดงเข้ม ละลายในน้ำได้ดี สารสีจะมีความไวต่อแสงเมื่อละลายในน้ำแต่จะทนต่อแสงมากขึ้นเมื่อละลายในเอทานอล และทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสได้ดีเมื่ออยู่ในตัวทำละลายพีเอชเป็นกลางหรือเบส

Wong และ Koehler (1983) นำสารสีแดงจากเชื้อราโมแนสคัสมาทำปฏิกิริยากับสารที่ไม่เป็นอันตรายและมีราคาถูกเพื่อให้ละลายน้ำได้ดี พบว่าสาร aminoacetic acid และ aminobenzoic acid ใช้กับสารสีแดงได้ดี สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้คงตัวที่พีเอช 3.0 เมื่ออยู่ในตัวทำละลายพีเอชเป็นกลางหรือด่างจะทนความร้อนและแสงอัลตร้าไวโอเลตได้ดี โดยเหลือสารสีมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อไม่ได้รับแสงอัลตร้าไวโอเลต 30 ชั่วโมง

วรรณภา (2558) พบว่าน้ำจากสารสีที่ได้จากเชื้อราโมแนสคัสที่ผ่านกระบวนการใดๆ คงตัวได้ดีที่พีเอชเป็นกลางถึงด่างเช่นกัน ทนต่ออุณหภูมิน้ำเดือดนาน 15 นาที และคงตัวได้ดีในสารละลายโซเดียมเบนโซเอท กลีเซอรอล น้ำ และกรดอะซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 การใช้ประโยชน์จากสารสีโมแนสคัส

ในแถบเอเชียได้มีการใช้เชื้อรา *Monascus* spp. ผลิตอาหารหมัก เช่น ข้าวแดง ไวน์ขาว (rice wine) สุราเกาเหลียง (kaoliang brandy) และเต้าหู้ยี้ (tofuyo) ซึ่งก่อให้เกิดสีสันและกลิ่นเฉพาะ นอกจากนี้ยังใช้ข้าวแดงผสมในตำหรับยาจีนเพื่อรักษาโรคข้าวแดงจะมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีอยู่สูง จากการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2551) พบว่าในข้าวแดงมีปริมาณแร่ธาตุและวิตามินสูงกว่าข้าวสารมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วเห็นได้ว่าข้าวแดงมีปริมาณวิตามินบี 2 สูงกว่าข้าวสารถึง 180 เท่า (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิและข้าวแดงที่ผลิตได้

รายการ	ข้าวพันธุ์ขาวมะลิ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ข้าวแดงที่ผลิตได้ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
แคลเซียม	4.30	18.70
ฟอสฟอรัส	86.70	326.00
วิตามินบี 1	0.12	0.54
วิตามินบี 2	0.04	9.28

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2551)

เชื้อราโมแนสคัสบางสายพันธุ์สามารถสร้างสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* spp. *Bacillus* spp. และ *Peudomonas* spp. ซึ่งทั้งสามสกุลพบว่าเป็นเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษและก่อให้เกิดอาหารเน่าเสีย ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อตัวนี้คือ Yeast extract agar (YEA) (Wong และ Koehlor, 1981) ซึ่งได้แยกสารปฏิชีวนะจากเชื้อรา *Monascus purpureus* N11S แล้วนำมาทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ด้วยวิธีเปเปอร์แอสเซย์ดิสก์ (paper assay disc) พบว่าต้องใช้ปริมาณอย่างน้อยที่สุด 1.5 ไมโครกรัมต่อ 6 มิลลิลิตร

ข้าวแดงถูกใช้เป็นสารเจือสีในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นสารสีจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัย ราคาถูก โดยใช้ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำหวาน น้ำนม นมเปรี้ยว น้ำผลไม้ แยม ขนมและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ซูริมิ เป็นต้น นอกจากนี้ข้าวแดงยังใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยาจีน เนื่องจากมีสารโมนาโคลิน เค (monocolin K) โดยสารนี้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 3-hydroxy-3 methylglutareyl coenzyme A (HMG-CoA) reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์คลอเรสเตอรอลทำให้มีคุณสมบัติในการลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในเลือดได้ ใช้ในผู้ป่วยที่มีปริมาณไขมันในเลือดสูงและยังพบว่า สารสีโมนาสโครูบินจากเชื้อรา *M. anka* สามารถยับยั้งการส่งเสริมเนื้องอกในหนู เนื่องจากสารสีสามารถยับยั้งการอักเสบ อันเกิดจากสารทีพีเอ(TPA: 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดเนื้องอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Farbe และคณะ (1993) ศึกษาคุณสมบัติของสารสีจาก *M. rubber* ในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้เอทานอลและกลูตาเมตเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน หลังจากการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์จึงได้ตรวจสอบคุณสมบัติของสารสีที่อยู่ในสารละลาย โดยทดสอบความคงตัวของสารสีทั้งในสารละลายและเมื่อเติมลงไปในเนื้อสัตว์ พบว่าสารที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่ได้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลาถึง 3 เดือน จะคงตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 92-98 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารสีจาก *M. rubber* จะช่วยเพิ่มกลิ่นรสเนื่องจากสารสีรวมตัวกับกลูตาเมต

Fink-Gremmels และคณะ (1991) ได้สกัดสารสีจากรา *Monascus purpureus* DSM 1397 ด้วยเมทานอลแล้วเติมลงในไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์ เพื่อลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าสารสีสกัดทำให้เกิดสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นสีที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีไนไตรท์และเมื่อนำไปให้แสงเป็นเวลา 30 นาที และ 2.5 ชั่วโมง สีของไส้กรอกที่เติมสารสีจากโมแนสคัสจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

Ho และ Pan (2009) พบว่าในข้าวยีสต์แดงหรือที่เรียกว่า Red Yeast Rice (RYR) ที่เกิดจากหมักของ *Monascus* sp. มีสารสีชนิดต่างๆ เช่น โมนาโคลิน เค (Monacolin K) , เออร์โกสเตอรอล (Ergosterol) โดยสารสีเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมและเครื่องสำอางโดยโมนาโคลิน เค หรือที่เรียกว่า โลวาสตาติน (lovastatin) เป็นสารยับยั้ง 3-hydroxy-3-methylglurtaryl-coenzyme A (HMG-CoA) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์คลอเรสเตอรอล ทำให้มีคุณสมบัติในการลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในเลือดได้ ใช้ในผู้ป่วยที่มีปริมาณไขมันในเลือดสูง

Jeun และคณะ (2008) ได้ศึกษาแยกสารสี (pigment) ที่ผลิตจากราโมแนสคัส ได้ถึง 6 ชนิด ได้แก่ โมแนสซิน (monascin), แอนคาฟลาวิน (ankaflavin) ซึ่งเป็นสารให้สีเหลือง สารให้สีส้ม คือ โมแนสโครูบริน (monascorubrin), รูโบรพันทาทิน (rubropunctatin) และสารให้สีแดง คือ โครูบรามีน (corubramine), รูโบรพันทามีน (rubropunctamine) นอกจากนี้ราโมแนสคัสยังสามารถผลิตสารเมทาบอไลต์ได้หลายชนิดซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพหรือแม้กระทั่งใช้เป็นยารักษาโรคและมีศักยภาพเชิงพาณิชย์เช่นวิตามินบี 2 ที่เป็นสารเมทาบอไลท์ปฐมภูมิ (primarymetabolite) และ เมวิโลนิน , ซิตรินิน ซึ่งเป็นสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolite)

Kim และคณะ (2008) ประยุกต์ใช้ข้าวแดงที่ผลิตจากราโมแนสคัส มาใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม โดยทดลองผลิตเครื่องดื่มจากข้าวแดงร้อยละ 100 เครื่องดื่มที่ผลิตมาจากข้าวแดงร้อยละ 50 (ข้าวแดงต่อข้าวในอัตราส่วน 50:50) และเครื่องดื่มที่ผลิตมาจากข้าวร้อยละ 100 โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมัก ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนติออกซิแดนท์ พบว่าเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวร้อยละ 100 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังสิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหมักสูงที่สุดคือ 69.8 mg/ml รองลงมาคือเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 50 และเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักเท่ากับ 54.2 และ 44.2 mg/ml ตามลำดับ นอกจากนี้เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักคือ 113.9 μg/ml รองลงมาคือเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 50 และเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 0 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 92.9 และ 69.7 μg/ml ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่า เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุดคือร้อยละ 75.6 รองลงมาคือเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 50 และเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 0 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันร้อยละ 65.7 และ 50.3 ตามลำดับ จากรายงานการวิจัยดังกล่าวสรุปว่า เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มีปริมาณฟีนอลิก (Phenolic compound) และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (antioxidant) สูงที่สุด ซึ่งเหมาะต่อการผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายได้

Moll และ Farr (1976) ทดลองใช้สารสีจาก *M. rubiginosus* เจือสีในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว โดยเติมสารสีในปริมาณต่างๆกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 0.2, 0.5 และ 1 จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับนมเปรี้ยวรสธรรมชาติ พบว่า นมเปรี้ยวที่เติมสารสีร้อยละ 0.2 จะมีสีแดงอ่อน และนมเปรี้ยวที่เติมสารสีร้อยละ 1 จะมีสีแดงเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู ตราไร่ทิพย์
2. ลูกแป้งจากจังหวัดชลบุรี
3. น้ำตาลทราย ตรามิตรผล
4. ราโมแนสคัส (*Monascus purpureus*) TISTR 3090

3.1.2 สารเคมี

1. Folin's Ciocalteu phenol reagent ยี่ห้อ Merck
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ยี่ห้อ Merck
3. กรดแกลลิก ยี่ห้อ SIGMA-ALDRICH
4. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ยี่ห้อ UNIVAR
5. อะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) ยี่ห้อ UNIVAR
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ UNIVAR
7. สารละลายเควอซิทิน (Quercetin) ยี่ห้อ SIGMA-ALDRICH
8. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ยี่ห้อ SIGMA Life Science
9. Absolute ethanol ยี่ห้อ Lab-Scan (Analytical reagent)
10. Butylated hydroxyl toluene (BHT) ยี่ห้อ ALDRICH Chemistry
11. Potassium acetate ยี่ห้อ UNIVAR
12. C_2H_5OH สุรา 40 ดีกรี ตรารวงข้าว

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เดซิเคเตอร์ (รุ่น SR840.40 บริษัท ไซแอนติฟิคโปรโมชัน จำกัด)
2. กระป๋องเก็บตัวอย่าง (Moisture can)
3. ตู้อบลมร้อน (รุ่น UN110 บริษัท เบคไทย กรุงเทพอุปกรณ์เคมีภัณฑ์ จำกัด)
4. ผ้าขาวบาง
5. กระดาษกรอง Whatman number 1
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (รุ่น BP 221S บริษัท ซาร์โทเรียส จำกัด)
7. หม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave) ยี่ห้อ Hirayama รุ่น HA-300 M IV
8. เครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebuliometer) (ยี่ห้อDujardin salleron)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. รีแฟกโตเมเตอร์ (Refractometer) N 0-32, N 32-62 (รุ่น ECR-101 ยี่ห้อATAGO)

10. เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate Reader) (รุ่น FLUOstar Omega ยี่ห้อ BMG Labtech)

11. Spectrophotometry (รุ่น UV-1800 ยี่ห้อ Shimadzu)

12. Vortex mixer (ยี่ห้อ Scientific Industries)

13. เครื่อง vacuum dry (ยี่ห้อ BINDER บริษัท ไซแอนติฟิล โปรโมชั่น จำกัด)

14. เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ (Rotary Evaporator) ยี่ห้อ Heidolph

15. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ PolyScience รุ่น 20L-M

16. กระดาษฟล์อย

17. แคลมป์และขาตั้งสำหรับไตไตรท

3.1.4 เครื่องแก้ว

1. ปิเปต
2. กระบอกตวง
3. บีกเกอร์
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. ขวดแก้วใส่สาร ของบริษัท DURAN
6. หลอดทดลอง
7. คิวเวท (Cuvette)
8. บิวเรท
9. ขวดกรองสุญญากาศ (Filting) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
10. กรวยกรองบูชเนอร์ (Buchner funnel)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตข้าวหมาก

3.2.1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก

1. นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู 300 กรัม มาล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเทน้ำออก

2. นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง มานึ่ง เป็นระยะเวลา 30 นาที

3. นำข้าวเหนียวที่นึ่งแล้วมาทิ้งให้เย็นอุณหภูมิห้อง

4. นำข้าวเหนียวที่เย็นแล้วมาล้าง เป็นเวลา 4 นาที เพื่อให้ยางของข้าวเหนียวออกให้หมด เมื่อล้างข้าวเหนียวเสร็จเรียบร้อยแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที เทลงบนถาดที่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 ลงไปในส่วนผสมของข้าวเหนียวผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วลงไปร้อยละ 0.3 แล้วผสมให้เข้ากัน

6. นำส่วนผสมของข้าวเหนียวมาบรรจุลงในภาชนะที่มีฝาปิด นำไปหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน จากนั้นจะนำข้าวหมากที่หมักเป็นเวลา 2, 3, 4, 5 และ 6 วัน มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้เครื่อง Refractometer

2. วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธีดีเอ็นเอส (Miller, 1959)

3. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง Ebulliometer

4. วิเคราะห์ปริมาตรของน้ำข้าวหมากที่ได้

3.2.1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว

1. การเตรียมข้าวหมาก

1.1 นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู 300 กรัม มาล้างให้สะอาดจากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเทน้ำออกแล้วนำมานึ่ง

1.2 นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง มานึ่งเป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

1.3 นำข้าวเหนียวที่เย็นแล้วมาล้างเพื่อให้ยางของข้าวเหนียวออกให้หมด โดยศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้าง เป็นเวลา 2 นาที 4 นาที และ 6 นาที เมื่อล้างข้าวเหนียวเสร็จเรียบร้อยแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที แล้วเทลงในภาชนะ

1.4 เติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 ลงไปในข้าวเหนียวผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วลงไปปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.3 แล้วผสมให้เข้ากัน

1.5 นำส่วนผสมของข้าวเหนียวมาบรรจุลงในภาชนะที่มีฝาปิดจากนั้นทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มจากข้อ 3.2.1.1 และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. ลักษณะปรากฏของข้าวหมากที่ระยะเวลาการล้างเป็น 2, 4 และ 6 นาที

2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธี (AOAC, 2000)

3. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

4. วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

5. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

7. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ในรูปของกรดแลคติก (AOAC, 2000)

8. ตรวจวิเคราะห์ปริมาตรของน้ำข้าวหมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก

1. นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู 300 กรัม มาล้างให้สะอาด จากนั้นนำ ไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเทน้ำออก

2. นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง มานึ่ง เป็นระยะเวลา 30 นาที

3. เมื่อครบเวลา 30 นาที นำข้าวเหนียวที่นึ่งแล้วมาทิ้งให้เย็นอุณหภูมิห้อง

4. นำข้าวเหนียวที่เย็นแล้วมาล้าง เพื่อให้ยางของข้าวเหนียวออกให้หมดโดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวที่ได้จากข้อ 3.2.1.2 หลังจากล้างข้าวเหนียวเสร็จเรียบร้อยแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที

5. เติมน้ำตาลลงไปในส่วนผสมของข้าวเหนียวโดยแปรปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 0.2, 0.4 และ 0.6 จากนั้นผสมส่วนผสมให้เข้ากันและเติมลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วลงไปในปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.3 แล้วผสมเข้ากัน

