ผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณสมบัติการงอกและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว

EFFECT OF LONG-TIME SOAKING ON GERMINATION CHARACTERISTICS OF PADDY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ITS FLOUR

จิราพร ฉุยเจริญ

JIRAPORN JUNJAIHOEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-053-130

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณภาพลักษณะการงอกและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว

EFFECT OF LONG – TIME SOAKING ON GERMINATION CHARACTERISTICS OF PADDY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ITS FLOUR

T122981

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122981
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

b.....
i.....

จิราพร จุ้ยใจเหิม

JIRAPORN JUYJAIHOEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF LONG – TIME SOAKING ON GERMINATION CHARACTERISTICS OF PADDY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ITS FLOUR

JIRAPORN JUYJAIHOEM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012-AI-M-053-130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณภาพลักษณะการงอกและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว

Effect of Long-Time Soaking on Germination Characteristics of Paddy and Physicochemical Properties of Its Flour

ชื่อนักศึกษา นางสาวจิราพร ภูยใจเหิม

รหัสประจำตัว 52680305

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา	
ผศ.ดร.พยอม ตันมุกดา	
ดร.กิตติชัย บรรจง	
ดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกูล	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 20 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213/2 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 13 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**ผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณภาพลักษณะการงอกและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว**
นักศึกษา	**นางสาว จิราพร จุ้ยใจเหิม**
รหัสประจำตัว	**52680305**
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิทยาศาสตร์การอาหาร**
พ.ศ.	**2555**
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	**รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา**

บทคัดย่อ

การผลิตแป้งข้าวงอก 2 สายพันธุ์ (พันธุ์พิษณุโลก2 และ พันธุ์ปทุมธานี1) โดยนำข้าวเปลือกแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 3 5 และ 7 วัน โดยไม่เปลี่ยนน้ำ และเปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง นำข้าวที่แช่น้ำแล้วใส่กระสอบป่านไปเพาะงอกเป็นเวลา 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง เลือกตัวอย่างข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่น้ำและเพาะงอกที่สั้น มีอัตราการงอกมากกว่า 80% และไม่มีกลิ่นเหม็นมาศึกษาต่อไป โดยเลือกข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่ (วัน)/เพาะงอก (ชม.) สภาวะเปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง พันธุ์พิษณุโลก2 คือ 1/24 และ 3/24 พันธุ์ปทุมธานี1 คือ 1/24 และ 3/12 สภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ พันธุ์พิษณุโลก2 และ พันธุ์ปทุมธานี1 คือ 1/24 และ 3/24 ผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกพบว่า แป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการละลายน้ำ (WAI) และความสามารถในการดูดซับน้ำ (WSI) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างสภาวะเปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ เมื่อตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (FTS) พบว่าแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 จะมีความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมในรูปของเพส (ความเข้มข้น 8%) ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ พบว่าแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความหนืดลดลง จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวงอกพบว่าปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณไขมัน เถ้า เส้นใย เส้นใยอาหาร สารกาบา และสารประกอบฟีนอลิก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเปลือกที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและไม่ได้ผ่านการเพาะงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of Long - Time Soaking on Germination Characteristics of Paddy and Physicochemical Properties of Its Flour
Student	Miss. Jiraporn Juyjaihoem
Student ID	52680305
Degree	Master of science
Program	Food science
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

Germinated paddy rices flour were two varieties, namely Phitsanulok2 (PL2) and Pathum Thani1 (PT1). The both varieties soaked in water at room temperature for 1 3 5 and 7 days by changing and unchanging soaking water every 24 hrs. The soaked paddy rice was packed in wet hemp sack in a germinating chamber for 0 12 24 36 and 48 hrs. The selection of germinated paddy rice were soaking and germinating at short time, germinating rate more than 80% and having a good smell was done. The selected treatments were soaking (day)/germinating (hr) at 1/24 and 3/24 for PL2 while PT1 were 1/24 and 3/12 for changing water treatments. The selected of unchanging water treatments at 1/24 and 3/24 treatments for both varieties. Effect of long - time soaking paddy rice on physicochemical properties found that the germinated paddy rice flour have WAI and WSI nonsignificantly ($P<0.05$) for changing water and unchanging water of both varieties, while FTS was significantly decreased ($P<0.05$). The viscosity of germinated rice flour paste in both varieties were studied with Brabender Visco Amylograph found that the viscosity was significantly decreased. The chemical compositions of germinated paddy rice flour from both varieties have protein decreased, while fat, ash, crude fiber, dietary fiber, GABA content and total phenolic compound were significantly increased ($P<0.05$) to compare with ungerminated paddy rice flour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ฉามากร ดร. กิตติชัย บรรจง และ ดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกุล กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ และขอขอบพระคุณ ดร.รงชัย พุฒทองศิริ ที่ให้คำแนะนำการทำวิจัยทางด้านการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท และน้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังที่ดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จิราพร จุ้ยใจเหิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โครงสร้างของข้าว	4
2.2 ชนิดและพันธุ์ของข้าว	6
2.2.1 พิษณุโลก2	6
2.2.2 ปทุมธานี1	6
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	7
2.4 การผลิตข้าวงอก	12
2.4.1 การแช่	12
2.4.2 การงอก	13
2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว	19
2.5.1 น้ำ	19
2.5.2 อากาศ	19
2.5.3 อุณหภูมิ	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีวิจัย	20
3.1 วัตถุดิบ	20
3.2 สารเคมี	20
3.3 อุปกรณ์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 22

3.5 วิธีการทดลอง..... 22

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ..... 22

3.5.2 การศึกษาสภาวะในการเพาะงอก..... 22

3.5.3 การผลิตแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือก..... 23

3.5.4 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก..... 25

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 26

4.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือก..... 26

4.2 การศึกษาลักษณะและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก..... 45

4.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงของกาบาและสารประกอบฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวงอก..... 57

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 61

5.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือก..... 61

5.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวงอก..... 62

5.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงของกาบาและสารประกอบฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวงอก..... 63

ข้อเสนอแนะ..... 64

บรรณานุกรม..... 65

ภาคผนวก..... 71

ก. กระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกพันธุ์พิษณุโลก2และพันธุ์ปทุมธานี1..... 71

ข. การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกที่แช่น้ำและร้อยละการงอก..... 74

ค. กระบวนการผลิตแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 ที่แช่ และเพาะงอก..... 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอก..... 78

จ. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี..... 81

ฉ. Chromatogram of standard GABA ในตัวอย่างแป้งข้าว พันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1..... 98