6. นำส่วนผสมของข้าวเหนียวมาบรรจุลงในภาชนะที่มีฝาปิด จากนั้นทำการหมักที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ระยะที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.2.1.1 และทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
2. วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์
3. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์
4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
5. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity, TA) ในรูปของกรดแลคติก
6. วิเคราะห์ปริมาตรของน้ำข้าวหมากที่ได้

3.2.2 การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากเพื่อให้ได้ข้าวหมากที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่ม คือได้น้ำข้าวหมากที่มีปริมาณสูงและน้ำข้าวหมากที่ได้มีความหวานสูง ไม่เปรี้ยวมากเกินไป รวมทั้งมีปริมาณแอลกอฮอล์เล็กน้อย ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน และใช้ระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที เติมปริมาณน้ำตาลที่ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 จะได้ข้าวหมากที่มีปริมาณน้ำข้าวหมากมากที่สุดและมีความหวานสูง จึงได้นำเอาสภาวะดังกล่าวมาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยทำการศึกษาดังนี้

3.2.2.1 การเตรียมสารสกัดข้าวแดง

1. นำข้าวแดง (โมแนสคัส) ที่ทำการอบแห้งและบดเรียบร้อยแล้ว มาชั่งน้ำหนักปริมาณ 10 กรัม

2. ทำการสารสกัดสารสีจากข้าวแดงโดยใช้สุรา 40 ดีกรี ปริมาตร 600 มิลลิลิตรเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปกรองเอาตะกอนข้าวออกด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารละลายสารสีที่ได้มาทำการระเหยด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator) เพื่อทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้น

4. นำสารสีที่ได้ไปทำแห้งโดยการอบในเครื่องการทำแห้งสุญญากาศ (Vacuum dry) เป็นเวลา 2 วัน

5. นำสารสีที่ได้มาละลายด้วยสุรา 40 ดีกรี เพื่อเตรียมสารละลายสีที่มีความเข้มข้นเป็น 80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

3.2.3 การเตรียมเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมาก

1. นำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู 300 กรัม มาล้างให้สะอาด จากนั้นนำ ไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเทน้ำออก

2. นำข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง มานึ่ง เป็นระยะเวลา 30 นาที

3. เมื่อครบเวลา 30 นาที นำข้าวเหนียวที่นึ่งแล้วมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4. นำข้าวเหนียวที่เย็นแล้วมาล้าง เพื่อให้ยางของข้าวเหนียวออกให้หมด โดยใช้ระยะเวลาล้างข้าว 4 นาที เมื่อล้างข้าวเหนียวเสร็จเรียบร้อยแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที

5. เติมน้ำตาลลงไปในส่วนผสมของข้าวเหนียวร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 จากนั้นผสมส่วนผสมให้เข้ากันและเติมลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วลงไปในปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.3 แล้วผสมเข้ากัน

6. นำส่วนผสมของข้าวเหนียวมาบรรจุลงในภาชนะที่มีฝาปิด จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

7. นำข้าวหมากที่ได้มากรองเอาเฉพาะน้ำข้าวหมากส่วนใสออก จากนั้นทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แล้ว

8. นำน้ำข้าวหมากที่ได้มาทดลองผสมกับสารละลายข้าวแดงจากโมแนสคัสที่มีความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยแปรปริมาณของสารสีเป็นร้อยละโดยปริมาตร 1.4, 1.7 และ 2.0

9. บรรจุในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีทิ้งให้เย็นแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด

2. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

3. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

4. การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kumar และคณะ (2008)

เติมสารที่ต้องการทดสอบ (สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและตัวอย่างจากเครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพ) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่นปริมาตร 6 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (20% Na_2CO_3) 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิลิตรแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg/ml) จากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกในตัวอย่าง 1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) (mg GAE/ml)

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ใช้ DPPH โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl (DPPH) radical scavenging assay โดยดัดแปลงจากวิธีการของ สุธิรา และประสบอร (2559)

ปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมกับสารละลายสารสีจากข้าวแดงที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.4, 1.7 และ 2.0 ลงใน 96-well plate หลุมละ 20 µl เติมสารละลาย DPPH (0.2 มิลลิโมลาร์ DPPH ในAbsolute ethanol) ปริมาตร 180 µl ลงในหลุมตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละการยับยั้ง ดังนี้

การคำนวณหาร้อยละการยับยั้ง

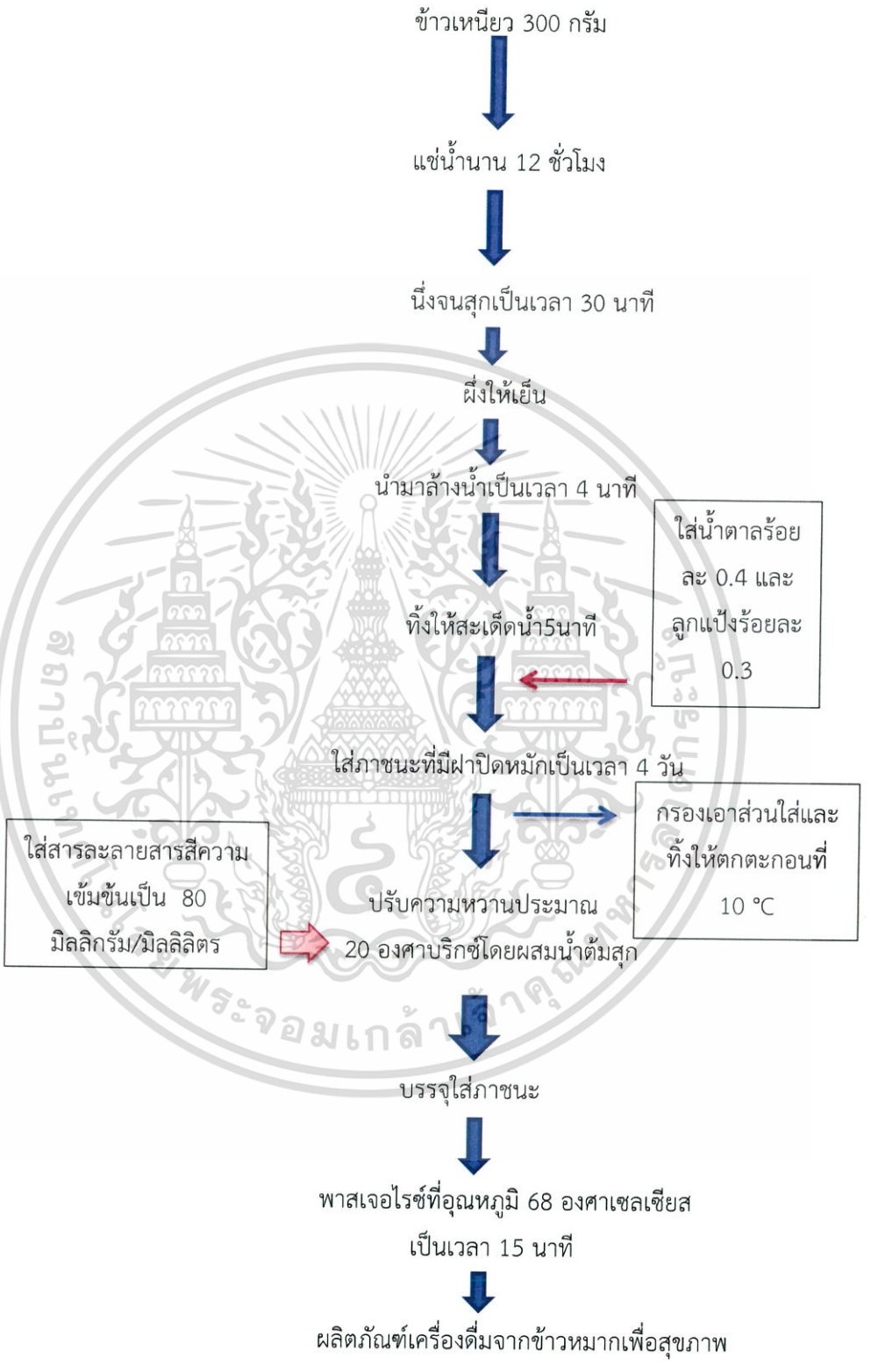
$$\text{ร้อยละการยับยั้ง} = \frac{(A_{control} - A_{sample})}{(A_{control})} \times 100$$

$A_{control}$ = ค่า Absorbance ของ DPPH ที่ไม่ผสมตัวอย่าง

A_{sample} = ค่า Absorbance ของ DPPH ผสมตัวอย่าง

6. ทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสีเพื่อคัดเลือกเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารสีจากโมแนสคัสในปริมาณต่างๆที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดโดยใช้วิธีการเรียงลำดับความชอบ (Ranking for preference)โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวนทั้งหมด 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การผลิตเครื่องดื่มข้าวหมากที่ผสมสารสีจากโมแนสคัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

นำเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่มีปริมาณสารสีจากโมแนสคัสที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.2 มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วันโดยตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 3 วันดังนี้

3.2.4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

1. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
2. วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์
3. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
4. วิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก

3.2.4.2 การตรวจสอบคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระตามวิธีการ

1. การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Kumar และคณะ (2008)

2.การตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl (DPPH) radical scavenging assay โดยดัดแปลงจากวิธีการของ สุธิรา และประสบอร (2559)

3.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำมาผลที่ได้มาวิเคราะห์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากเพื่อให้ได้ข้าวหมากที่มีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการทำเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยทำการทดลองศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก ระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในขั้นตอนการเตรียมข้าวหมาก ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก

จากการหมักข้าวหมากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน จากนั้นนำน้ำข้าวหมากที่บ่มได้ในวันที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาตรน้ำข้าวหมาก แสดงดังตารางที่ 4.1

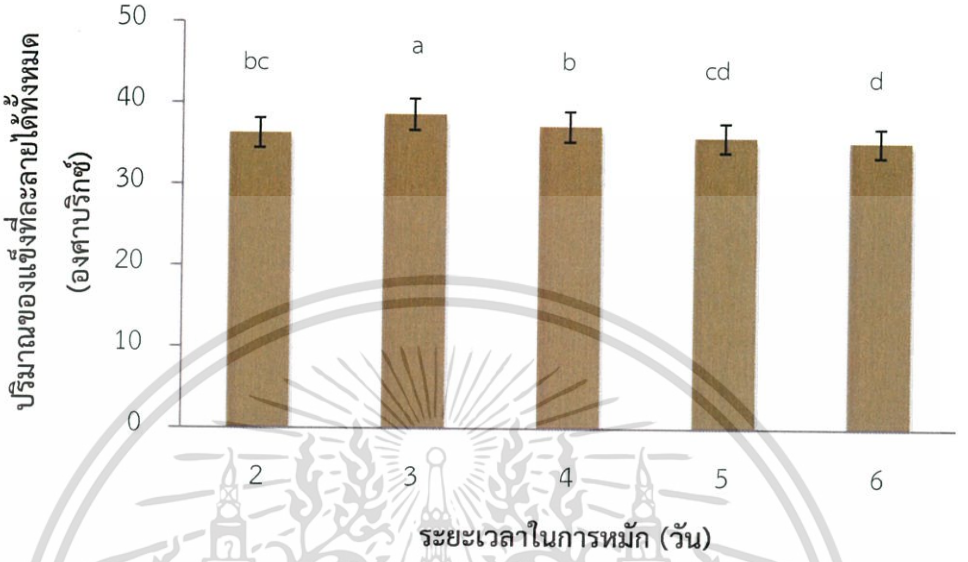
ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาที และเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)
2	$36.33^{bc}\pm0.58$	$528.57^{a}\pm0.72$	$1.80^{d}\pm0.10$	$240.00^{d}\pm2.00$
3	$38.67^{a}\pm0.58$	$519.29^{b}\pm0.72$	$2.30^{c}\pm0.10$	$256.00^{c}\pm2.00$
4	$37.17^{b}\pm0.29$	$493.49^{c}\pm0.39$	$3.63^{b}\pm0.06$	$277.00^{b}\pm1.00$
5	$35.83^{cd}\pm0.29$	$444.57^{d}\pm0.40$	$7.50^{a}\pm0.10$	$278.67^{ab}\pm0.58$
6	$35.33^{d}\pm0.57$	$429.71^{e}\pm0.39$	$7.60^{a}\pm0.10$	$279.67^{a}\pm0.58$

หมายเหตุ : a, b, c, d, e ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวหมากในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 35.33 – 38.67 องศาบริกซ์ ในระยะเวลาการหมัก 6 วัน



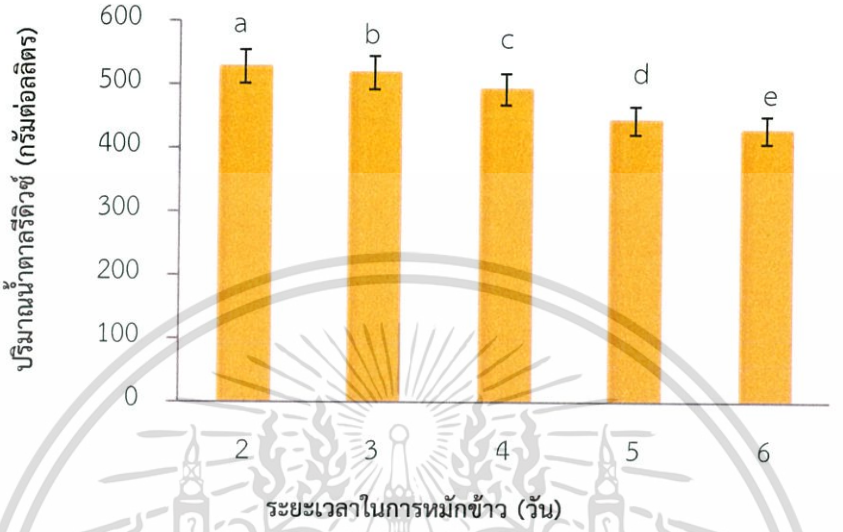
รูปที่ 4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาทีและเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

การหมักข้าวในวันที่ 2 น้ำข้าวหมากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 36.33 องศาบริกซ์ และในการหมักข้าววันที่ 3 น้ำข้าวหมากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 38.67 องศาบริกซ์ ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงที่สุด แต่หลังจากหมักข้าวเป็นเวลา 3 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 4 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 37.17 องศาบริกซ์ และวันที่ 5 และวันที่ 6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 35.83 และ 35.33 องศาบริกซ์ ตามลำดับ จากผลการทดลองปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีค่าสูงขึ้นในวันที่ 3 และวันที่ 4 ของการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ชัยวัฒน์ (2521) ที่รายงานว่าการหมัก ข้าวหมากโดยใช้ราที่มีอยู่ในลูกแป้งเช่น *Amylomyces* spp. จะสร้างเอนไซม์อะไมเลสและกลูโคอะไมเลส ออกมาย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นปริมาณน้ำตาล โดยปริมาณน้ำตาลในรูปของแข็งที่ละลายได้มีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วงต้นของการหมัก และจะเพิ่มสูงขึ้นและมีค่ามากที่สุดประมาณวันที่ 3 และวันที่ 4 โดยมีค่าประมาณ 35-36 องศาบริกซ์

การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างกระบวนการหมักพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้ำข้าวหมากมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าในการหมักข้าวในวันที่ 2 และวันที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดเท่ากับ 528.57 และ 519.29 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลง โดยในวันที่ 4, 5 และ 6 ของการหมักมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 493.49, 449.57 และ 429.71 กรัมต่อลิตรตามลำดับ เนื่องจากใน