ช. ตารางปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1..... 107

ประวัติผู้เขียน..... 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ 14%	7
2.2	ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ(มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักสด)ในข้าวพันธุ์ Haiminori ที่ผ่านการแช่น้ำ	10
4.1	ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นและค่า pH ของน้ำที่แช่ข้าวเปลือกที่ผ่านการ แช่ที่ระยะเวลาต่างๆ	26
4.2	การศึกษาระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณน้ำที่ดูดซึมสู่เข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง2 สายพันธุ์	28
4.3	การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อลักษณะการงอกและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2	31
4.4	การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อลักษณะการงอกและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1	32
4.5	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	34
4.6	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1	35
4.7	การศึกษาสภาวะการแช่และเพาะงอกที่เหมาะสมของของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2	38
4.8	การศึกษาสภาวะการแช่และเพาะงอกที่เหมาะสมของของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1	39
4.9	แสดงค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำ และความคงทนต่อการแช่เข็งและการละลายของแป้งข้าวงอก และกลิ่นของแป้ง	50
4.10	แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็น	59
4.11	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี กาบา สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และ เส้นใยอาหาร ของแป้งข้าว	60
ช.1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการแช่ข้าวเปลือกและปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดกับร้อยละการงอก	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ช.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่และการการเพาะงอกต่อร้อยละการงอก..... 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
2.2	ข้าวพิษณุโลก2	6
2.3	ข้าวปทุมธานี1	7
2.4	อัตราส่วนของปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบ กับข้าวขัดขาว	8
2.5	ระยะต่างๆในการงอกของเมล็ดพืช	13
3.1	กระบวนหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตข้าวเปลือกงอก	23
3.2	กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องงอก	24
4.1	กราฟแสดงค่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกสภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ของข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์.	28
4.2	กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2	33
4.3	กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1	33
4.4	กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือก ที่แช่น้ำและเพาะงอกข้าวพันธุ์พิษณุโลก2	36
4.5	กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือก ที่แช่น้ำและเพาะงอกข้าวพันธุ์ปทุมธานี	37
4.6	กราฟ แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่กับการเพาะงอกต่อร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2	40
4.7	กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่กับการการเพาะงอต่อร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1	41
4.8	กราฟแสดงอัตราการงอกของข้าวเปลือกสภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงในการแช่ข้าวเปลือก (ก) พันธุ์พิษณุโลก 2 และ (ข) พันธุ์ปทุมธานี1	42
4.7	กราฟ แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่กับการการเพาะงอต่อร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	กราฟแสดงอัตราการงอกของข้าวเปลือก สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ข้าวเปลือก (ก) พันธุ์พิษณุโลก2 และ (ข) พันธุ์ปทุมธานี1	42
4.9	ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แบบตัดตามขวาง (cross section)	45
4.10	ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 แบบตัดตามขวาง (cross section)	46
4.11	ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แบบตัดตามยาว (long section)	47
4.12	ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 แบบตัดตามยาว (long section)	48
4.7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในระหว่างการให้ความร้อน และความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์	53
4.8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์	54
ก.1	ขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือก	72
ก.2	ขั้นตอนการเพาะงอก	72
ก.3	ขั้นตอนการอบแห้งแบบฉาด	73
ค.1	ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกงอก	77
ค.2	ขั้นตอนการบดเป็นแป้งข้าวงอก	77
ค.3	แป้งข้าวงอกในถุง PE	77
จ.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	87
จ.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัมและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	90
จ.3	แผนผังการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF)	95
จ.4	กราฟ Chromatogram of standard GABA	97
ฉ.1	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 1 วัน เพาะงอก 24ชั่วโมง	99
ฉ.2	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ฉ.3	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง	101
ฉ.4	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง	102
ฉ.5	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง	103
ฉ.6	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง	104
ฉ.7	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง	105
ฉ.8	Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆ ประเทศไทยมีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีนและพม่า ตามลำดับ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตันเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) แต่ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาพื้นที่ปลูกข้าวได้ประสบปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีน แถบภาคกลางเช่น จังหวัดอยุธยา จังหวัดสุพรรณบุรี และ จังหวัดสิงห์บุรี เป็นต้น เกษตรกรในจังหวัดเหล่านี้ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักเมื่อเกิดอุทกภัยเป็นเวลานานหลายเดือน ทำให้เกษตรกรเกิดความเดือดร้อนพืชผลเสียหาย ข้าวที่อยู่ในนาถูกน้ำท่วมเนื่องจากเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ทัน ดังที่ได้มีข่าวเกี่ยวกับความเดือดร้อนของชาวนาที่ถูกน้ำท่วมไร่นาข้าวที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ทัน เช่น "ชาวนาตำบลทะเลบก ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอดอนเจดีย์ และตำบลบ้านสระ ตำบลหนองผักนาก อำเภอสามชุก น้ำท่วมนาข้าวหลายร้อยไร่ได้รับความเดือดร้อนข้าวที่กำลังจะเก็บเกี่ยวจมน้ำหมดไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน (ศูนย์ข่าวภาคกลาง, 2550) ไม่เพียงแต่พื้นที่ในภาคกลางยังมี พื้นที่ในจังหวัดอื่น ๆ เช่น ในจังหวัดพิจิตร และกำแพงเพชร น้ำได้ไหลเข้าท่วมนาข้าวกว่า 3,000 ไร่ (ข่าวสด, 2550) จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้เกษตรกรได้รับความเดือดร้อนเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวเปลือกที่จมน้ำเมื่อเกษตรกรนำไปขายจะได้ราคาต่ำมาก โดยนายทุนจะให้เหตุผลว่าข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง จะมีคุณภาพต่ำ ในขณะหลาย ๆ งานวิจัยรายงานว่าในระหว่างการแช่ และการงอกของข้าว เอนไซม์ในเมล็ดข้าวจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจึงส่งผลให้ องค์ประกอบของข้าวเปลี่ยนแปลง โดยมีสารอาหารบางชนิดเพิ่มขึ้น เช่น สารกาบา วิตามินอี ไยอาหาร แร่ธาตุบางชนิด และสารต้านอนุมูลอิสระเป็นต้น (Saikusa *et al.*,1994; Shoichi and Ishikawa,2004; Ohtsubo *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2006; Komatsuzaki *et al.*, 2007; Watchraparpaiboon *et al.*, 2007). ซึ่งสารอาหารที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกาบามีประโยชน์หลายด้าน (Kayahara and Tsukahara, 2000; Jakobs *et al.*, 1993; Hayakawa *et al.*, 2002; Miura *et al.*, 2006; Ito *et al.*, 2005; Seiki *et al.*, 2005; Oh *et al.*, 2003) แต่ที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ มีหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท ช่วยควบคุมการทำงานของระบบประสาทเชื่อมโยงภายในสมองและป้องกันโรคอัลไซเมอร์ จากประโยชน์ดังกล่าวจึงทำให้ข้าวกล้องที่ผ่านการงอกได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเป็นอย่างมากนับได้ว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้ข้าวไทย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของกาบา และสารอาหารที่เพิ่มขึ้นของข้าวในระหว่างการแช่และการงอกมาแล้วก็ตามแต่โดยส่วนใหญ่จะเป็นการงอกของข้าวกล้อง และสภาวะการงอกนั้นมีการควบคุม แต่ในการวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยการจำลองสภาพการแช่ข้าวเปลือกให้เสมือนกับข้าวที่ถูกน้ำท่วมและนำมาเพาะให้งอกเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และช่วยแก้ปัญหาของเกษตรกรที่ได้รับความเดือดร้อนกับปัญหาน้ำท่วมนาข้าว โดยจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ สารกาบา องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้ข้าวเปลือกและเพิ่มทางเลือกในการนำข้าวที่ผ่านน้ำท่วมไปใช้ให้เกิดความหลากหลายและเหมาะสมมากขึ้น

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาอิทธิพล การแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณภาพลักษณะการงอกและ คุณสมบัติทางเคมี กายภาพของแป้งข้าว โดยการนำข้าวเปลือกแช่น้ำจำลองสภาพเหมือนกับสถานการณ์จริง จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ กาบา องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สารประกอบฟีนอลิก และการตรวจคุณลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่น ตรวจสอบอัตราการงอกของข้าวเปลือก ตรวจสอบคุณสมบัติความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index/WAI) ความสามารถในการละลาย (Water Solubility Index/WSI) ความคงตัวต่อการแช่แข็ง (Freeze-Thaw stability/FTS) และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของPaste ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นและตรวจหารูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแสกน (Scanning Electron Microscope)

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือก

1.3.2 เพื่อศึกษาลักษณะและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก

1.3.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกาบา องค์ประกอบทางเคมี และสารประกอบฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซ์ ของแป้งข้าวงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบปัญหานาข้าวจมน้ำเก็บเกี่ยวไม่ทัน เมื่อนำไปขายได้ราคาต่ำ

1.4.2 เป็นแนวทางให้ผู้ผลิตข้าวมีช่องทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเปลือกที่จมน้ำเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาดโลก

1.4.3 เป็นทางเลือกในการจัดการข้าวเปลือกในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเป็นธัญพืชอาหารที่มีความสำคัญที่สุดของเขตร้อน (Tropical) และเขตกึ่งร้อน (Sub-Tropical) ของโลก ถึงแม้ว่าข้าวถูกจัดให้เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้าต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า แต่ว่าในความเป็นจริงแล้วข้าวเป็นพืชที่มีการปลูกแพร่หลายทั่วโลกทั้งในบริเวณเขตร้อนและเขตอบอุ่น(Temperate) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในสภาพนิเวศวิทยาและสภาพทางภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยมและมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 พวกได้ดังนี้ (อรรควุฒิ และคณะ, 2547)

1. อินดิคา (Indica) เมล็ดยาวเรียว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองปุ๋ยน้อยแต่ปรับตัวเข้ากับสิ่ง แวดล้อมได้ดี ปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย

2. จาปอนิคา (Japonica) เมล็ดป้อมสั้น ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ

3. จาวานาคา (Jivanica) เมล็ดอ่อนค่อนข้าวป้อมอ้วน ผลผลิตต่ำ ปลูกมากในอินเดีย

2.1 โครงสร้างของข้าว (อรอนงค์, 2547)

เมล็ดข้าวเรียกว่าคาริออพซิส (Caryopsis) ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวบ่งบอกถึงปริมาณสารอาหารที่อยู่ในเมล็ดของข้าวส่วนประกอบของข้าวประกอบด้วย

2.1.1 เปลือกนอก (HullหรือHusk) คือส่วนที่เรียกว่าแกลบเป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (Lemma) เปลือกเล็ก (Palae) หาง (Awn) ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile Lemma)

2.1.2 เปลือกเมล็ด (Caryopsis) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มแป้ง อยู่ในแกลบประกอบด้วย 3 ส่วน คือเพอริคาร์พ (Pericarp) เยื่อหุ้มปลือก (Seed Coat) และชั้นของนูเซลลัส (Nucellus) เมื่อกระเทาะเปลือกนอกของเมล็ดออกจะได้ ข้าวที่เรียกว่าข้าวกล้อง

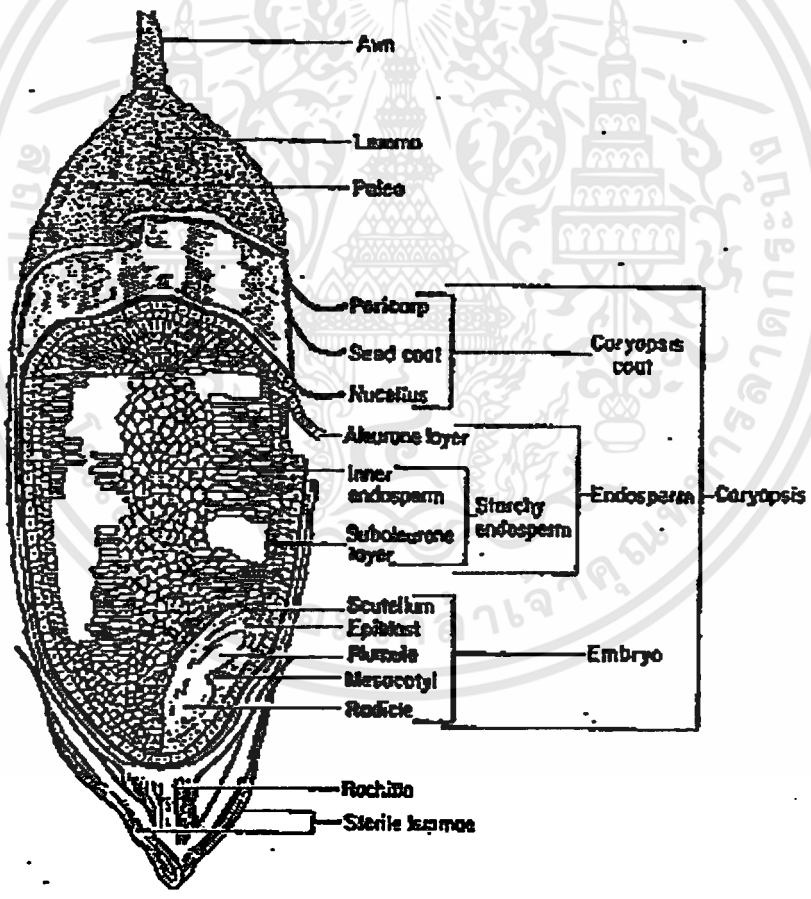
2.1.3 แป้ง (Endosperm) ส่วนที่เป็น แป้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชั้นของอะลูโลน (Aleurone Layer) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของส่วนที่เป็นแป้งจำนวนชั้นของเนื้อเยื่ออะลูโลน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสิ่งแวดล้อม อาจมีถึง 3 ชั้น โดยชั้นของอะลูโลนมีธาตุฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและโพแทสเซียมอยู่มาก

2. ส่วนที่เป็นเนื้อแป้ง (Starchy Endosperm) เนื้อแป้งนี้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดแป้งและโปรตีน โปรตีนในเมล็ดข้าวจะอยู่รอบนอกใกล้ๆกับชั้นในของชั้นอะลูโลนส่วนเซลล์เม็ดแป้งจะอยู่ในชั้นถัดเข้าไป

3. คัพภะ (Embryo) คือส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว (Germ) เป็นตำแหน่งรวมของส่วนที่จะงอก เป็นต้นข้าวใหม่ คัพภะประกอบด้วยส่วนที่เป็นยอดอ่อน (Pulmule) ส่วนที่จะงอกเป็นรากและ รากแรกกำเนิด (Radical) ทั้งสองส่วนยึดติดกันปล้องที่สั้นมากเรียกว่ามีโซคอททิล (Mesocoty)ยอดอ่อนจะห่อหุ้มด้วยลักษณะที่คล้ายใบเรียกว่า เยื่อหุ้มยอดอ่อน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา: Datta. (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชนิดและพันธุ์ของข้าว

2.2.1 พิษณุโลก2 (Phitsanulok 2)

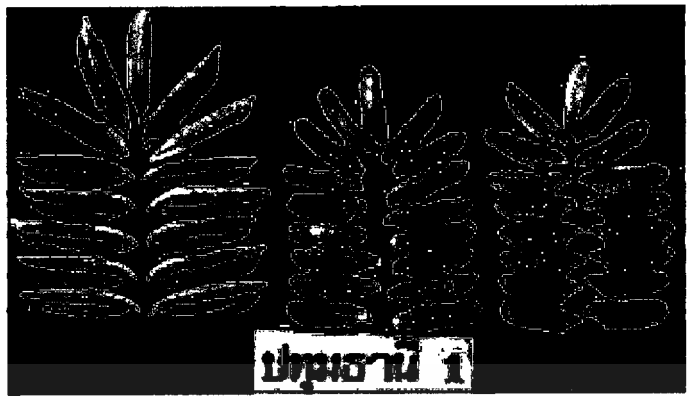
ข้าวพิษณุโลก2 เป็นข้าวชนิดพันธุ์ข้าวเจ้า ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทาง ระหว่างสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-195-2-1 กับไออาร์56 จนได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-5-1 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 114 เซนติเมตร ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ปริมาณอะมิโลส 28.6% คุณภาพข้าวสุก ร่วน แข็ง คุณภาพการสีดี ท้องไข่น้อย

รูปที่ 2.2 ข้าวพิษณุโลก2
ที่มา: กรมการค้าข้าว (2548)

2.2.2 ปทุมธานี1 (Pathum Thani 1)

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าว BKNA6-18-3-2 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ PTT8506-86-3-2-1 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าหอม สูงประมาณ 104 -133 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104 -126 วัน เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน ส่วนมากมีหางสั้นระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3-4 สัปดาห์ มีปริมาณอะมิโลส 15-19% คุณภาพข้าวสุก นุ่มค่อนข้างเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ข้าวปทุมธานี1