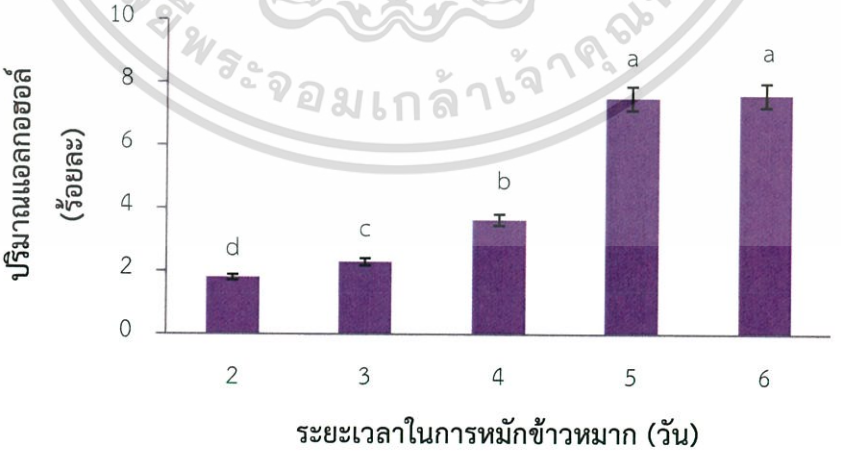
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแรกของการหมักเชื้อราจะสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ต่อมายีสต์จากลูกแป้งข้าวหมากจะใช้น้ำตาลให้ได้เป็นแอลกอฮอล์ จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลงตั้งแต่วันที่ 3 ของการหมัก



รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาทีและเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

จากการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมัก พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.3 โดยในระยะเวลาการหมักข้าวหมากวันที่ 2 มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 1.80 และในวันที่ 3 และวันที่ 4 ของการหมักพบว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์สูงขึ้นเล็กน้อยร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 2.30 และ 3.63 ตามลำดับ

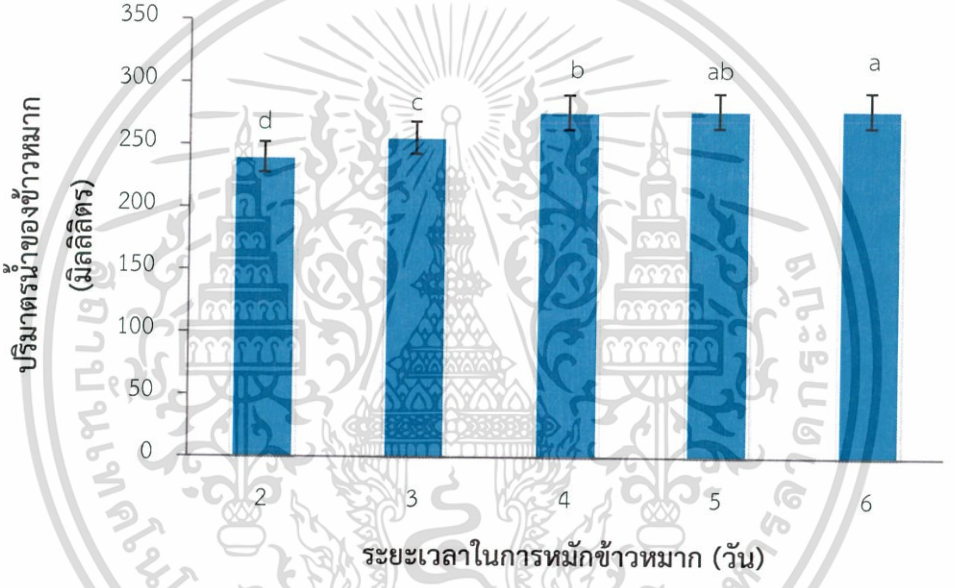


รูปที่ 4.3 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วันโดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาทีและเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหมักข้าววันที่ 5 และวันที่ 6 พบว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์สูงขึ้นถึงร้อยละโดยปริมาตร 7.50 และ 7.60 ตามลำดับ โดยปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 5 และวันที่ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สมพักตร์ (2546) ได้รายงานว่าการหมักข้าวหมากในระยะเวลา 3-4 วัน ราจะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลและยีสต์จะหมักน้ำตาลที่เกิดขึ้นให้เป็นแอลกอฮอล์ และถ้าหมักไว้นาน 1 สัปดาห์จะมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆ

การตรวจวัดปริมาตรของน้ำข้าวหมากในระหว่างการหมักข้าวหมาก 6 วัน พบว่าปริมาตรของน้ำข้าวหมากในวันที่ 2 มีปริมาตรเท่ากับ 240 มิลลิลิตร และปริมาตรที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 4 ถึงวันที่ 6 ของการหมักพบว่าปริมาตรน้ำข้าวหมากที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 277, 278.67 และ 279.67 มิลลิลิตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ปริมาตรของน้ำข้าวหมากในระหว่างการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 6 วัน โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาทีและเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

การที่ปริมาตรของน้ำข้าวหมากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก เนื่องจากในช่วงแรกของการหมักข้าวเกิดจากเชื้อราเริ่มย่อยแป้งเป็นน้ำตาล เกิดเป็นน้ำซึมออกมาเป็นน้ำเชื่อมข้าว แต่จะมีปริมาตรน้อย เมื่อหมักข้าวนานขึ้นปริมาตรน้ำเชื่อมข้าวก็จะมีมากขึ้น (สุนัน และจตุรงค์, 2556)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีปริมาตรของน้ำข้าวหมากสูง มีรสหวาน และมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต่อไป ดังนั้นจากการศึกษาระยะเวลาในการหมักข้าวหมากที่เหมาะสมจึงเลือกระยะเวลาในการหมักที่ 4 วัน เพื่อนำไปศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว

การล้างข้าวเหนียวหลังการนึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการเตรียมข้าวก่อนการหมัก ซึ่งระยะเวลาในการล้างมีผลต่อความชื้นของข้าว จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียวโดยทำการล้างข้าวเหนียวเป็นเวลา 2 นาที 4 นาที และ 6 นาที และทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพหลังการหมักข้าวหมากเป็นเวลา 4 วัน ได้ผลดังตารางที่ 4.2 และดังรูปที่ 4.5

จากการทดลองเมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏของข้าวหมากที่ได้จากการล้างข้าวเป็นเวลา 4 นาที พบว่าข้าวหมากมีลักษณะเมล็ดข้าวฟู มีสีขาวขุ่น เนื้อขาวนิ่มและมีน้ำข้าวหมากมากที่สุด ส่วนการล้างข้าวที่ 2 นาที เมล็ดข้าวมีสีขาว เนื้อข้าวหยาบ มีน้ำข้าวหมากปานกลาง และการล้างข้าวที่ 6 นาที พบว่าเมล็ดข้าวมีลักษณะสีขาวขุ่นมาก เนื้อข้าวหยาบ มีน้ำข้าวหมากน้อยที่สุด

รูปที่ 4.5 ลักษณะปรากฏของข้าวหมากที่มีระยะเวลาในการล้างเป็น 2, 4 และ 6 นาที

เมื่อนำข้าวที่ผ่านการล้างที่ระยะเวลาต่างๆมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าระยะเวลาล้างข้าวที่ 2 นาที มีปริมาณความชื้นร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 47.09 ระยะเวลาล้างข้าวที่ 4 นาที มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละโดยน้ำหนัก 54.97 และเมื่อล้างข้าวเป็นเวลา 6 นาที พบว่าปริมาณความชื้นลดลงร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 42.64 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณความชื้นของระยะเวลาล้างข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการสังเกตเมล็ดข้าวที่ผ่านการล้างที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าการล้างข้าวที่ 2 นาที เมล็ดข้าวจะมีเมือกอยู่มากจึงมีความเหนียวของเมือก และระยะเวลาล้างข้าวที่ 4 นาที มีเมือกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้เมล็ดข้าวมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชุ่มชื้นของน้ำอยู่มาก ในขณะที่การล้างเป็นเวลา 6 นาที เมล็ดข้าวที่ได้มีความแห้งและไม่มีเมือก เมื่อทิ้งไว้ให้ สะเด็ดน้ำ 5 นาที จึงทำให้น้ำที่ถูกดูดซับในเมล็ดข้าวระเหยไปปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าลดลง

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวหมาก พบว่าระยะเวลาในการล้างข้าวมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยพบว่าระยะเวลาในการล้างข้าวเป็นเวลา 2 นาที และ 4 นาที ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 36.50 และ 37.50 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในขณะที่ระยะเวลาในการล้างข้าวที่ 6 นาที พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงเท่ากับ 35.33 องศาบริกซ์ เนื่องจากระยะเวลาล้างข้าวที่ 6 นาที เมล็ดข้าวมีความชื้นไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลของเชื้อรา

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำข้าวหมาก พบว่าระยะเวลาในการล้างข้าวมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวหมากที่ใช้เวลาในการล้างข้าว 2, 4 และ 6 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 471.09, 492.34 และ 428.12 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาในการล้างข้าว 4 นาที พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดนั้นอาจเนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและทำให้เชื้อราย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลในปริมาณมาก

ปริมาณแอลกอฮอล์ของน้ำข้าวหมากที่ผ่านการล้างที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ร้อยละโดยปริมาตรระหว่าง 3.37 – 3.67 การล้างข้าวเป็นเวลา 6 นาที มีปริมาณสูงกว่าการล้างข้าวที่ 2 และ 4 นาที อาจเนื่องจากการที่มีปริมาณน้ำตาลไม่สูงเกินไปทำให้ยีสต์มีประสิทธิภาพในการหมักน้ำตาลให้ได้เป็นแอลกอฮอล์

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำข้าวหมาก พบว่าระยะเวลาในการล้างข้าวมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ระยะเวลาในการล้างข้าว 2, 4 และ 6 นาที มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.73, 4.01 และ 3.53 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ปริมาณกรดแลคติกของน้ำข้าวหมากที่ผ่านการล้างเป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที มีค่าร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 1.00, 0.81 และ 1.20 ตามลำดับ ปริมาณกรดแลคติกเกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียแลคติกที่พบในลูกแป้งข้าวหมากเช่น *Pediococcus pentosaceus* และอาจพบแบคทีเรียกรดน้ำส้ม เช่น *Acetobacter* spp. (นภา, 2535) ส่งผลทำให้ข้าวหมากมีรสเปรี้ยว สิรินทรเทพ (2523) รายงานว่าปริมาณกรดที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมากจะอยู่ในช่วงร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 0.7-0.9 ซึ่งมีข้าวหมากที่ได้จะมีรสชาติหอมหวาน และเปรี้ยวเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่ผ่านการล้างที่ระยะเวลาต่างๆ โดยมีระยะเวลาในการล้าง 4 นาทีและเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปริมาณความเป็นกรด - ด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)
2	47.09^{b}±0.26	36.50^{a}±0.50	471.09^{b}±0.69	3.57^{a}±0.06	3.73^{b}±0.01	1.00^{b}±0.00	266.00^{b}±2.00
4	54.97^{a}±0.16	37.50^{a}±0.50	492.34^{a}±0.00	3.37^{b}±0.06	4.01^{a}±0.03	0.81^{c}±0.00	280.67^{a}±1.15
6	42.64^{c}±1.71	35.33^{b}±0.58	428.12^{c}±0.39	3.67^{a}±0.06	3.53^{c}±0.01	1.20^{a}±0.00	258.00^{c}±2.00

หมายเหตุ : a, b, c ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จากการวัดปริมาตรน้ำข้าวหมากที่ได้จากการหมักพบว่าระยะเวลาในการล้างมีผลต่อปริมาตรของน้ำข้าวหมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการล้างข้าว 4 นาที มีปริมาตรของน้ำข้าวหมากสูงสุดเท่ากับ 280.67 มิลลิลิตร รองมาคือระยะเวลาในการล้างข้าว 2 นาที และ 6 นาที มีปริมาตรของน้ำข้าวหมากเท่ากับ 266 และ 258 มิลลิลิตร ตามลำดับ

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ต้องการข้าวหมากที่มีปริมาตรน้ำข้าวหมากสูง มีความหวานสูง และมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวคือ 4 นาที ทำให้ได้น้ำข้าวหมาก 280 มิลลิลิตร มีปริมาณความหวาน 37.50 องศาบริกซ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ ร้อยละ 3.37 และมีความเปรี้ยวเล็กน้อย

4.3 ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก

การเติมน้ำตาลลงไปนั้นในส่วนผสมของข้าวก่อนการหมักจะช่วยเป็นแหล่งอาหารเพื่อการเจริญเติบโตแก่จุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมาก และจากการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมากโดยแปรปริมาณน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนักเป็น 0.2, 0.4 และ 0.6 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ข้าวหมากตรวจวิเคราะห์หลังการหมักเป็นเวลา 4 วัน มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหมากที่เติมน้ำตาลปริมาณต่างๆ โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 4 วัน และระยะเวลาในการล้าง 4 นาที

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	0.2	0.4	0.6
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	$34.60^{c} \pm 0.17$	$37.70^{a} \pm 0.26$	$36.17^{b} \pm 0.29$
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	$463.09^{c} \pm 0.39$	$496.67^{a} \pm 0.41$	$488.81^{b} \pm 0.42$
ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	$3.73^{a} \pm 0.06$	$3.33^{c} \pm 0.06$	$3.57^{b} \pm 0.06$
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	$3.48^{c} \pm 0.01$	$3.91^{a} \pm 0.02$	$3.67^{b} \pm 0.01$
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	$1.23^{a} \pm 0.00$	$0.89^{c} \pm 0.00$	$1.08^{b} \pm 0.00$
ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)	$251.67^{c} \pm 2.89$	$280.00^{a} \pm 2.00$	$262.00^{b} \pm 2.00$

หมายเหตุ : a, b, c ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวหมากที่เติมน้ำตาลปริมาณต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.3 พบว่าการเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.2, 0.4 และ 0.6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 34.60, 37.70 และ 36.17 องศา-บริกซ์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำข้าวหมากที่เติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆ พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุดที่ปริมาณน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 เท่ากับ 496.67 กรัมต่อลิตร รองมาคือปริมาณน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.6 และ 0.2 มีค่าเท่ากับ 488.31 และ 463.18 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ การเติมน้ำตาลในส่วนผสมของข้าวร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 ทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากการที่มีปริมาณสารอาหารเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของราในระหว่างการหมักซึ่งเชื้อราสามารถทำหน้าที่ได้ดีในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลจึงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูง

ปริมาณแอลกอฮอล์ของน้ำข้าวหมากที่เติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆ พบว่าการเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.2 ทำให้ได้ข้าวหมากที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 3.73 รองมาคือการเติมน้ำตาลร้อยละโดยน้ำหนัก 0.6 และ 0.4 โดยมีค่าเท่ากับร้อยละโดยน้ำหนัก 3.57 และ 3.33 ตามลำดับ การเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 ทำให้มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูง ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญและการหมักแอลกอฮอล์ของยีสต์ จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Nishino และคณะ (1985) ที่รายงานว่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงเกินไปจะทำให้มีการผลิตเอทานอลลดลง

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำข้าวหมาก พบว่าการเติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆ มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.2, 0.4 และ 0.6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.48, 3.91 และ 3.67 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ปริมาณกรดแลคติกของน้ำข้าวหมากที่มีการเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.2, 0.4 และ 0.6 มีค่าเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 1.23, 0.89 และ 1.08 ตามลำดับ สิรินทรเทพ (2523) รายงานว่า ปกติข้าวหมากที่ใช้รับประทานอยู่ทั่วไปมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.8-4.0 และปริมาณกรดที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมากจะอยู่ในช่วงร้อยละโดยปริมาตรระหว่าง 0.7-0.9 ซึ่งมีข้าวหมากที่ได้จะมีรสชาติหอมหวาน และเปรี้ยวเล็กน้อย

จากการวัดปริมาตรน้ำข้าวหมากที่ได้จากการหมักพบว่าการเติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆ มีผลต่อปริมาตรของน้ำข้าวหมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 มีปริมาตรของน้ำข้าวหมากสูงสุดเท่ากับ 280.00 มิลลิลิตร รองมาคือการเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก 0.6 และ 0.2 มีปริมาตรของน้ำข้าวหมากเท่ากับ 262 และ 251.67 มิลลิลิตร ตามลำดับ

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ ต้องการข้าวหมากที่มีปริมาตรน้ำข้าวหมากสูง มีความหวานสูง และมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ ดังนั้นการเติมน้ำตาลปริมาณที่เหมาะคือร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ได้น้ำข้าวหมาก 280 มิลลิลิตร มีปริมาณความหวาน 37.70 องศาบริกซ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 3.33 และมีความเปรี้ยวเล็กน้อย

4.4 การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

จากการนำสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำข้าวหมาก และนำน้ำข้าวหมากที่ได้มาเจือจางกับน้ำต้มสุกเพื่อปรับความหวานปริมาณ 20 องศาบริกซ์ จากนั้นเติมสารสีจากข้าวแดงที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยแปรปริมาณของสารสีเป็นร้อยละ 1.4, 1.7 และ 2.0 จากนั้นนำเครื่องดื่มที่ได้ไปพาสเจอไรส์ 68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็นและนำเครื่องดื่มมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และทดสอบความชอบทางด้านสีโดยใช้ประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking for preference ได้ผลการทดลองดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากที่ผสมสารสีในปริมาณต่างๆ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณสารสีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าการเติมสารสีเป็นร้อยละ 1.4, 1.7 และ 2.0 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 22.67, 21.67 และ 20.00 องศาบริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในเครื่องดื่มมีค่าลดลงตามปริมาณสารสกัดที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากสารสีมีคุณสมบัติละลายได้ดีในเอทานอล และไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้นเมื่อใส่สารสีในข้าวหมากปริมาณมากส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง จากปริมาณมีเอทานอลในสารละลายสารสีที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพที่เติมสารสีในปริมาณต่างๆ

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ปริมาณสารสี (ร้อยละ)		
	1.4	1.7	2.0
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	22.67^{a}±0.58	21.67^{b}±0.58	20.00^{c}±0.00
ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.77^{b}±0.06	0.83^{ab}±0.06	0.90^{a}±0.00
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.33^{a}±0.00	4.25^{b}±0.01	4.13^{c}±0.00
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.10^{c}±0.01	0.13^{b}±0.00	0.16^{a}±0.01

หมายเหตุ : a, b, c ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มพบว่าการเติมปริมาณสารสีเป็นร้อยละโดยปริมาตร 1.4, 1.7 และ 2.0 มีผลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 0.77, 0.83 และ 0.90 ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเติมปริมาณสารสีที่ละลายด้วยสุรา 40 ดีกรีที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลน้ำข้าวหมากมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามปริมาณสารสีที่เพิ่มขึ้น

ค่าความเป็นกรด – ด่างของปริมาณเครื่องดื่ม พบว่าการเติมสารสีมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.13-4.33 ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของเครื่องดื่มที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของสารสีที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 0.10-0.16

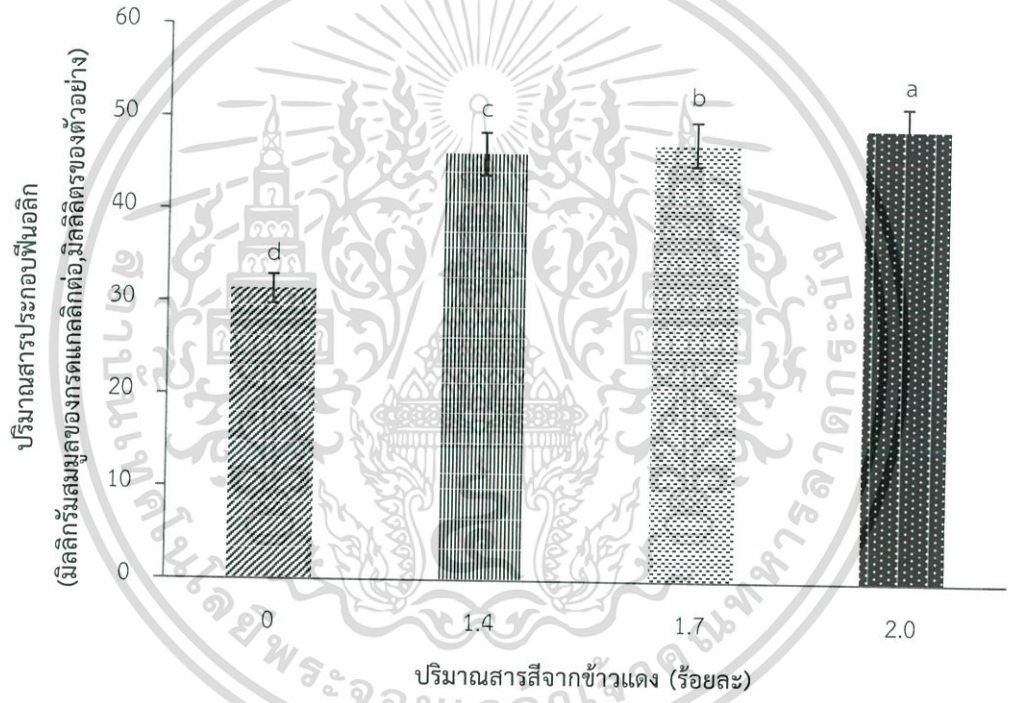
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

สารประกอบฟนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) เป็นสารกลุ่มที่สำคัญ ซึ่งมีสมบัติต้านออกซิเดชั่นพบในผักผลไม้ สมุนไพร และดอกไม้ นอกจากนี้ยังพบ ได้ในข้าวที่มีสี เช่น ข้าวแดง ข้าวไรซ์เบอรรี่ และข้าวเหนียวดำ Kim และคณะ (2008) ประยุกต์ใช้ข้าวแดงที่ผลิตจากราโมแนสคัส มาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มโดยทดลองผลิตเครื่องดื่มจากข้าวแดงร้อยละ 100 เครื่องดื่มที่ผลิตมาจากข้าวแดงร้อยละ 50 (ข้าวแดงต่อข้าวในอัตราส่วน 50:50) และเครื่องดื่มที่ผลิตมาจากข้าวร้อยละ 100 เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 100 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักคือ 113.9 µg/ml รองลงมาคือเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 50 และเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดงร้อยละ 0 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 92.9 และ 69.7 µg/ml ตามลำดับ จากรายงานการวิจัยดังกล่าวสรุปว่า เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 100 มีปริมาณฟีนอลิก (Phenolic compound) สูงที่สุด ซึ่งเหมาะต่อการผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายได้

จากการนำเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากที่ผสมสารสกัดจากข้าวแดงที่ความเข้มข้นต่างๆ และมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธีโฟลิน-ไซโอแคลทู และใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน โดยมีสมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 1.1076x$ ($R^2 = 0.9988$) พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 31.37 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง เมื่อเติมสารสกัดสารสีลงไปในเครื่องดื่มมีปริมาณต่างๆ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารสีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเติมปริมาณสารสีที่ร้อยละโดยปริมาตร 1.4, 1.7 และ 2.0 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 46.16, 47.38 และ 49.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงที่ร้อยละ 0 (▨) 1.4 (▥) 1.7 (▩) และ 2.0 (■)

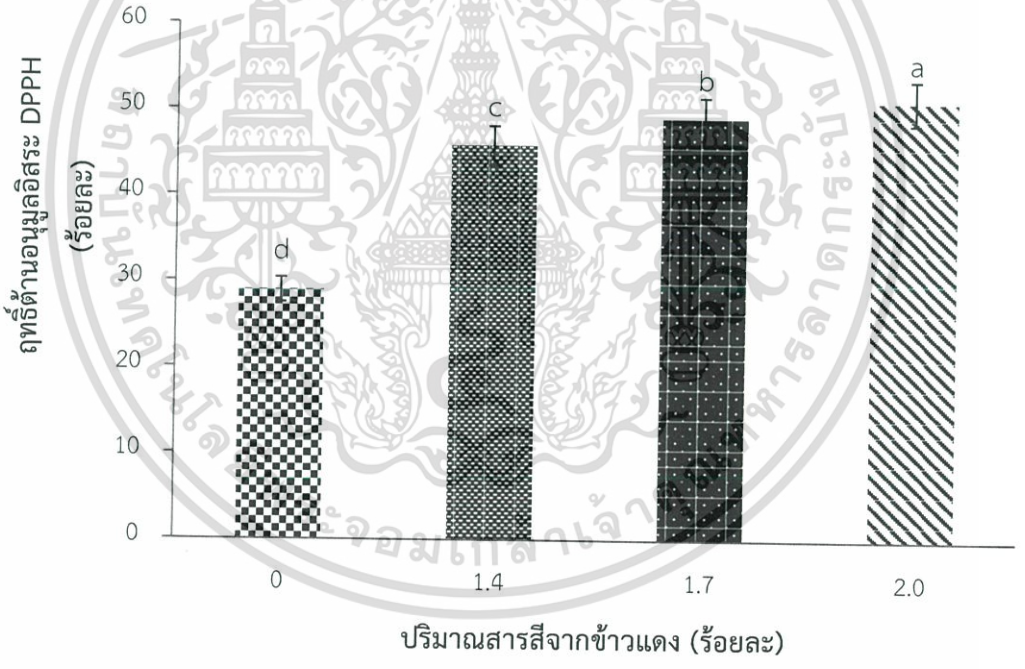
การที่เครื่องดื่มมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสีจากข้าวแดงที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 59.18 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง ดังนั้นเมื่อเพิ่มสารสกัดลงไปในเครื่องดื่มที่เพิ่มขึ้นจึงเป็นผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สำราญ (2558) รายงานว่าข้าวแดงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 58.64 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay สามารถทดสอบได้โดยนำสาร 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร ที่มีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ ในระยะเวลาที่กำหนด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารละลายจากสีม่วงเป็นสีเหลืองและเมื่อนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร มีผลทำให้ค่าดูดกลืนแสงลดลง ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนั้น (จุฑารัตน, 2559)

จากการนำเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงที่ความเข้มข้นต่างๆ มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่ไม่ผสมสารสีจากข้าวแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 28.95 ในขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงมีแนวโน้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารสีที่เพิ่มขึ้น โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 45.81 – 51.03 แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารจากข้าวแดงที่ร้อยละ 0 (▩) 1.4 (▩) 1.7 (▩) และ 2.0 (▨)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมสารสีจาก *Monascus purpureus* มีผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น คาดว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.6) ซึ่งมีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกมีบทบาทสำคัญในการเป็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Vajragupta และคณะ, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลทดสอบความชอบทางด้านสีของเครื่องดื่มโดยวิธี Ranking for preference

จากการทดสอบเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากผสมสารสีปริมาณต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าเครื่องดื่มที่เติมสารสีร้อยละโดยปริมาตร 2.0 มีจำนวนของผู้ทดสอบที่ให้ความชอบทางด้านสีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 66.67 รองมาคือเครื่องดื่มที่เติมสารสีร้อยละโดยปริมาตร 1.7 และ 1.4 คิดเป็นร้อยละ 26.67 และ 6.67 ตามลำดับ เนื่องจากสีของเครื่องดื่มที่เติมสารสีร้อยละโดยปริมาตร 2.0 ทำให้เครื่องดื่มมีสีแดงสด ไม่อ่อนเกินไป ทำให้น่ารับประทาน จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบมีความชอบทางด้านสีของเครื่องดื่มร้อยละโดยปริมาตร 2.0 มากที่สุด

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการเครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพ จึงไม่ต้องการปริมาณความหวานและแอลกอฮอล์สูง และต้องการเครื่องดื่มที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง รวมถึงพิจารณาความชอบทางด้านสีจากการเติมสารสีจากข้าวแดงของผู้ทดสอบ ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละโดยปริมาตร 2.0 เป็นปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาต่อไป

4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

นำเครื่องดื่มจากข้าวหมากที่ผสมสารสีจากข้าวแดงปริมาณร้อยละ 2.0 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยทำการตรวจคุณภาพทุก 3 วัน ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติก รวมทั้งวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4.5.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองนำเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติก ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 19.67-20.00 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรอยู่ในช่วง 0.87-0.90 ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.12 และปริมาณกรดแลคติกร้อยละโดยปริมาตรอยู่ในช่วง 0.15-0.16 แสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด^{ns} (องศาบริกซ์)	ปริมาณแอลกอฮอล์^{ns} (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง^{ns} (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก^{ns} (ร้อยละโดยปริมาตร)
0	20.00±0.00	0.93±0.06	4.12±0.01	0.16±0.00
3	19.67±0.58	0.90±0.00	4.12±0.01	0.16±0.00
6	19.67±0.58	0.90±0.00	4.12±0.01	0.16±0.00
9	19.67±0.58	0.87±0.06	4.12±0.00	0.15±0.01
12	20.00±0.00	0.87±0.06	4.12±0.00	0.15±0.01
15	20.00±0.00	0.90±0.00	4.12±0.00	0.16±0.00

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 48.90–48.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.67–50.76 แสดงดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด^{ns} (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH^{ns} (ร้อยละ)
0	48.98±0.14	50.72±0.13
7	48.90±0.12	50.76±0.11
15	48.91±0.03	50.67±0.06

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน จะพบว่าคุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติก รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพให้เห็นชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากเพื่อทำเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพพบว่า ระยะเวลาในการหมักข้าวหมากที่เหมาะสมคือ 4 วัน ระยะเวลาล้างข้าวที่เหมาะสมคือ 4 นาที และการเติมปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมคือร้อยละโดยน้ำหนัก 0.4 ทำให้ได้ข้าวหมากที่มีประมาณน้ำข้าวหมากและความหวานสูง มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ

เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากมาทำการผลิตข้าวหมากเพื่อทำเครื่องดื่มจากน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ พบว่าการเติมสารสีจากข้าวแดงในเครื่องดื่มปริมาณร้อยละโดยปริมาตร 2.0 ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้ความชอบทางด้านสีมากที่สุดและเครื่องดื่มที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 20.00 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 0.90 ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.13 และปริมาณกรดแลคติกเท่ากับ 0.16 รวมทั้งมีสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 49.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 51.03 จากนั้นนำเครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพมาทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าคุณภาพทางเคมี และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากโดยใช้ปลายข้าวแทนข้าวเหนียวพันธ์เขี้ยวงู
2. ศึกษาสารสกัดสารสีจากข้าวแดงโดยใช้ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย
3. ส่วนของข้าวหมากที่เหลือจากการทำเครื่องดื่มควรนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปประกอบอาหาร เช่น ทำคุกกี้ข้าวหมาก หรือ เยลลี่ข้าวหมาก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัญญุมา มุทุวงศ์. 2546."การผลิตรงควัตถุของเชื้อราโมแนสคัสโดยการหมักสภาพแห้ง".วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

กาญจนา หนพูกุ และศศิธร คงพัฒน์. 2555."การศึกษาการผลิตข้าวหมากโดยใช้ข้าวกล้องสังข์หยด".ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตตรัง,ตรัง.