ที่มา : กรมการค้าข้าว (2548)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

คุณสมบัติทางเคมีของข้าวหมายถึง องค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในข้าวซึ่งมีผลมาจากพันธุ์ข้าว สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีหรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก นอกจากนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ให้คุณค่าทางอาหาร ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุและปริมาณกรดอะมิโนที่มีประโยชน์ของข้าว (Juliano., 1993)

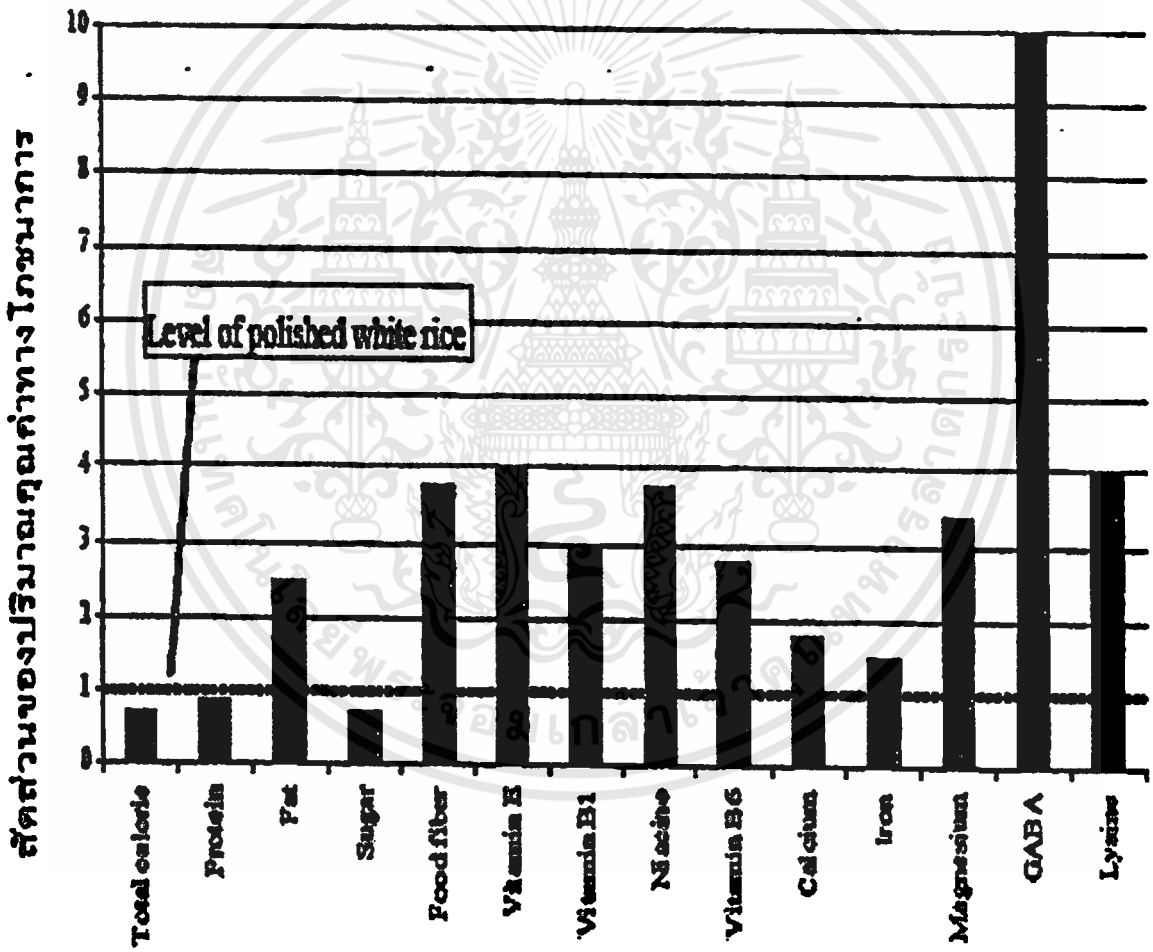
ตารางที่2.1 ตารางแสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ 14%

ส่วนของข้าว	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (ก.)	เส้นใย (ก.)	เถ้า (ก.)	คาร์โบไฮเดรต (ก.)	เส้นใยอาหาร (ก.)	พลังงาน (กิโลจูล)	(กิโลแคลอรี)
ข้าวเปลือก	5.8-7.7	1.5-.23	7.2-10.4	2.9-5.2	64-73	16.4-19.2	1,580	378
ข้าวกล้อง	7.1-8.3	1.6-2.8	0.6-1.0	1.0-1.5	73-87	2.9-3.9	1,520-1,610	363-385
ข้าวสาร	6.3-7.1	0.3-0.5	0.2-0.5	0.3-0.8	77-89	0.7-2.3	1,460-1,560	349-373
รำข้าว	11.3-14.9	15.0-19.7	7.0-11.4	6.6-9.9	34-62	24-29	670-1,990	399-476
แกลบ	2.0-2.8	0.3-0.8	34.5-45.9	13.2-21.0	22-34	66-74	1,110-1,390	265-332

ที่มา: อรอนงค์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างกระบวนการงอกของข้าว องค์ประกอบในข้าวกล้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก โดยสารหลักที่เพิ่ม ขึ้นในข้าวกล้องงอกคือ กาบา (GABA) เส้นใยอาหาร อินโนซิทอล กรดเฟอรูลิค (Ferulic acid) กรดไฟติก (Phytic acid) โทโคฟีรอล (Tocopherol) แกมมาออริซานอล (Gamma Oryzanol) แมกนีเซียม (Magnesium) โพแทสเซียม (Potassium) และสังกะสี (Zinc) คุณค่าทางโภชนาการที่มีในข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาวพบว่าข้าวกล้องงอกมีกาบา มากกว่า 10 เท่า มีเส้นใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน และไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่าและวิตามินบี 1 วิตามินบี 6 มากกว่าประมาณ 3 เท่า (Kayahara and Tsukahara,2000; Lestienne *et al.*, 2005; Komatsuzaki *et al.*, 2007; Chung *et al.*, 2009; Liang *et al.*,2009)



รูปที่ 2.4 อัตราส่วนของปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาว (เส้นประ)

ที่มา : Kayahara and Tsukahara. (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ito and Ishikawa. (2004) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนในข้าวกล้อง 6 พันธุ์ ที่ต่างกันคือ California medium grains (Calrose และ M401 varieties), Vietnamese long grains (ordinary grains และ jasmine rice), Japanese rice (Koshihikari and Hitomebore.) เมื่อนำข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์ ไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 30°ซ ระยะเวลา 20 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนอิสระในข้าวกล้องที่ผ่านการแช่อย่างมีนัยสำคัญ($P \leq 0.05$) ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีการเพิ่มขึ้นของกาบาในปริมาณที่ต่างกันโดย พบว่า พันธุ์ Ordinary Grains มีปริมาณกาบา เพิ่มขึ้นจาก 3.6 เป็น 6.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พันธุ์ Calrose มีปริมาณกาบา เพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า คือ 4.9 เป็น 10.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พันธุ์ M401 มีปริมาณกาบา เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 เท่า คือจาก 2.7 เป็น 9.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พันธุ์ Koshihikari และ Hitomebore มีปริมาณ กาบา เพิ่มจาก 7.6 เป็น 16.6 และจาก 10.5 ไปเป็น 13.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

Komatsuzaki et al. (2005) ศึกษาข้าวพันธุ์ Haiminori แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของข้างกล้องที่แช่เปรียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่พบว่ กรดอะมิโน กรดแอสพาติก เซอรีน แอสพาราจีน และกรดกลูตามิก ลดลง ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ มีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยเพาะ GABA ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)ในข้าวพันธุ์ Haiminori ที่ผ่านการแช่น้ำ