กรกต สุนทรกุล, สุกานดา วิชิตพันธ์ และคณิต วิชิตพันธ์. 2553. "โมแนสคัส: ราแดงที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ". ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 3-4: 4-8.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2518. "การศึกษาการทดลองผลิตข้าวแดงระดับห้องปฏิบัติการ.รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

เกศริน แก้วมณี. 2558. "การผลิตและการทดสอบประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากข้าวเหนียวกล้องและข้าวเหนียวกล้องงอก". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ขวัญชัย มั่นถึง.2559.**ข้าวหมากสมุนไพรสูตรโบราณ.** [Online].Available: http://www.khawmak.com/index.php (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

จักรพงษ์ นิมานะ.2557.**การผลิตสารสีจากจุลินทรีย์**. [Online].Available: http://science.payap.ac.th/blogs/chakkraphong/2014/05/07/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%A3/ (สืบค้นวันที่ 30 พฤษภาคม 2560).

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน. 2554."การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก".วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน, วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ และหทัยรัตน์ ริมคีรี. 2554. "การคัดเลือกเชื้อบริสุทธิ์โดยทดสอบการย่อยแป้งและการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก".วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2556."โพรไบโอติกจุลินทรีย์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ". ผลของโพรไบโอติกต่อสุขภาพ. 1.นนทบุรี: สำนักการแพทย์ทางเลือกกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ดาริกา เพ็ญรัตน์. 2539. “การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากในการหมักกรณีศึกษาข้าวเหนียวนึ่งทั้งเมล็ดและน้ำแป้งข้าวเหนียวนึ่ง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธนิฏฐา เที่ยงแท้, เจริญ เจริญชัย, สาธิรัตน์ รัตนวงศ์ปาล, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ และปาลิดา ตั้งอนุรัตน์. 2559. “คุณสมบัติด้านโพรไบโอติกของแบคทีเรียที่แยกจากข้าวหมาก”.คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นภา โล่ทอง. 2535. “กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต”. กรุงเทพฯ : ฟันนี พับลิชชิ่ง.

นักศึกษามหาวิทยาลัยรังสิต. 2556. สาโท. [Online].Available: http://l3lackmann.blogspot.com/2013/05/blog-post.html (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

นิอร โฉมศรี และรัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา. 2557. “เครื่องดื่มหมักฟังก์ชั่นจากข้าวธัญสิรินและข้าวหอมล้านนา”. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

บุษบา ยงสมิทธ์ และวรรณภา ทาบโลกา.2528. “สีผสมอาหารจากมันสำปะหลังโดยใช้เชื้อราโมแนสคัส”. วิทยาศาสตร์เกษตร สาขาวิทยาศาสตร์, 19 (1) : 45-50.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. “อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา, 21(3): 276-286.

ปภาดา แก้วปานกัน.2559.**วิธีทำข้าวหมากให้หวาน**. [Online].Available” https://kawmakpaphada.blogspot.com/2011/08/blog-post.html (สืบค้นวันที่ 12 ธันวาคม 2559).

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์.2556.**การทำข้าวหมาก**. [Online].Available: http://guru.sanook.com/2628/ (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์.2559. **ลูกแป้ง**. [Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2888/%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B9%89%E0%B8%87 (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์.2559.**แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก**.[Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-แบคทีเรียผลิตกรดแลกติก (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2560. **ราโมแนสคัส**. [Online]. Available: http://www.foodnet worksolution.com/wiki/word/6912/monascus. (สืบค้นวันที่ 30 พฤษภาคม 2560).

ภัณฑิรา ศรีดำ และเกตุการ ดาจันทา. 2014. "การคัดกรองลูกแป้งพื้นเมืองที่มีศักยภาพในการหมักข้าวหมากให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงและมีกลิ่นของแอลกอฮอล์ต่ำ". บทความวิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขาวิทยาศาสตร์อาหารและเทคโนโลยี.

มณชัย เดชสังกรานนท์. 2546. "คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักขาวหมากและสาโท". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เมทินี มาเวียง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และเอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด. 2554. "การรวบรวมวัฒนธรรมกระบวนการแปรรูปและการผลิตอาหารหมักพื้นบ้านจากข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี". มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

รัตนา สุขสรรค์. 2524. "ข้าวแดงสีธรรมชาติสำหรับใช้ผสมอาหาร". *วารสารวิทยาศาสตร์*. 35: 336-337.

วรรณภา ทาบโลก. 2529. "ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตสีของโมแนสคัสที่เจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังในสภาพหมักเปียก" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาลิสา เมืองแมน ปัญญรัตน์ ปัณฑุกำพล และอลิษา สุนทรวัฒน์. 2558. "การผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus* sp. โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร: รำข้าวหรือกากถั่วเหลือง". *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*. 1(2): 45-55.

ศราวุฒิ เศรษฐบุตร และสุพัฒน์ ไพบูลย์สีสกุล. 2551. "การผลิตสารสีจากเชื้อรา *Monascus purpureus* บนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและนำสารสีที่ได้มาประยุกต์ใช้ในกุนเชียง". วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุนีย์ เอียดมุสิก, วิจิตรา สานพภา, และณัฐธยาน์ ชูสุข. 2557. "การผลิตสารสีและโมนาโคลิน เค ที่ได้จากการหมักเมล็ดขนุนผงด้วยเชื้อราโมแนสคัสต่างสายพันธุ์".วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุราไทย. 2554. ลูกแป้ง...ความลับที่ไม่ลับ. [Online].Available: https://surathai.wordpress.com/2011/05/15/lukpang-secret/ (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

สมพร สินธารา. 2544. "การแยก การจัดจำแนก และการเก็บรักษายีสต์และราที่แยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าของไทย". วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาจุลชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล. 2523. "การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์". วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพร อักษร, วงเดือน บุตรหนัน และปาริยา ณ นคร.2556."ความคงตัวของสีแดงที่สกัดได้จากการเลี้ยงราที่คัดแยกได้ในอาหารเหลว".*Thai journal of Science and Technology.* 2(3): 185-191.

อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์. 2554. "ประสิทธิภาพของสารสกัดข้าวหมาก: อาหารโพรไบโอติกจากภูมิปัญญาท้องถิ่นต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร". มหาวิทยาลัยราชภัฏสมเด็จเจ้าพระยา, กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ วัฒนกุล, ชุตินุช สุจริต และนพรัตน์ วงศ์หิรัญเดชา. 2554. "คุณค่าทางโภชนาการบางประการในข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุง". คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตตรัง.

AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC international.17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Carels M. and Shepherd D. 1997. "The effect of different nitrogen sources on pigment production and sporulation of *Monascus* species in submerged shaken culture". *Canadian Journal of Microbiology*, 23: 1360-1372.

Chen M.H. and Johns M.R. 1993. " Effect of pH and nitrogen sources on pigment production by *Monascus purpureus*" .*Applied and Microbiology Biotechnology*, 11(40): 132-138.

Chen M.H. and Johns M.R. 1994. " Effect of carbon source on ethanol and pigment production by *Monascus purpureus*". *Enzyme and microbial Technology*, 16(7): 584-590.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Dengfeng L., Zhang H.t., Xu B.G. and Tan J.G. 2013."Influence of fermentation temperature and source of enzymes on enological characteristics of rice wine". *Journal of the Institute of Brewing*, 120: 231–237.

Dufosse L., 2006. " Microbial production of food grade pigments" . *Institute of Food Technologists*, 44: 313-321.

Dung, N.T.P., Rombouts F.M. and Nout M.J.R. 2006. " Functionality of selected strains of moulds and yeasts from Vietnamese rice wine starters" . *Food Microbiology*, 23(4): 331-340.

Endo A., Komagata D. and Shimada H. 1986. "Monacolin M a new inhibitor of cholesterol biosynthesis". *The journal of antibiotic Tokyo*, 39(12): 1679-1673.

Jeon S.H., Kim N.H., Shim M.B., Jeon Y.W., Lee S.H., Hwang I.G. and Rhee M.S. 2015. "Microbiological diversity and prevalence of spoilage and pathogenic bacteria in commercial fermented alcoholic beverages (beer, fruit wine, refined rice wine, and yakju)". *Journal of Functional Foods*, 78(4): 812-8.

Jeun J., Jung H., Kim J. H., Kim Y.O., Youn S. H. and Shin C. S., 2008. "Effect of the *Monascus* pigment threonine derivative on regulation of the cholesterol level in mice". *Journal of Food Chemistry*, 107: 1078-1085.

Kenneth H. 1990. " Official methods of analysis of the association of official analytical chemists". ; USA.

Lin Y.L., Wang T.H., Lee M.H., Su N.W. 2008. "Biologically active components and nutraceuticals in the *Monascus*-fermented rice". *A review Applied Microbiology and Biotechnology*, 77: 965-973.

Miller G.L.1959."Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar". *Analytical Chemistry.* 31: 420-428.

Qin H., Hao Z. and Dan X. 2017. "Enhancement of antioxidant activity of Radix Puerariae and red yeast rice by mixed fermentation with *Monascus purpureus*". *Food Chemistry*, 226: 89-94.

Srianta I., Ristiarini S., Nugerahani I., Sen S. K., Zhang B. B., Xu G.R. and Blanc P.J. 2014. "Recent research and development of *Monascus* fermentation products". *International Food Research Journal*, 21(1): 1-12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Su Y.C. and Huang J.H. 1980. "Fermentative production of anka-pigment (*Monascus* pigment)". *Proceedings of the national science council, Republic of Chaina.* 4(2): 201-215.

Wong C.H. and Bau S.H. 1977. "Pigmentation and antibacterial activity of fast Neutron and X-Ray-Induced Strains of *Monascus purpureus*". *Went.Plant Physiology*, 60(40): 578-581.

Wong, H.C. and Koehler P.E. 1981. "Production and Isolation of an antibiotic from *Monascus purpureus* and its relashionship to pigment production". *Journal of food science*, 46: 589-592.

Xu E., Wu Z., Long J., Wang F., Xu X., Jin Z. and Jiao A. 2015. "Improved bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity of glutinous rice and its fermented Chinese rice wine by simultaneous extrusion and enzymatic hydrolysis". *Journal of Functional Foods*, 17: 214-226.

[ออนไลน์]. Available: http://www.cssd-gotoknow.org/2014/10/sterilization.html (สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2559).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารเคมี และวิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมสารมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการชั่งสารกรดแกลลิก 0.02 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

2. โซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 20 ทำการชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 20 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วย volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายเควอซิตินความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำการชั่งสารเควอซิติน 0.01 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.15, และ 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

4. อะลูมิเนียมคลอไรด์ร้อยละ 10 ทำการชั่งอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วย volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

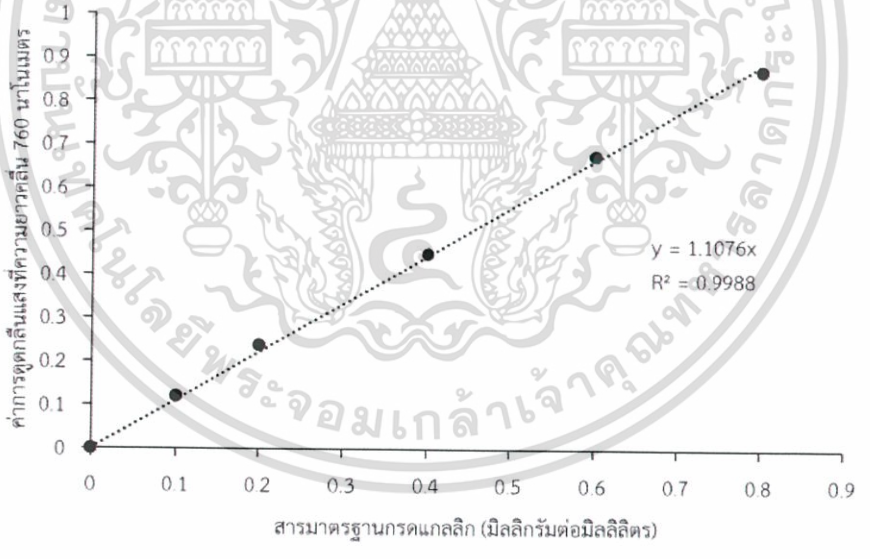
5. โพแทสเซียมอะซิเตท 1 โมลาร์ ทำการชั่งโพแทสเซียมอะซิเตท 1.963 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร

6. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ทำการชั่ง DPPH 0.0032 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 99 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ทำการคนสารละลายด้วย magnetic bar ร่วมกับเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้นของกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร			เฉลี่ย
	ครั้งที่	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.00	0.000	0.000	0.000	0.00±0.00
0.10	0.114	0.124	0.121	0.12±0.01
0.20	0.237	0.238	0.238	0.24±0.00
0.40	0.448	0.448	0.447	0.45±0.00
0.60	0.668	0.687	0.668	0.67±0.01
0.80	0.869	0.874	0.871	0.87±0.00
1.00	1.109	1.098	1.096	1.10±0.01



รูปที่ ก-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (Hot air oven)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-2 กรัม ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง

4. อบซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

W_1 = น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

3. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) (Chen และ Liu, 2000)

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3.1.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เทลงในขวดปรับปริมาตร ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำข้าวหมากที่ไม่เจือจางปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. หยดสารละลายฟีนอฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 3 หยด

3. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำให้สารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (จุดยุติ)

การคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของกรดแลคติก} \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH}}{1{,}000 \times \text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

มวลโมเลกุลของกรดอะซิติก ($C_3H_6O_3$) เท่ากับ 90

4. การวัดน้ำตาลโดยใช้เครื่อง Refractometer

4.1 เปิดฝาครอบพลาสติก

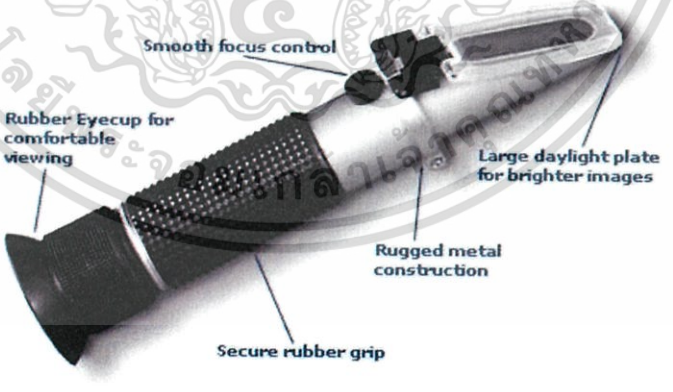
4.2 หยดน้ำกลั่นลงบนเครื่อง Refractometer 1-2 หยด เพื่อปรับให้ได้ค่าเริ่มต้นเท่ากับศูนย์ แล้วเช็ดให้แห้ง

4.3 หยดสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวัดลงไป 1-2 หยด บนกระจก

4.4 เลื่อนฝาครอบพลาสติกมาปิดกระจก (พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ)

4.5 ส่องดูระดับน้ำตาล

4.6 เมื่อเลิกใช้งานใช้กระดาษซับทำความสะอาดก่อนเก็บ



รูปที่ ก-2 เครื่อง Refractometer

ที่มา : http://www.lumy-refractometer.com/html_products/Hand-Held-Grape-Refractometer-121.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวัดปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่องมือ Ebulliometer

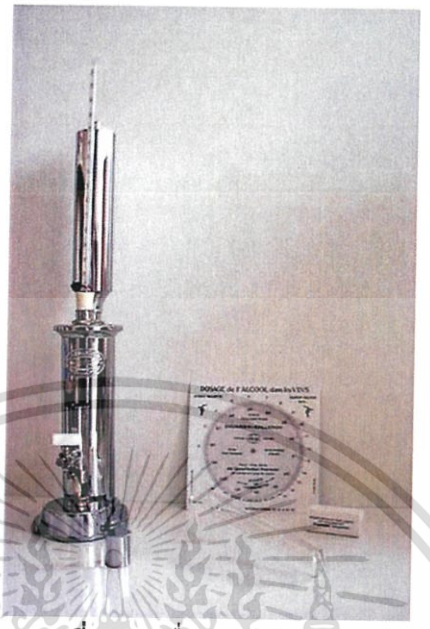
Ebulliometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดเอทานอลโดยการหาจุดเดือดของน้ำเทียบกับจุดเดือดของตัวอย่างที่วัด แล้วเปิดตารางของ DUJARDIN, SUCCESSEUR DESALLERON – PARIS เพื่อหาค่าเอทานอลที่ได้ เครื่องมือประกอบด้วยโลหะทรงกระบอก 2 ส่วนต่อกัน ทรงกระบอกอันล่างจะเป็นที่บรรจุสารละลายที่เราต้องการหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยบรรจุสารลงในช่อง และเสียบเทอร์โมมิเตอร์สำหรับอ่านอุณหภูมิไว้ ทรงกระบอกอันบนจะเป็นส่วนที่ใส่น้ำหล่อเย็น สวมต่อกับทรงกระบอกอันบนและเป็น ค็อกที่จะเปิดสารละลายออกทิ้ง ส่วนด้านล่างจะเป็นปล่องสำหรับรวมเปลวไฟจากตะเกียงซึ่งวางไว้ข้างล่างใต้ปล่องนี้

การปรับค่า (Calibation) โดยการหาจุดเดือดของน้ำ

1. เติมแอลกอฮอล์ลงในตะเกียง
2. ล้าง boiler ด้วยน้ำ โดยการเทน้ำลงในท่อทรงกระบอกด้านล่าง แล้วเทน้ำออก
3. เทน้ำลงใน graduated glass จนให้ถึงขีดที่มีตัวอักษร Eau
4. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงที่ช่องที่ทรงกระบอกด้านล่าง
5. เติมน้ำเย็นลงที่ cooling tank
6. จุดตะเกียงแล้ววางไว้ที่ใต้ท่อเพื่อให้ความร้อน
7. ปรอทในเทอร์โมมิเตอร์จะเริ่มสูงขึ้นจนกระทั่งคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ
8. หมุน pkasric calculating scale จนกระทั่งอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำที่อ่านได้ตรงกับตำแหน่ง 0 บน scale ของร้อยละแอลกอฮอล์ (scale ด้านนอก) และใช้ตำแหน่งของ scale ที่ตั้งไว้นี้ในการหาปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำข้าวหมาก

หมายเหตุ : การวัดแอลกอฮอล์จากตัวอย่างทำวิธีการเดียวกัน แต่ใส่ปริมาณตัวอย่างลงใน graduated glass ให้ถึงขีดที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-3 เครื่อง Ebulliometer

ที่มา : http://ecom.bosagrape.com/product.php?productid=16878

6. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Miller, 1959)

6.1 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีดีเอ็นเอส (Miller, 1959)

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารละลาย 3,5-dinitrosalicylic (DNS) ร้อยละ 1

1.1.2 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

1.2 วิธีการเตรียมสารละลาย

1.2.1 สารละลาย 3,5-dinitrosalicylic (DNS) ร้อยละ 1

1.2.1.1 ชั่งสาร 3,5-dinitrosalicylic (DNS) ร้อยละ 1 ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

1.2.1.2 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทีละน้อย (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 16 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร)

1.2.1.3 คนสารละลายให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1.4 เติมโพแทสเซียมโซเดียมพาเตทลงไปทีละน้อยพร้อมกับคนให้เข้ากันจนครบ 300 กรัม ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.3 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

1.3.1 อบกลูโคสที่ตู้อบ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง และวางในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อลดอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที

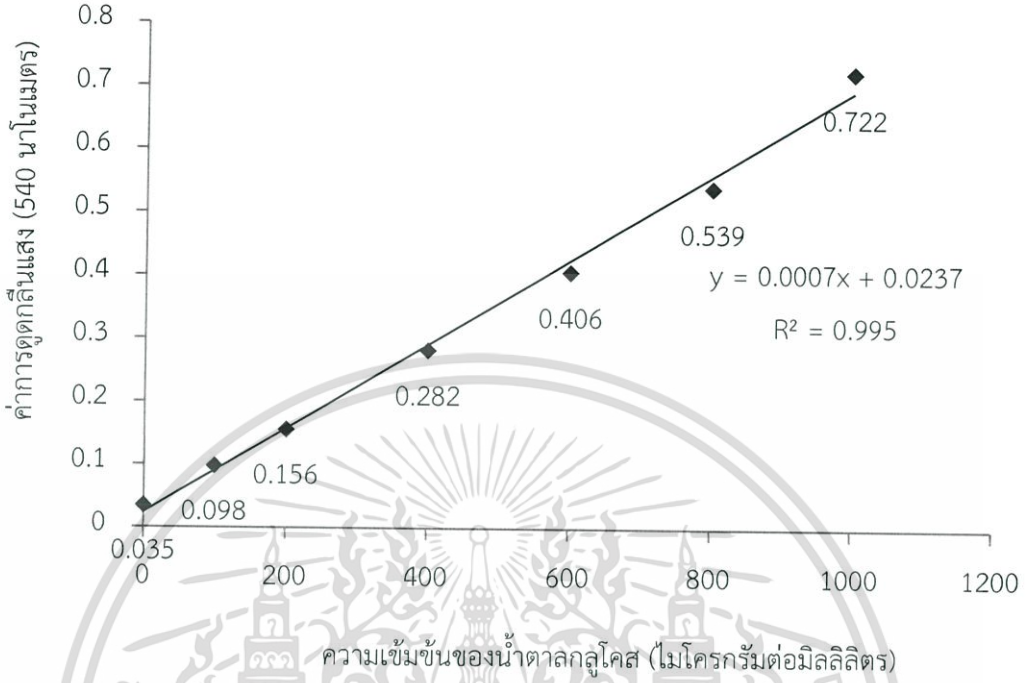
1.3.2 ชั่งน้ำหนักกลูโคสที่ผ่านการอบและทิ้งให้เย็น 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ปรับปริมาตร จะทำให้ได้สารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

1.3.3 ทำการเจือจางสารละลายกลูโคสที่ได้โดยใช้น้ำกลั่น ดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ก-2 การเจือจางสารละลายกลูโคสโดยใช้น้ำกลั่น

ความเข้มข้นกลูโคส (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณกลูโคส (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (540 นาโนเมตร)
0	-	5	0.035
100	0.5	4.5	0.098
200	1	4	0.156
400	2	3	0.282
600	3	2	0.406
800	4	1	0.539
1000	5	-	0.722

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 กราฟมาตรฐานกลูโคสที่มีความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

1.3.4 เตรียมกราฟมาตรฐานกลูโคส โดยนำสารละลายกลูโคสความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้ และทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธีดีเอ็นเอส

1.3.5 เขียนกราฟมาตรฐานกลูโคสระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตรที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน และคำนวณสมการ

1.4 วิธีการวิเคราะห์

1.4.1 ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร หรือสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในหลอด เขย่าสารให้เข้ากัน

1.4.2 นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

1.4.3 ปิเปตน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดทดลอง เขย่าสารให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

1.4.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายตัวอย่างหรือคำนวณได้จากสูตร

$$\text{น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น } 540 \text{ นาโนเมตร} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน} \times 1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักข้าว

ตารางที่ ข-1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในแต่ละวันที่ทำการหมัก

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ครั้งที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เฉลี่ย
2	1	37	36.33^{bc}±0.58
	2	36	
	3	36	
3	1	39	38.67^{a}±0.58
	2	38	
	3	39	
4	1	37.5	37.17^{b}±0.29
	2	37	
	3	37	
5	1	36	35.83^{cd}±0.29
	2	35.5	
	3	36	
6	1	35	35.33^{d}±0.57
	2	36	
	3	35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในแต่ละวันที่ทำการหมัก

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	เจือจาง (เท่า)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	เฉลี่ย
2	1	0.741	500	529.29	528.57[a]±0.72
	2	0.740	500	528.57	
	3	0.739	500	527.86	
3	1	0.727	500	519.29	519.29[b]±0.72
	2	0.728	500	520.00	
	3	0.726	500	518.57	
4	1	0.720	480	493.71	493.49[c]±0.39
	2	0.719	480	493.03	
	3	0.720	480	493.71	
5	1	0.649	480	445.03	444.57[d]±0.40
	2	0.648	480	444.34	
	3	0.648	480	444.34	
6	1	0.626	480	429.26	429.71[e]±0.39
	2	0.627	480	429.94	
	3	0.627	480	429.94	

ตัวอย่างการคำนวณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

วันที่ 2 ครั้งที่ 1 ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 0.741 เจือจางที่ 500 เท่า ความชันของกราฟมาตรฐานกลูโคสเท่ากับ 0.0007 (รูปที่ ข-1)

$$\text{น้ำตาลรีดิวซ์} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น } 540 \text{ นาโนเมตร} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน} \times 1000}$$

$$= \frac{0.741 \times 500}{0.0007 \times 1000} = 529.29 \text{ กรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 529.29 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ปริมาณแอลกอฮอล์ในแต่ละวันที่ทำการหมัก

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ครั้งที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
2	1	1.8	$1.80^{d}\pm0.10$
	2	1.7	
	3	1.9	
3	1	2.3	$2.30^{c}\pm0.10$
	2	2.2	
	3	2.4	
4	1	3.6	$3.63^{b}\pm0.06$
	2	3.6	
	3	3.7	
5	1	7.5	$7.50^{a}\pm0.10$
	2	7.6	
	3	7.4	
6	1	7.6	$7.60^{a}\pm0.10$
	2	7.7	
	3	7.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ปริมาตรน้ำข้าวหมากในแต่ละวันที่ทำการหมัก

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ครั้งที่	ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)	เฉลี่ย
2	1	238.00	$240.00^{d}\pm2.00$
	2	242.00	
	3	240.00	
3	1	254.00	$256.00^{c}\pm2.00$
	2	256.00	
	3	258.00	
4	1	276.00	$277.00^{b}\pm1.00$
	2	278.00	
	3	277.00	
5	1	278.00	$278.67^{ab}\pm0.58$
	2	279.00	
	3	279.00	
6	1	280.00	$279.67^{a}\pm0.58$
	2	279.00	
	3	280.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างข้าวเหนียว

ตารางที่ ข-5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เฉลี่ย
2	1	35	$36.50^{a}\pm0.50$
	2	36	
	3	36	
4	1	37	$37.50^{a}\pm0.50$
	2	37.5	
	3	38	
6	1	34	$35.33^{b}\pm0.58$
	2	35	
	3	35	

ตารางที่ ข-6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	เจือจาง (เท่า)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	เฉลี่ย
2	1	0.687	480	471.09	$471.09^{b}\pm0.69$
	2	0.688	480	471.77	
	3	0.686	480	470.40	
4	1	0.718	480	492.34	$492.34^{a}\pm0.00$
	2	0.718	480	492.34	
	3	0.718	480	492.34	
6	1	0.624	480	427.89	$428.12^{c}\pm0.39$
	2	0.624	480	427.89	
	3	0.625	480	428.57	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ปริมาณแอลกอฮอล์ต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
2	1	3.5	$3.57^{a}\pm0.06$
	2	3.6	
	3	3.6	
4	1	3.4	$3.37^{b}\pm0.06$
	2	3.4	
	3	3.3	
6	1	3.7	$3.67^{a}\pm0.06$
	2	3.7	
	3	3.6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 ปริมาณความชื้นต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วยอบ	น้ำหนักก่อนอบ (W_1)	น้ำหนักหลังอบ (W_2)	น้ำหนักตัวอย่าง	ร้อยละความชื้นโดยน้ำหนัก	เฉลี่ยร้อยละความชื้นโดยน้ำหนัก
2	1	11.37	25.70	18.93	14.33	47.25	47.09±0.26[b]
	2	11.05	24.37	18.14	13.32	46.79	
	3	11.83	25.12	18.84	13.29	47.23	
4	1	14.19	24.87	19.00	10.67	54.95	54.97±0.16[a]
	2	14.23	23.86	18.55	9.63	55.14	
	3	14.30	24.00	18.68	9.70	54.82	
6	1	14.32	23.53	19.52	9.21	43.59	42.64±1.71[c]
	2	13.99	24.09	19.98	10.10	40.67	
	3	14.55	22.68	19.13	8.13	43.68	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตัวอย่างการคำนวณร้อยละความชื้น

เวลาล้างข้าวที่ 4 นาที ครั้งที่ 2 น้ำหนักถ้วยอบ เท่ากับ 14.23 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบเท่ากับ 23.86 กรัม น้ำหนักตัวอย่างหลังอบเท่ากับ 18.55 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างเท่ากับ 9.63 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

W_1 = น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

$$= \frac{(23.86 - 18.55) \times 100}{9.63}$$

$$= 55.14$$

ดังนั้นร้อยละความชื้นมีค่าเท่ากับ 55.1391

ตารางที่ ข-9 ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เฉลี่ย
2	1	3.73	3.73^{b}±0.01
	2	3.74	
	3	3.73	
4	1	4.04	4.01^{a}±0.03
	2	4.02	
	3	3.98	
6	1	3.54	3.53^{c}±0.01
	2	3.53	
	3	3.54	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ปริมาตรไทเทรต (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
2	1	5.56	1.00	$1.00^{b}\pm0.00$
	2	5.57	1.00	
	3	5.59	1.00	
4	1	4.52	0.81	$0.81^{c}\pm0.00$
	2	4.53	0.81	
	3	4.53	0.81	
6	1	6.68	1.20	$1.20^{a}\pm0.00$
	2	6.67	1.20	
	3	6.69	1.20	

การคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

เวลาล้างข้าวที่ 4 นาที ครั้งที่ 1 ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ไทเทรต 4.52 มิลลิลิตร

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 M ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 50 มิลลิลิตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละโดยปริมาตร)} = \frac{N \times V\,(NaOH) \times 90 \times 100}{V\,(Sample) \times 1000}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

V (NaOH) = ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ไทเทรต (มิลลิลิตร)

V (Sample) = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

*น้ำหนักกรัมสมมูลของกรดแลคติกเท่ากับ 90

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละโดยปริมาตร)} = \frac{1 \times 4.52 \times 90 \times 100}{50 \times 1000}$$

$$= 0.81$$

ดังนั้นปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกร้อยละโดยปริมาตรเท่ากับ 0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 ปริมาตรน้ำข้าวหมากต่อระยะเวลาล้างข้าวที่แตกต่างกัน

เวลาที่ล้างข้าว (นาที)	ครั้งที่	ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)	เฉลี่ย
2	1	264	266.00^{b}±2.00
	2	266	
	3	268	
4	1	280	280.67^{a}±1.15
	2	282	
	3	280	
6	1	256	258.00^{c}±2.00
	2	258	
	3	260	

3. ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวหมาก

ตารางที่ ข-12 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เฉลี่ย
0.2	1	34.5	34.60^{c}±0.17
	2	34.8	
	3	34.5	
0.4	1	38	37.70^{a}±0.26
	2	37.6	
	3	37.5	
0.6	1	36	36.17^{b}±0.29
	2	36	
	3	36.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	เจือจาง (เท่า)	น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	เฉลี่ย
0.2	1	0.675	480	462.86	463.09^{c}±0.39
	2	0.676	480	463.54	
	3	0.675	480	462.86	
0.4	1	0.695	500	496.43	496.67^{a}±0.41
	2	0.695	500	496.43	
	3	0.696	500	497.14	
0.6	1	0.684	500	488.57	488.81^{b}±0.42
	2	0.685	500	489.29	
	3	0.684	500	488.57	