กรดอะมิโน	ข้าวกล้อง	ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ [1]
แอสพาติกเอสิด(Aspartic ;ASP)	6.6 ± 1.04	1.2 ±0.22
ทรีโอนีน(Threonine;Thr)	1.0 ±0.48	3.1 ±0.76
เซอรีน(Serine;Ser)	3.5 ± 0.29	2.0 ±0.75
แอสพาราจีน(Asparagine;ASn)	7.1 ±1.69	3.7 ± 0.55
กลูตามิน(Glutamte ;Glu)	12.4 ± 3.06	4.5 ±0.41
โพรลีน (Proling; Pro)	1.9 ± 1.66	5.1 ±0.67
ไกลซีน(Glycine ;Gys)	1.5 ±0.89	4.3 ±0.82
อะลานีน(Alanine;Ala)	12.2 ±4.48	13.0 ±2.0
วาลีน(Valine;Val)	0.8 ±4.48	4.5 ±0.76
ซีสเทอีน(Cysteine ;Cys)	14.51 ±0.51	1.9 ±1.41
เมทไทโอนีน (Methionine ;Met)	0.4 ±0.4	2.2 ±0.52
ไอโซลิวซีน(Iso-Leucine;I-Leu)	0.7 ±0.15	3.7 ±0.67
ลิวซีน(Leucine ;Leu)	0.9 ±0.17	6.4 ±0.97
ไทโรซีน(Tyrosine ;TYr)	1.4 ±0.39	4.1 ±0.37
ฟีนิวอะลานีน (Phenylalanine ;Phe)	1.0 ±0.59	3.8 ±0.37
กาบา(GABA)	7.3 ±2.05	10.1 ±1.36
ไลซีน(Lysine ;Lys)	3.9 ± 1.45	4.4 ±0.84
ฮีสทิดีน(Histidine ; His)	1.0 ±0.3	2.4 ±0.79
อาจินีน(Arginmine ;Arg)	4.9 ±1.14	9.0 ±3.06

ที่มา: Komatsuzaki et al. (2005)

หมายเหตุ [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maisont and Narkrugsa. (2010) ศึกษาผลของการงอกต่อปริมาณกาบา องค์ประกอบทางเคมี สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านออกเดชันของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวเหนียวของไทย โดยแช่ข้าวเปลือกให้มีความชื้นประมาณ 33% และนำไปเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 0 12 24 36 48 และ 60 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าปริมาณกาบา เพิ่มขึ้น จาก 80-220 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเอมบริโอน้ำหนักสดจากการเพาะที่ระยะเวลา 12-60 ชั่วโมง

Jitpong and Narkrugsa. (2011) ศึกษาผลของการแช่และการเพาะงอกต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและปริมาณกาบา ของแป้งข้าวเปลือกงอกที่มีสีในประเทศไทย (ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำที่ได้จากจังหวัดพัทลุง) โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลา 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นเลือกตัวอย่างที่มีอัตราการงอกมากกว่า 80% และมีระยะเวลาในการแช่และเพาะงอกสั้น โดยตัวอย่างที่เลือกคือ สังข์หยดพัทลุง 12/36 และ 24/24 ข้าวเหนียวดำ 12/48 และ 24/24 (ระยะเวลาในการแช่(ชม.)/ระยะเวลาในการเพาะงอก (ชม.)) จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและปริมาณกาบา พบว่า ในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่เลือก เมื่อเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกจะมีอัตราการงอก ปริมาณกาบา และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความหนืด และความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และระยะเวลาในการแช่น้ำและเพาะงอกที่เหมาะสมสำหรับการทำแป้งข้าวงอกที่มีสีคือ ข้าวสังข์หยดแช่น้ำ 12 ชั่วโมงเพาะงอก 36 ชั่วโมง และข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เพาะงอก 24 ชั่วโมง มีปริมาณกาบา 445 และ 715 มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัมเอมบริโอ(น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

Xu et al. (2011) ศึกษาอิทธิพลของการงอกต่อลักษณะของฟลาวและสตาร์ชของข้าวกล้องงอก พบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น แต่อะมิโลสลดลง สำหรับความสามารถในการละลาย ความหนืดของเพส อุณภูมิที่เปลี่ยนแปลง (T_o, T_p และ T_c) และเปอร์เซ็นต์ของการรีโทรกราเดชันลดลง และจากการถ่ายภาพ SEM ของสตาร์ชจากข้าวกล้องงอก พบว่าแม็ดสตาร์ชเริ่มมีขนาดเล็กลงและรวมเป็นเนื้อเดียวกันเล็กน้อย นอกจากนี้การงอกทำให้สายโซ่ของอะมิโลเพกตินและอะมิโลสสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การผลิตข้าวงอก

การผลิตข้าวงอกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การแช่และการงอกซึ่งมีรายระเอียดดังนี้ (Manna et al., 1995)

2.4.1 การแช่ (Soaking Process)

มีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดและเกิดการกระจายตัวเข้าไปในส่วนต่างๆอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ด และการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมขององค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด การดูดน้ำของข้าวแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะแรก เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยกระบวนการแพร่ (Diffusion) เพียงอย่างเดียว จนกระทั่งได้ความชื้นประมาณร้อยละ 32 โดยน้ำหนักการเพิ่มขึ้นของความชื้นในระยะนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ข้าว ดังนั้นระยะเวลาในการดูดน้ำจนได้ความชื้นตามที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

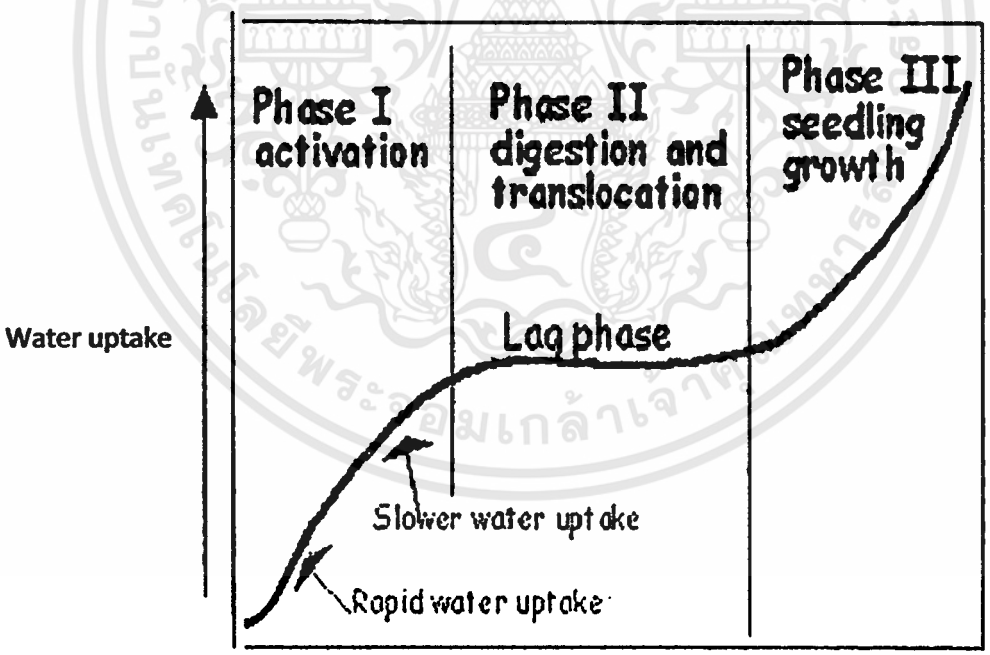
ระยะที่สอง เป็นช่วงที่มีการดูดน้ำลดลง (Lag Phase)