ตารางที่ ข-14 ปริมาณแอลกอฮอล์ต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
0.2	1	3.7	3.73^{a}±0.06
	2	3.8	
	3	3.7	
0.4	1	3.4	3.33^{c}±0.06
	2	3.3	
	3	3.3	
0.6	1	3.6	3.57^{b}±0.06
	2	3.5	
	3	3.6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เฉลี่ย
0.2	1	3.48	$3.48^{c}\pm0.01$
	2	3.49	
	3	3.48	
0.4	1	3.89	$3.91^{a}\pm0.02$
	2	3.92	
	3	3.91	
0.6	1	3.67	$3.67^{b}\pm0.01$
	2	3.68	
	3	3.67	

ตารางที่ ข-16 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ปริมาตรที่ไทเทรต (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
0.2	1	6.83	1.2294	$1.23^{a}\pm0.00$
	2	6.84	1.2312	
	3	6.82	1.2276	
0.4	1	4.93	0.8874	$0.89^{c}\pm0.00$
	2	4.92	0.8856	
	3	4.94	0.8892	
0.6	1	5.97	1.0746	$1.08^{b}\pm0.00$
	2	5.98	1.0764	
	3	5.99	1.0782	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-17 ปริมาตรน้ำข้าวหมากต่อปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ร้อยละน้ำตาลโดยน้ำหนัก	ครั้งที่	ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)	เฉลี่ย
0.2	1	250	251.67^{c}±2.89
	2	255	
	3	250	
0.4	1	278	280.00^{a}±2.00
	2	280	
	3	282	
0.6	1	260	262.00^{b}±2.00
	2	264	
	3	262	

4. การผลิตเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ ข-18 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณสารสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ปริมาณสารสี (ร้อยละโดยปริมาตร)	ครั้งที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เฉลี่ย
1.4	1	23	22.67^{a}±0.58
	2	23	
	3	22	
1.7	1	21	21.67^{b}±0.58
	2	22	
	3	22	
2.0	1	20	20.00^{c}±0.00
	2	20	
	3	20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-19 ปริมาณแอลกอฮอล์ต่อปริมาณสารสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ปริมาณสารสี (ร้อยละโดยปริมาตร)	ครั้งที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
1.4	1	0.8	$0.77^{b}\pm0.06$
	2	0.8	
	3	0.7	
1.7	1	0.8	$0.83^{ab}\pm0.06$
	2	0.8	
	3	0.9	
2.0	1	0.9	$0.90^{a}\pm0.00$
	2	0.9	
	3	0.9	

ตารางที่ ข-20 ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อปริมาณสารสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ปริมาณสารสี (ร้อยละโดยปริมาตร)	ครั้งที่	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เฉลี่ย
1.4	1	4.33	$4.33^{a}\pm0.00$
	2	4.33	
	3	4.33	
1.7	1	4.25	$4.25^{b}\pm0.01$
	2	4.25	
	3	4.26	
2.0	1	4.13	$4.13^{c}\pm0.00$
	2	4.13	
	3	4.13	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-21 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกต่อปริมาณสารสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ปริมาณสารสี (ร้อยละ)	ครั้งที่	ปริมาตรไทเทรต (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก (ร้อยละ)	เฉลี่ย
1.4	1	0.60	0.1080	0.10^{c}±0.01
	2	0.60	0.1080	
	3	0.50	0.0900	
1.7	1	0.70	0.1260	0.13^{b}±0.00
	2	0.70	0.1260	
	3	0.70	0.1260	
2.0	1	0.90	0.1620	0.16^{a}±0.01
	2	0.90	0.1620	
	3	0.80	0.1440	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-22 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดต่อต่อปริมาณสารสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร			ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้ง 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้ง 2	ครั้งที่ 3	
น้ำข้าวหมาก	0.372	0.402	0.389	41.9827	45.3684	43.9012	43.75±1.70
สารสีจากโมแนสคัส	0.518	0.527	0.528	58.4597	59.4754	59.5883	59.18±0.62
น้ำข้าวหมาก + น้ำ	0.278	0.279	0.277	31.3741	31.4879	31.2613	31.37±0.12
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 1.4	0.412	0.408	0.407	46.4969	46.0445	45.9326	46.16±0.30
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 1.7	0.423	0.416	0.42	47.7835	46.9484	47.3998	47.38±0.42
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 2.0	0.432	0.436	0.435	48.7541	49.2055	49.0926	49.02±0.23

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารสีร้อยละ 2.0 ครั้งที่ 1 มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เท่ากับ 0.432

จากสมการเส้นตรงของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (รูปที่ ข-2) $y = 1.1076x$

แทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดน้ำข้าวหมากลงในสมการ $0.432 = 1.1076x$

$x = 0.3900$

จากการทดลองสารสีจากโมแนสคัสที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
ใช้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร แสดงว่าจะมีปริมาณสารสีเท่ากับ 8 มิลลิกรัม

การคำนวณ สารสี 1 มิลลิลิตร มีปริมาณสารสี 80 มิลลิกรัม

ถ้าสารสี 0.1 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารสี $\frac{0.1 \times 80}{1}$ = 8 มิลลิกรัม

ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสี 8 มิลลิกรัม เทียบกับปริมาณกรดแกลลิกได้ 0.4677 มิลลิกรัม

สารสี 8 มิลลิกรัม มีปริมาณกรดแกลลิก เท่ากับ 0.3900 มิลลิกรัม

ดังนั้นสารสี 1000 มิลลิกรัม จึงมีปริมาณกรดแกลลิก = $\frac{0.3900 \times 1000}{8}$

ได้เท่ากับ 48.7541 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-23 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากเพื่อสุขภาพ

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร			เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้ง 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้ง 2	ครั้งที่ 3	
น้ำข้าวหมาก	0.643	0.644	0.641	37.61	37.5	37.83	37.65±0.17
สารสีจากโมแนสคัส	0.443	0.442	0.444	59.35	59.46	59.24	59.35±0.11
น้ำข้าวหมาก + น้ำ	0.723	0.722	0.723	28.91	29.02	28.91	28.95±0.06
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 1.4	0.569	0.566	0.568	45.65	45.98	45.8	45.81±0.16
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 1.7	0.535	0.537	0.539	49.35	49.23	48.91	49.13±0.22
เครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 2.0	0.520	0.520	0.519	50.99	51.01	51.09	51.03±0.05

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH

Blank มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.069

วัดค่าการดูดกลืนแสงของเครื่องดื่มที่ผสมสารสีร้อยละ 2.0 ที่หักลบ Blank เท่ากับ 0.520

ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่หักลบ Blank เฉลี่ยเท่ากับ 0.920

จากสูตร เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ $= \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ไม่ผสมตัวอย่าง

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างผสม DPPH

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของปริมาณสารสนร้อยละ 2.0 มีค่าเท่ากับ

$$= \frac{(0.920 - 0.520)}{0.920} \times 100$$

$$= 50.99$$

ดังนั้นปริมาณสารสีร้อยละ 2.0 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 50.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-24 ผลการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Rankking for preference

ผู้ทดสอบ	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหมากเพื่อสุขภาพ		
	963 (ร้อยละ 2.0)	852 (ร้อยละ 1.7)	741 (ร้อยละ 1.4)
1	2	1	3
2	2	1	3
3	1	2	3
4	2	3	1
5	3	2	1
6	1	3	2
7	1	3	2
8	1	2	3
9	1	2	3
10	1	2	3
11	1	2	3
12	1	2	3
13	1	3	2
14	1	3	2
15	1	3	2
16	1	2	3
17	1	2	3
18	1	2	3
19	1	3	2
20	1	2	3
21	1	2	3
22	1	2	3
23	1	2	3
24	2	1	3
25	2	1	3
26	3	1	2
27	3	1	2
28	3	1	2
29	2	1	3
30	1	2	3
คะแนนรวม	44	59	77
จำนวนผู้ที่ชอบ	20	8	2
ร้อยละ	66.67	26.67	6.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ ข-25 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	เฉลี่ย
0	20 20 20	20.00^{a}±0.00
3	20 19 20	19.67^{a}±0.58
6	19 20 20	19.67^{a}±0.58
9	19 20 20	19.67^{a}±0.58
12	20 20 20	20.00^{a}±0.00
15	20 20 20	20.00^{a}±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-26 ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละโดยปริมาตรต่อระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
0	0.9 0.9 1.0	$0.93^{a}\pm0.06$
3	0.9 0.9 0.9	$0.90^{a}\pm0.00$
6	0.9 0.9 0.9	$0.90^{a}\pm0.00$
9	0.8 0.9 0.9	$0.87^{a}\pm0.06$
12	0.9 0.9 0.8	$0.87^{a}\pm0.06$
15	0.9 0.9 0.9	$0.90^{a}\pm0.00$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-27 ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา	ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH)	เฉลี่ย
0	4.12 4.13 4.12	4.12^{a}±0.01
3	4.12 4.12 4.11	4.12^{a}±0.01
6	4.12 4.13 4.12	4.12^{a}±0.01
9	4.12 4.12 4.12	4.12^{a}±0.00
12	4.12 4.12 4.12	4.12^{a}±0.00
15	4.12 4.12 4.12	4.12^{a}±0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-28 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกต่อระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาตรที่ไทเทรต (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	เฉลี่ย
0	0.9	0.162	0.16±0.00
	0.9	0.162	
	0.9	0.162	
3	0.9	0.162	0.16±0.00
	0.9	0.162	
	0.9	0.162	
6	0.9	0.162	0.16±0.00
	0.9	0.162	
	0.9	0.162	
9	0.8	0.144	0.15±0.01
	0.9	0.162	
	0.9	0.162	
12	0.9	0.162	0.15±0.01
	0.9	0.162	
	0.8	0.144	
15	0.9	0.162	0.16±0.00
	0.9	0.162	
	0.9	0.162	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-29 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)
0	$48.98^{a}\pm0.14$
7	$48.90^{a}\pm0.12$
15	$48.91^{a}\pm0.03$

ตารางที่ ข-30 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)
0	$50.72^{a}\pm0.13$
7	$50.76^{a}\pm0.11$
15	$50.67^{a}\pm0.06$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ทางสถิติของข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลา 6 วัน

ตาราง ค-1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 day	3	36.3333	.57735	.33333	34.8991	37.7676	36.00	37.00
3 day	3	38.6667	.57735	.33333	37.2324	40.1009	38.00	39.00
4 day	3	37.1667	.28868	.16667	36.4496	37.8838	37.00	37.50
5 day	3	35.8333	.28868	.16667	35.1162	36.5504	35.50	36.00
6 day	3	35.3333	.57735	.33333	33.8991	36.7676	35.00	36.00
Total	15	36.6667	1.27709	.32974	35.9594	37.3739	35.00	39.00

ตารางที่ ค-2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.500	4	5.125	21.964	.000
Within Groups	2.333	10	.233		
Total	22.833	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
6 day	3	35.3333			
5 day	3	35.8333	35.8333		
2 day	3		36.3333	36.3333	
4 day	3			37.1667	
3 day	3				38.6667
Sig.		.234	.234	.061	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-4 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

Descriptives

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 day	3	528.5733	.71501	.41281	526.7972	530.3495	527.86	529.29
3 day	3	519.2867	.71501	.41281	517.5105	521.0628	518.57	520.00
4 day	3	493.6900	.03464	.02000	493.6039	493.7761	493.65	493.71
5 day	3	444.9133	.10693	.06173	444.6477	445.1790	444.82	445.03
6 day	3	429.9400	.07000	.04041	429.7661	430.1139	429.87	430.01
Total	15	483.2807	40.81540	10.53849	460.6779	505.8835	429.87	529.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23459.419	4	5864.855	19688.208	.000
Within Groups	2.979	10	.298		
Total	23462.398	14			

ตารางที่ ค-6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
6 day	3	429.7133				
5 day	3		444.5700			
4 day	3			493.4833		
3 day	3				519.2867	
2 day	3					528.5733
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณแอลกอฮอล์

Descriptives

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 day	3	1.8000	.10000	.05774	1.5516	2.0484	1.70	1.90
3 day	3	2.3000	.10000	.05774	2.0516	2.5484	2.20	2.40
4 day	3	3.6333	.05774	.03333	3.4899	3.7768	3.60	3.70
5 day	3	7.5000	.10000	.05774	7.2516	7.7484	7.40	7.60
6 day	3	7.6000	.10000	.05774	7.3516	7.8484	7.50	7.70
Total	15	4.5667	2.59798	.67080	3.1280	6.0054	1.70	7.70

ตารางที่ ค-8 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์

ANOVA

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	94.407	4	23.602	2723.269	.000
Within Groups	.087	10	.009		
Total	94.493	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2 day	3	1.8000			
3 day	3		2.3000		
4 day	3			3.6333	
5 day	3				7.5000
6 day	3				7.6000
Sig.		1.000	1.000	1.000	.218

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-10 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

Descriptives

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 day	3	240.0000	2.00000	1.15470	235.0317	244.9683	238.00	242.00
3 day	3	256.0000	2.00000	1.15470	251.0317	260.9683	254.00	258.00
4 day	3	277.0000	1.00000	.57735	274.5159	279.4841	276.00	278.00
5 day	3	278.6667	.57735	.33333	277.2324	280.1009	278.00	279.00
6 day	3	279.6667	.57735	.33333	278.2324	281.1009	279.00	280.00
Total	15	266.2667	16.36838	4.22630	257.2022	275.3312	238.00	280.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-11 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ANOVA

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3731.600	4	932.900	482.534	.000
Within Groups	19.333	10	1.933		
Total	3750.933	14			

ตารางที่ ค-12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2 day	3	240.0000			
3 day	3		256.0000		
4 day	3			277.0000	
5 day	3			278.6667	278.6667
6 day	3				279.6667
Sig.		1.000	1.000	.173	.399

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ทางสถิติของข้าวหมากที่ผ่านการล้างข้าวที่ระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ ค-13 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณความชื้น

Descriptives

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 min	3	47.0892	.26263	.15163	46.4368	47.7416	46.79	47.25
4 min	3	54.9717	.15828	.09138	54.5785	55.3648	54.82	55.14
6 min	3	42.6449	1.71302	.98901	38.3896	46.9003	40.67	43.68
Total	9	48.2353	5.47597	1.82532	44.0261	52.4445	40.67	55.14

ตารางที่ ค-14 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณความชื้น

ANOVA

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	233.833	2	116.916	115.817	.000
Within Groups	6.057	6	1.009		
Total	239.890	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
6 min	3	42.6449		
2 min	3		47.0892	
4 min	3			54.9717
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-16 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 min	3	36.5000	.50000	.28868	35.2579	37.7421	36.00	37.00
4 min	3	37.5000	.50000	.28868	36.2579	38.7421	37.00	38.00
6 min	3	35.3333	.57735	.33333	33.8991	36.7676	35.00	36.00
Total	9	36.4444	1.04416	.34805	35.6418	37.2471	35.00	38.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-17 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.056	2	3.528	12.700	.007
Within Groups	1.667	6	.278		
Total	8.722	8			

ตารางที่ ค-18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
6 min	3	35.3333	
2 min	3		36.5000
4 min	3		37.5000
Sig.		1.000	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-19 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

Descriptives

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	463.0867	.39260	.22667	462.1114	464.0619	462.86	463.54
0.4%	3	496.6667	.40992	.23667	495.6484	497.6850	496.43	497.14
0.6%	3	488.8100	.41569	.24000	487.7774	489.8426	488.57	489.29
Total	9	482.8544	15.21522	5.07174	471.1590	494.5499	462.86	497.14

ตารางที่ ค-20 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ANOVA

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1851.033	2	925.517	5609.570	.000
Within Groups	.990	6	.165		
Total	1852.023	8			

ตารางที่ ค-21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.2%	3	463.0867		
0.6%	3		488.8100	
0.4%	3			496.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-22 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณแอกอฮอล์