ระยะสุดท้าย มีอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้ความชื้นคงที่ประมาณร้อยละ 45 อัตราของการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ด และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่แช่ ขนาดของเมล็ด ชนิดและสายพันธุ์ของข้าว ตลอดจนลักษณะของส่วนประกอบในเนื้อเมล็ด ผลของอุณหภูมิต่อการแช่ พบว่าอุณหภูมิสูงทำให้การดูดน้ำเข้าเมล็ดได้อย่างรวดเร็วทำให้การกระจายตัวของความชื้นในส่วนต่างๆ ของเมล็ดไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะในส่วนเนื้อเมล็ด และ คัพภะทำให้เกิดกระบวนการ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในการผลิตเอนไซม์ การเจริญของรากและลำต้นมีประสิทธิภาพต่ำ ในทางตรงกันข้ามหากใช้อุณหภูมิในการแช่ต่ำเกินไป การดูดน้ำของเมล็ดจะเป็นไปอย่างช้าเกิดการกระจายตัวของเมล็ดได้ดี แต่จะใช้เวลานานเป็นการเพิ่มโอกาสในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย สลายของเมล็ดและทำให้ประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดต่ำลง ในช่วงการแช่ข้าวมีโอกาสสัมพันธ์กับการงอกของเมล็ดส่วนของเนื้อเมล็ด (Endosperm) และ คัพภะหรือจมูกข้าว (Embryo) มีโอกาสดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งได้ความชื้น 60-65 % ภายในเวลา 24 ชั่วโมงและจะเริ่มการงอกของรากเทียมออกมา (Coleorhizae) เป็นจุดเริ่มต้นของการงอกและการสร้างรากเทียมนี้เกิดขึ้นในส่วนที่เจริญเป็นใบอ่อน (Scutellum) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สะสมอาหารต่างๆ ไว้สำหรับการงอกเป็นรากและลำต้น ความชื้นที่เหมาะสมในการสร้างรากเทียมของใบเลี้ยงเริ่มที่ 55% และจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อให้การกระจายความชื้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งเนื้อเมล็ด เป็นการปรับสภาพความชื้นให้เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ในขั้นตอนการงอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การงอก (Germination Process)

มีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่สะสมในเนื้อเมล็ดให้อยู่ในรูปโครงสร้างที่สลายได้ง่ายโดยการใช้เอนไซม์ ในขั้นตอนการงอกของเมล็ดจึงมีการผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งที่มีปริมาณสูง โดยทั่วในเมล็ดข้าวมีเอนไซม์เบต้าอะไมเลส สะสมอยู่ด้วย เอมไซม์ชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นพร้อมกับการพัฒนาของเมล็ด จนกลายเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ดังนั้นในขั้นตอนการงอกของเมล็ดจึงเป็นการผลิตเอนไซม์เบต้าอะไมเลสเป็นหลัก การสร้างเอนไซม์ เบต้าอะไมเลสเกิดขึ้นในส่วนคัพภะโดยการกระตุ้นของฮอร์โมนจิบเบอเรลริก ที่ถูกสร้างในขณะเกิดการงอก นอกจากเอนไซม์เบต้าอะไมเลส และ กรดจิบเบอเรลริลยังเป็นตัวกระตุ้นให้เยื่อหุ้มเมล็ดผลิตเอนไซม์อื่น เช่น เบต้ากลูแคนเนส (β-glucanase) แพนโตแซนเนส (Pentosanase) เป็นต้น หลังจากคัพภะและเยื่อเมล็ดมีเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมาซึ่งเอนไซม์จะมีกิจกรรมในการสลายสารอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมในส่วนเนื้อเมล็ด โดยการย่อยแป้งและโปรตีนในเนื้อเมล็ดได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์เช่น กลูโคส มอลโทส ฟลุคโตส และกรดอะมิโน สิ่งที่บ่งบอกว่าเกิด การงอกของเมล็ดคือ การเกิดจุดขาว (White Chit) เป็นส่วนรากเทียม (Root Sheet) และแทงทะลุส่วน Pericarp และ Testa ออกมาจากนั้นจึงเกิดการสร้างรากแท้ (Acrospires) การงอกของเมล็ดพืชแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (Manna et al., 1995) ดังรูป



รูปที่ 2.5 ระยะต่างๆในการงอกของเมล็ดพืช

ที่มา: Manna et al. (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแรก การดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งกระตุ้นการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่างๆและมีการย่อยสลายสารอาหารต่างๆภายในเมล็ดบางส่วน

ระยะที่สอง การดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดลดลงจนอิ่มตัวและมีการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยของผนังเซลล์ของชั้นอะลิวโรน เช่น เบต้าอะไมเลส เบต้ากลูแคนเนส เมื่อเกิดการย่อยผนังเซลล์จะทำให้เอนไซม์ ชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นซึมผ่านเข้าไปสู่เนื้อเมล็ดเพื่อย่อยแป้ง ให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส หรือโอลิโกแซกคาไรด์ อื่นๆ เมื่อเกิดการย่อยผนังเซลล์แล้วเอนไซม์กลุ่มโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดก็ทำงานโดยย่อยโปรตีนให้กรดอะมิโนชนิดต่างๆ

ระยะสุดท้าย เกิดการเพิ่มปริมาณของเซลล์และเกิดการเจริญของต้นพืช ได้มีการศึกษาและเผยแพร่คุณค่าทางอาหารที่เพิ่มขึ้นในข้าวหลังผ่านการแช่ข้าวหรือที่เรียกว่าข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice) หรือข้าวงอก ที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี แต่ผ่านการแช่น้ำ (Soaking) ที่อุณหภูมิ (25-33°ซ)(ไสว, 2552) และเวลาที่เหมาะสม (12 24 36 และ 48 ชั่วโมง) (Jiraporn et al., 2009) จนกระทั่งข้าวมีส่วนที่งอกออกมา (Gera) ประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ซึ่งขณะที่มีการงอกนั้นภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเมล็ดข้าวดูดซับน้ำเข้าสู่เมล็ด ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดมีความนุ่นมากขึ้นและกระตุ้นเอนไซม์ที่ใช้ในการงอก (Allbritton., 2003) ดังนั้นจึงมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการงอกและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ต่อกระบวนการงอกของข้าวจากการศึกษาเราสามารถแบ่งการเพาะข้าวงอกออกเป็น 2 วิธี ต่อไปนี้ คือ

2.4.3 วิธีการเพาะงอกจากข้าวกล้องดังงานวิจัยต่อไปนี้

ธิราพร และ คณะ (2548) ศึกษาสภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 28°ซ และ32°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าข้าวกล้อง พันธุ์สุพรรณบุรี 90 ที่แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง จะเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรงและเกิดฟองแก๊ส ในชั่วโมงที่ 10 จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 32°ซ จะเกิดฟองแก๊สและมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นเร็วกว่า จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าการแช่ข้าวกล้องไว้เกินระยะเวลาที่กำหนด จะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีคุณภาพลดลง

พิษณุ และ เจตน์สุดา (2549) ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ ข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี1 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกโดยใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำ 6 ชั่วโมง และ 15 ชั่วโมงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก 0 1 2 และ 3 เดือน พบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำที่ 6 ชั่วโมงทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณโอรีซานอลต่ำกว่า การแช่น้ำที่ 15 ชั่วโมง และการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ปริมาณโอรีซานอลลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Komatsuzaki et al. (2007) ศึกษาผลของการแช่น้ำและสภาวะบรรยากาศที่มีต่อปริมาณกาบา ในข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดข้าวกล้องแช่ในน้ำนาน 3 ชั่วโมงและงอกในสภาวะที่ไม่มีอากาศนาน 21 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35° ซ พบว่ามีปริมาณกาบา ในข้าวกล้องงอก (24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการควบคุมสภาพบรรยากาศ (10.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) จำนวนจุลินทรีย์บนผิวของข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นระหว่างการแช่น้ำ แต่การใช้ไอน้ำร้อนเป็นเวลา 20 นาที และใช้เอธานอล เป็นเวลา 3 นาที จะทำให้ฆ่าเชื้อได้อย่างสมบูรณ์และไม่มีการลดลงของปริมาณกาบาในข้าวกล้องงอก

เปรมสุดา และคณะ (2551) ได้ควบคุมกระบวนการเพาะให้งอกเพื่อเพิ่มคุณค่าสมบัติเชิงหน้าที่ของข้าว โดยการนำข้าว 2 สายพันธุ์ ข้าว กข6 และข้าว กข17 นำไปแช่ในน้ำกลั่น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำข้าวกล้องที่แช่แล้ว 500 กรัมวางบน Petri dish ที่มีกระดาษกรองที่ทำให้ชื้นด้วยน้ำสเตอร์ไรซ์ ทำงอกที่อุณหภูมิ 30°ซ ในสภาวะที่มีออกซิเจน เติมน้ำ 2.5 มล. ใน Petri dish ทุกๆวัน เพื่อให้ความชื้นมีตลอด ทำทุกๆวันจนครบเวลา 7 วันนำข้าวที่ได้ไปวิเคราะห์พบว่า ระหว่างกระบวนการงอกของข้าว Amylolytic Enzymes เพิ่มขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ข้าว กข 6 มีระดับน้ำตาลรีดิวซ์ และกิจกรรมของ Amylolytic Enzymes สูงกว่า ข้าวกข 17 ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase มีระดับสูงสุดในวันที่ 3 ของการงอก ปริมาณ Free Amino Nitrogen ใน กข6 มีต่ำกว่าใน กข17 ระหว่างการงอกทั้ง 2 พันธุ์มี pH ลดลง พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมในการทำ Malted Rice Syrup คือ ข้าวเหนียว (กข6) เพราะปริมาณน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ และเอนไซม์ Amylolytic สูงกว่า (กข17) นอกจากนี้ยังมีโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีประโยชน์ด้วย เช่น Isomaltose, Panoes และ Isomaltrotriose เป็นต้น

จุฬารัตน์ (2552) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการงอกของข้าวพันธุ์หลวงสันป่าตอง โดยแช่ข้าวกล้องก่อนนำไปเพาะในสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0 0.5 1 1.5 2 4 6 8 และ 10 กรัมต่อลิตร พบว่าข้าวที่แช่สารละลายไคโตซานเข้มข้น 8 กรัมต่อลิตร มีอัตราการงอกสูงสุด คือ 94.33% ส่วนระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่มีผลทำให้ความยาวรากและความยาวลำต้นสูงสุดคือที่ 10 กรัมต่อลิตรและ 2 กรัมต่อลิตรตามลำดับ จากการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า 1,3-กลูคาเนส, ไคโตซาเนส และ ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส ในต้นข้าวที่แช่ สารละลายไคโตซานที่ 0.5 2 6 และ10 กรัมต่อลิตร พบว่าต้นกล้ามีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-1,3-กลูคาเนส, ไคโตซาเนส, และฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส คือ 9.1911 U/ml, 0.1829U/ml และ 1.2120 mU/ml ที่ความเข้มข้นไคโตซาน 2 และ 10 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chung et al. (2009) ศึกษาสภาวะการแช่ที่อุณหภูมิ 5 15 35 เวลา 16 ชั่วโมง ในน้ำ และสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6 (50 mml/l Sododium Acetate) และสภาวะการงอกในภาชนะระบบเปิดและปิดต่อปริมาณกาบา ของข้าวบาร์เลย์ จากการแช่แล้วนำมางอกที่ 15°ซ เวลาต่างๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกคือมีปริมาณน้ำ 36-44 gm/100 gm โดยมีการแช่ที่ 5°ซ เวลา 16 ชั่วโมงหรือ 15°ซ เวลา 8 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิ 35°ซ ทำให้ปริมาณน้ำมากขึ้น การแช่ในบัฟเฟอร์ทำให้ได้ปริมาณกาบา มากกว่าการแช่ในน้ำ ทั้งนี้ GAD มีกิจกรรมเปลี่ยน กาบามากที่สุด ที่ pH 5 และเก็บไว้ในสภาวะไม่มีออกซิเจนแต่มีไนโตรเจนในที่มืด ทำให้มี ปริมาณกาบา 14.3 gm/100 gm หลังการงอก 12 ชั่วโมงซึ่งมากกว่า 4 เท่าของข้าวกล้องทั่วไป (3.7 gm/100 gm)

Banchuen et al. (2009) ศึกษาข้าว 3 พันธุ์ (เหนียวดำเผือก สังข์หยดพัทลุง และเฉี้ยงพัทลุง) โดยการแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 2 3 5 7 และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30±2°ซ) นาน 5 ชั่วโมงแล้วผ่านกระบวนการงอกในภาชนะระบบปิดที่เวลา 12 24 36 และ 48 ชั่วโมงพบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณกาบามากที่สุดคือการแช่ในสารละลายเกลือซิตริกที่ pH 3 ในภาชนะระบบปิด 36 ชั่วโมง สำหรับ สังข์หยดพัทลุง และเฉี้ยง 48 ชั่วโมง สำหรับเหนียวดำเผือก โดยมีปริมาณกาบาเพิ่มขึ้น 16.74-9.43 เท่าจากข้าวกล้องธรรมดา กรดเฟอรูริก 1.12-1.43 เท่า แต่ปริมาณไฟเตท (Phytate) ลดลง และแกมมาออริซานอลของข้าวกล้องและข้าวงอกมีค่าไม่แตกต่างกัน

2.4.4 วิธีการเพาะให้งอกจากข้าวเปลือกดังงานวิจัยต่อไปนี้

Ayernor et al. (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวเนื่องจากการงอกของข้าวเปลือก โดยเพาะข้าวเปลือกเป็นเวลา 0 5 7 และ 9 วัน ที่อุณหภูมิ 32°ซ ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเพาะนานขึ้นน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ปริมาณสตาร์ชและความหนืดของแป้งลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้น โดยเพาะในวันที่ 9 มีกิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุดเมื่อเทียบกับวันที่ 0 5 และ 7

วรนุชและคณะ (2550) ศึกษาการทำข้าวงอกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้องหอมมะลิ105 โดยผ่านกระบวนการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ค่าความเป็นกรดด่าง 5) และผ่านการงอกที่อุณหภูมิ 35-40°ซ เวลา 20-40 ชั่วโมง พบว่าการงอกข้าวเปลือกของข้าวหอมมะลิ105 ที่ 35°ซ 36 ชั่วโมง (ข้าวฮาง) มีปริมาณกาบา 202.82 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อผ่านการสีและนำไปหุงสุกพบว่ามีปริมาณกาบาเหลือ 72.97 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิ105 งอกที่ 35°ซ 36 ชั่วโมง มีปริมาณกาบา 194.55 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อผ่านการสีและนำไปหุงสุกพบว่ามีปริมาณกาบาเหลือ 89.98 มิลลิกรัม/100 กรัม เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 100 คนโดยมีข้าวกล้อง (ไม่ผ่านการงอก) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของข้าวกล้องงอกต่ำกว่าข้าวกล้องข้าวฮางและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางมากกว่าข้าวกล้องงอกทุงสุก ($P\leq0.05$) แต่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของข้าวกล้องและ ข้าวยางใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