Descriptives

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 Min	3	3.5667	.05774	.03333	3.4232	3.7101	3.50	3.60
4 Min	3	3.3667	.05774	.03333	3.2232	3.5101	3.30	3.40
6 Min	3	3.6667	.05774	.03333	3.5232	3.8101	3.60	3.70
Total	9	3.5333	.14142	.04714	3.4246	3.6420	3.30	3.70

ตารางที่ ค-23 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์

ANOVA

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.140	2	.070	21.000	.002
Within Groups	.020	6	.003		
Total	.160	8			

ตารางที่ ค-24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณแอลกอฮอล์

Alcohol

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2 Min	3	3.3667	
4 Min	3		3.5667
6 Min	3		3.6667
Sig.		1.000	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-25 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนค่าความเป็นกรด-ด่าง

Descriptives

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 Min	3	3.7333	.00577	.00333	3.7190	3.7477	3.73	3.74
4 Min	3	4.0133	.03055	.01764	3.9374	4.0892	3.98	4.04
6 Min	3	3.5367	.00577	.00333	3.5223	3.5510	3.53	3.54
Total	9	3.7611	.20805	.06935	3.6012	3.9210	3.53	4.04

ตารางที่ ค-26 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ANOVA

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.344	2	.172	516.433	.000
Within Groups	.002	6	.000		
Total	.346	8			

ตารางที่ ค-27 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2 Min	3	3.5367		
4 Min	3		3.7333	
6 Min	3			4.0133
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-28 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

Descriptives

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 min	3	1.0032	.00275	.00159	.9964	1.0100	1.00	1.01
4 min	3	.8148	.00104	.00060	.8122	.8174	.81	.82
6 min	3	1.2018	.00104	.00060	1.1992	1.2044	1.20	1.20
Total	9	1.0066	.16760	.05587	.8778	1.1354	.81	1.20

ตารางที่ ค-29 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.225	2	.112	34676.778	.000
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.225	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-30 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4 min	3	.8148		
2 min	3		1.0032	
6 min	3			1.2018
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-31 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

Descriptives

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2 min	3	266.0000	2.00000	1.15470	261.0317	270.9683	264.00	268.00
4 min	3	280.6667	1.15470	.66667	277.7982	283.5351	280.00	282.00
6 min	3	258.0000	2.00000	1.15470	253.0317	262.9683	256.00	260.00
Total	9	268.2222	10.07196	3.35732	260.4802	275.9642	256.00	282.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-32 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ANOVA

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	792.889	2	396.444	127.429	.000
Within Groups	18.667	6	3.111		
Total	811.556	8			

ตารางที่ ค-33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
6 min	3	258.0000		
2 min	3		266.0000	
4 min	3			280.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ทางสถิติของข้าวหมากที่ปริมาณน้ำตาลต่างๆ

ตารางที่ ค-34 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	34.6000	.17321	.10000	34.1697	35.0303	34.50	34.80
0.4%	3	37.7000	.26458	.15275	37.0428	38.3572	37.50	38.00
0.6%	3	36.1667	.28868	.16667	35.4496	36.8838	36.00	36.50
Total	9	36.1556	1.35933	.45311	35.1107	37.2004	34.50	38.00

ตารางที่ ค-35 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.416	2	7.208	117.945	.000
Within Groups	.367	6	.061		
Total	14.782	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.2%	3	34.6000		
0.6%	3		36.1667	
0.4%	3			37.7000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-37 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

Descriptives

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	463.1767	.10693	.06173	462.9110	463.4423	463.06	463.27
0.4%	3	496.6667	.11240	.06489	496.3875	496.9459	496.57	496.79
0.6%	3	488.3100	.11136	.06429	488.0334	488.5866	488.21	488.43
Total	9	482.7178	15.09624	5.03208	471.1138	494.3218	463.06	496.79

ตารางที่ ค-38 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ANOVA

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1823.098	2	911.549	74990.337	.000
Within Groups	.073	6	.012		
Total	1823.171	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-39 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)

Duncan[a]

Sugar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.2%	3	463.1767		
0.6%	3		488.3100	
0.4%	3			496.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-40 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณแอลกอฮอล์

Descriptives

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	3.7333	.05774	.03333	3.5899	3.8768	3.70	3.80
0.4%	3	3.3333	.05774	.03333	3.1899	3.4768	3.30	3.40
0.6%	3	3.5667	.05774	.03333	3.4232	3.7101	3.50	3.60
Total	9	3.5444	.18105	.06035	3.4053	3.6836	3.30	3.80

ตารางที่ ค-41 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์

ANOVA

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.242	2	.121	36.333	.000
Within Groups	.020	6	.003		
Total	.262	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-42 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

Duncan[a]

Sugar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.4%	3	3.3333		
0.6%	3		3.5667	
0.2%	3			3.7333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-43 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

Descriptives

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	3.4833	.00577	.00333	3.4690	3.4977	3.48	3.49
0.4%	3	3.9067	.01528	.00882	3.8687	3.9446	3.89	3.92
0.6%	3	3.6733	.00577	.00333	3.6590	3.6877	3.67	3.68
Total	9	3.6878	.18383	.06128	3.5465	3.8291	3.48	3.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-44 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ANOVA

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.270	2	.135	1348.778	.000
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.270	8			

ตารางที่ ค-45 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

Duncan[a]

Sugar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.2%	3	3.4833		
0.6%	3		3.6733	
0.4%	3			3.9067
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-46 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

Descriptives

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	1.2294	.00180	.00104	1.2249	1.2339	1.23	1.23
0.4%	3	.8874	.00180	.00104	.8829	.8919	.89	.89
0.6%	3	1.0764	.00180	.00104	1.0719	1.0809	1.07	1.08
Total	9	1.0644	.14837	.04946	.9504	1.1784	.89	1.23

ตารางที่ ค-47 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.176	2	.088	27175.000	.000
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.176	8			

ตารางที่ ค-48 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.4%	3	.8874		
0.6%	3		1.0764	
0.2%	3			1.2294
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-49 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

Descriptives

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.2%	3	251.6667	2.88675	1.66667	244.4956	258.8378	250.00	255.00
0.4%	3	280.0000	2.00000	1.15470	275.0317	284.9683	278.00	282.00
0.6%	3	262.0000	2.00000	1.15470	257.0317	266.9683	260.00	264.00
Total	9	264.5556	12.58085	4.19362	254.8851	274.2261	250.00	282.00

ตารางที่ ค-50 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ANOVA

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1233.556	2	616.778	113.286	.000
Within Groups	32.667	6	5.444		
Total	1266.222	8			

ตารางที่ ค-51 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาตรน้ำข้าวหมาก

ปริมาตรน้ำข้าวหมาก (มิลลิลิตร)

Duncan[a]

Sugar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0.2%	3	251.6667		
0.6%	3		262.0000	
0.4%	3			280.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ทางสถิติของการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ ค-52 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	22.6667	.57735	.33333	21.2324	24.1009	22.00	23.00
1.7%	3	21.6667	.57735	.33333	20.2324	23.1009	21.00	22.00
2.0%	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
Total	9	21.4444	1.23603	.41201	20.4943	22.3945	20.00	23.00

ตารางที่ ค-53 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.889	2	5.444	24.500	.001
Within Groups	1.333	6	.222		
Total	12.222	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-54 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.0%	3	20.0000		
1.7%	3		21.6667	
1.4%	3			22.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-55 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณแอลกอฮอล์

Descriptives

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	.7667	.05774	.03333	.6232	.9101	.70	.80
1.7%	3	.8333	.05774	.03333	.6899	.9768	.80	.90
2.0%	3	.9000	.00000	.00000	.9000	.9000	.90	.90
Total	9	.8333	.07071	.02357	.7790	.8877	.70	.90

ตารางที่ ค-56 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์

ANOVA

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.027	2	.013	6.000	.037
Within Groups	.013	6	.002		
Total	.040	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-57 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.4%	3	.7667	
1.7%	3	.8333	.8333
2.0%	3		.9000
Sig.		.134	.134

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000..

ตารางที่ ค-58 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

Descriptives

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	4.3300	.00000	.00000	4.3300	4.3300	4.33	4.33
1.7%	3	4.2533	.00577	.00333	4.2390	4.2677	4.25	4.26
2.0%	3	4.1300	.00000	.00000	4.1300	4.1300	4.13	4.13
Total	9	4.2378	.08743	.02914	4.1706	4.3050	4.13	4.33

ตารางที่ ค-59 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ANOVA

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.061	2	.031	2749.000	.000
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.061	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-60 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

Duncan[a]

Monascus	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.0%	3	4.1300		
1.7%	3		4.2533	
1.4%	3			4.3300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-61 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

Descriptives

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	.1020	.01039	.00600	.0762	.1278	.09	.11
1.7%	3	.1260	.00000	.00000	.1260	.1260	.13	.13
2.0%	3	.1560	.01039	.00600	.1302	.1818	.14	.16
Total	9	.1280	.02456	.00819	.1091	.1469	.09	.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-62 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.004	2	.002	30.500	.001
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.005	8			

ตารางที่ ค-63 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.4%	3	.1020		
1.7%	3		.1260	
2.0%	3			.1560
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-64 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	46.1583	.29859	.17239	45.4166	46.9001	45.93	46.50
1.7%	3	47.3772	.41801	.24134	46.3388	48.4156	46.95	47.78
2.0%	3	49.0174	.23491	.13562	48.4339	49.6009	48.75	49.21
Total	9	47.5177	1.27418	.42473	46.5382	48.4971	45.93	49.21

ตารางที่ ค-65 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.350	2	6.175	58.060	.000
Within Groups	.638	6	.106		
Total	12.988	8			

ตารางที่ ค-66 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

Duncan[a]

Monascus	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.4%	3	46.1583		
1.7%	3		47.3772	
2.0%	3			49.0174
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-67 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Descriptives

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.4%	3	45.8113	.16312	.09418	45.4061	46.2166	45.65	45.98
1.7%	3	49.1303	.21750	.12557	48.5900	49.6706	48.91	49.35
2.0%	3	51.0290	.05142	.02969	50.9013	51.1567	50.99	51.09
Total	9	48.6569	2.29123	.76374	46.8957	50.4181	45.65	51.09

ตารางที่ ค-68 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ANOVA

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.845	2	20.922	819.846	.000
Within Groups	.153	6	.026		
Total	41.998	8			

ตารางที่ ค-69 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

Duncan[a]

Monascus	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.4%	3	45.8113		
1.7%	3		49.1303	
2.0%	3			51.0290
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ทางสถิติของเครื่องดื่มจากข้าวหมากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ ค-70 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
Day 3	3	19.6667	.57735	.33333	18.2324	21.1009	19.00	20.00
Day 6	3	19.6667	.57735	.33333	18.2324	21.1009	19.00	20.00
Day 9	3	19.6667	.57735	.33333	18.2324	21.1009	19.00	20.00
Day 12	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
Day 15	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
Total	18	19.8333	.38348	.09039	19.6426	20.0240	19.00	20.00

ตารางที่ ค-71 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.500	5	.100	.600	.701
Within Groups	2.000	12	.167		
Total	2.500	17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-72 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 3	3	19.6667
Day 6	3	19.6667
Day 9	3	19.6667
Day 0	3	20.0000
Day 12	3	20.0000
Day 15	3	20.0000
Sig.		.381

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-73 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณแอลกอฮอล์

Descriptives

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	.9333	.05774	.03333	.7899	1.0768	.90	1.00
Day 3	3	.9000	.00000	.00000	.9000	.9000	.90	.90
Day 6	3	.9000	.00000	.00000	.9000	.9000	.90	.90
Day 9	3	.8667	.05774	.03333	.7232	1.0101	.80	.90
Day 12	3	.8667	.05774	.03333	.7232	1.0101	.80	.90
Day 15	3	.9000	.00000	.00000	.9000	.9000	.90	.90
Total	18	.8944	.04162	.00981	.8737	.9151	.80	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-74 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์

ANOVA

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.009	5	.002	1.133	.395
Within Groups	.020	12	.002		
Total	.029	17			

ตารางที่ ค-75 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)

Duncan[a]

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 9	3	.8667
Day 12	3	.8667
Day 3	3	.9000
Day 6	3	.9000
Day 15	3	.9000
Day 0	3	.9333
Sig.		.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-76 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

Descriptives

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	4.1233	.00577	.00333	4.1090	4.1377	4.12	4.13
Day 3	3	4.1167	.00577	.00333	4.1023	4.1310	4.11	4.12
Day 6	3	4.1233	.00577	.00333	4.1090	4.1377	4.12	4.13
Day 9	3	4.1200	.00000	.00000	4.1200	4.1200	4.12	4.12
Day 12	3	4.1200	.00000	.00000	4.1200	4.1200	4.12	4.12
Day 15	3	4.1200	.00000	.00000	4.1200	4.1200	4.12	4.12
Total	18	4.1206	.00416	.00098	4.1185	4.1226	4.11	4.13

ตารางที่ ค-77 ค่าความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ANOVA

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	5	.000	1.133	.395
Within Groups	.000	12	.000		
Total	.000	17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-78 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

Duncan[a]

Day	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 3	3	4.1167
Day 9	3	4.1200
Day 12	3	4.1200
Day 15	3	4.1200
Day 0	3	4.1233
Day 6	3	4.1233
Sig.		.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ ค-79 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

Descriptives

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	.1620	.00000	.00000	.1620	.1620	.16	.16
Day 3	3	.1600	.00000	.00000	.1600	.1600	.16	.16
Day 6	3	.1600	.00000	.00000	.1600	.1600	.16	.16
Day 9	3	.1547	.00924	.00533	.1317	.1776	.14	.16
Day 12	3	.1547	.00924	.00533	.1317	.1776	.14	.16
Day 15	3	.1600	.00000	.00000	.1600	.1600	.16	.16
Total	18	.1586	.00535	.00126	.1559	.1612	.14	.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-80 ค่าความแปรปรวนของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	5	.000	1.020	.448
Within Groups	.000	12	.000		
Total	.000	17			

ตารางที่ ค-81 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)

Duncan[a]

Day	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 9	3	.1547
Day 12	3	.1547
Day 3	3	.1600
Day 6	3	.1600
Day 15	3	.1600
Day 0	3	.1620
Sig.		.153

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-82 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

Descriptives

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	48.9760	.13926	.08040	48.6301	49.3219	48.82	49.09
Day 7	3	48.8970	.12381	.07148	48.5895	49.2045	48.80	49.04
Day 15	3	48.9121	.02984	.01723	48.8379	48.9862	48.89	48.95
Total	9	48.9284	.10111	.03370	48.8506	49.0061	48.80	49.09

ตารางที่ ค-83 ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ANOVA

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.011	2	.005	.445	.661
Within Groups	.071	6	.012		
Total	.082	8			

ตารางที่ ค-84 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง)

Duncan[a]

Day	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 7	3	48.8970
Day 15	3	48.9121
Day 0	3	48.9760
Sig.		.423

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-85 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Descriptives

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Day 0	3	50.7233	.12702	.07333	50.4078	51.0389	50.65	50.87
Day 7	3	50.7600	.11000	.06351	50.4867	51.0333	50.65	50.87
Day 15	3	50.6867	.06351	.03667	50.5289	50.8444	50.65	50.76
Total	9	50.7233	.09526	.03175	50.6501	50.7966	50.65	50.87

ตารางที่ ค-86 ค่าความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ANOVA

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.008	2	.004	.375	.702
Within Groups	.065	6	.011		
Total	.073	8			

ตารางที่ ค-87 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRL) ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)

Duncan[a]

Day	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Day 15	3	50.6867
Day 0	3	50.7233
Day 7	3	50.7600
Sig.		.434

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้