วรนุช (2552) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบาจากข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยด โดยศึกษาการแช่ในสารละลายแต่ละชนิด 3 ชนิด (น้ำเปล่า Reverse Osmosis แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น1 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 3 ตามลำดับ) ของข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยดที่อุณหภูมิการแช่ 35°ซ ใช้ระยะเวลาในการแช่ 12 18 24 และ 30 ชั่วโมง พบว่าการแช่ข้าว- เปลือกสังข์หยดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ pH 5 ที่อุณหภูมิ 35°ซ นาน 24 ชั่วโมง (ความชื้น 34-36 %) มีปริมาณกาบาสูงสุด คือ 1.72 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง และเมื่อนำสภาวะการแช่ดังกล่าวมางอกที่อุณหภูมิ 30 35 และ 40°ซ เวลา 25 30 35 และ 40 ชั่วโมง ในระบบเปิดและปิด พบว่าระบบปิดข้าวเปลือกสังข์หยดที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ pH 5 ที่สภาวะการงอกที่ให้ปริมาณกาบามากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 40 ชั่วโมง (11.96 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณกาบามากกว่าข้าวสังข์หยดที่ไม่งอก (0.80 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) 13.95 เท่า ส่วนระบบเปิดที่ให้ปริมาณกาบามากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 40°ซ นาน 40 ชั่วโมง (9.68 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณกาบา 11.10 เท่า

Juyjaihoem and Narkrugsa. (2011) ศึกษาผลของการแช่ต่อลักษณะการงอกของข้าเปลือกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกาบาในข้าวเปลือกงอก โดยศึกษาข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 และพิษณุโลก2 ทดลองโดยนำข้าวเปลือกแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 3 5 และ 7 วัน โดยไม่เปลี่ยนน้ำ และเปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง ในการแช่ จากนั้นนำข้าวที่แช่น้ำ แล้วใส่กระสอบป่านไปเพาะงอกเป็นเวลา 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง เลือกตัวอย่างข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่น้ำและเพาะงอกที่สั้น มีอัตราการงอกมากกว่า 80% และไม่มีกลิ่นเหม็น มาศึกษาต่อไป โดยเลือกข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่ (วัน)/เพาะงอก (ชม.) ดังนี้ พันธุ์ปทุมธานี1 คือ 1/24 และ 3/12 พันธุ์พิษณุโลก2 คือ 1/24 และ 3/24 ขณะที่ไม่เปลี่ยนน้ำ พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 1/24 และ 3/24 จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกเพาะงอกเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการเพาะงอกในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าข้าวที่แช่น้ำและมีการเปลี่ยนน้ำมีผลต่อปริมาณกาบาโดยเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับข้าวเปลือกงอกที่แช่น้ำและไม่ได้เปลี่ยนน้ำ

Maisont and Narkrugsa. (2011) ศึกษาระยะเวลาในการงอกข้าวเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพในการพอง และปริมาณกาบาที่ยังคงเหลืออยู่ในข้าวพองหลังกระบวนการพอง โดยนำข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 50 ชั่วโมงมางอกในตู้เพาะควบคุมอุณหภูมิ 28-30°ซ ระยะเวลา 0 12 24 36 48 และ 60 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวเปลือกงอกทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50±2°ซ เวลา 4.5-5 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งความชื้นลดลงที่ 8-10% นำข้าวเปลือกงอกมาปรับความชื้นเป็น 13% ด้วยสารละลายเกลือ 2% และนำมาพองด้วยไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz กำลังไฟ 700 วัตต์ นาน 110 วินาที พบว่าระยะเวลาการงอกมีผลต่อคุณภาพในการพองโดยเฉพาะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

122981

งอกที่ 36 48 และ 60 ชั่วโมงมีผลต่อคุณภาพการพองของข้าวเปลือกงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยส่งผลให้ปริมาณข้าวพองที่พองได้ทั้งหมด (Total Yield) ปริมาตรจำเพาะ ค่าความแข็ง ค่าความสว่าง และความสามารถในการละลายน้ำของข้าวพองลดลงในขณะที่ความสามารถในการดูดซับน้ำ ค่าสี a* และ b* มีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการทำแห้งและการพองมีผลทำให้ปริมาณกาบาลดลง 32.66 และ 46.89% ตาม- ลำดับ โดยข้าวกล้องงอกที่ 36 ชั่วโมงมีกาบา 276.31 มก./100 กรัมเอมบริโอและลดลงเป็น 186.07 และ146.75 มก./100 กรัมเอมบริโอ(db) จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าข้าวเปลือกงอกสามารถนำมาพองได้ด้วยไมโครเวฟแต่ เมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้นมากกว่า 36 ชั่วโมง คุณภาพในการพองของข้าวเปลือกงอกจะลดลง การทำแห้งและการพองทำให้ปริมาณกาบาในข้าวงอกพองลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณกาบาในข้าวพองยังคงเหลืออยู่มากกว่า 50% เมื่อเทียบกับปริมาณกาบาจากข้าวเปลือกงอกที่ 36 ชั่วโมง

จากการศึกษาและเผยแพร่คุณค่าทางอาหารที่เพิ่มขึ้นในข้าวหลังผ่านการแช่ข้าวหรือที่เรียกว่าข้าวกล้องงอกหรือข้าวงอกที่ไม่ได้ผ่านการขัดสีแต่ผ่านการแช่น้ำ (Soaking) ที่อุณหภูมิ 25-33°ซ(ไสว, 2552) และเวลาที่เหมาะสม (12 24 36 และ 48 ชั่วโมง) (Jiraporn et al., 2009) จนกระทั่งข้าวมีส่วนที่งอกออกมาประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ซึ่งขณะที่มีการงอกนั้นภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเมล็ดข้าวดูดซับน้ำเข้าสู่เมล็ด ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดมีความนุ่มมากขึ้นและกระตุ้นเอนไซม์ที่ใช้ในการงอก (Allbritton., 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการงอกของเมล็ดมีหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายในและภายนอกปัจจัยภายนอกที่สำคัญคือ น้ำ อากาศ และอุณหภูมิโดยสภาวะที่จะใช้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเมล็ด

2.5.1 น้ำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของเอนไซม์ การย่อยสลาย และการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ ความชื้นที่ทำให้เกิดการงอกคือ 30-35% สำหรับข้าวกล้อง (Komatsuzaki et al., 2007) 18-30% สำหรับข้าวเหนียว และ 35-40% สำหรับข้าวเปลือก (Puangwerakul., 2005)

2.5.2 อากาศ

อากาศที่สามรถทำให้เมล็ดข้าวงอกได้ประมาณ 20%ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% ถ้าสูงกว่านี้การงอกจะเกิดได้ช้าลง และอัตราการหายใจของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Van Toai et al., 1988)

2.5.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ คุณภาพของเมล็ด และระยะเวลาจากการเก็บรักษา อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง15-30°ซ และอุณหภูมิที่สูงสุดในหลายๆ สายพันธุ์ คือ อยู่ระหว่าง 30-40°ซ (Copeland and McDonald., 2001) Puangwerakul. (2005) พบว่าที่อุณหภูมิ 30°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90% พบว่ามีการงอกมากที่สุด คือ 95-98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเป็น ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่พันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 (ซึ่งเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมและมีปลูกกันมากในเขตภาคกลาง) เพาะปลูกในแปลงนาของเกษตรกร (ที่อาศัยอยู่ใน ตำบลบ้านช้าง อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีสภาพดินแบบชุดดินเสนา โดยปลูกแบบนาหว่านน้ำตม มีระยะเก็บเกี่ยว (นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว)ในช่วงเดือน สิงหาคม–พฤศจิกายน 2553

3.2 สารเคมี

3.2.1 Gamma-aminobutyric acid (Sigma, USA)

3.2.2 Amylose from potato (Sigma, USA)

3.2.3 Iron (III) chlorides (Sigma, USA)

3.2.4 Ethanol 95% (Italmar, Thailand)

3.2.5 Ferulic acid (Sigma, USA.)

3.2.6 Acetronitrile (Sigma, USA)

3.2.7 Acetic acid (Merck, Germany)

3.2.8 Phosphoric acid (Merck, Germany)

3.2.9 Methanol (Merck, Germany)

3.2.10 Folin-Cocialteu reagent (Sigma, USA)

3.2.11 Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl chroman-2-carbolic acid) (Sigma, USA)

3.2.12 Gallic acid (Sigma, USA)

3.2.13 Sodium chloride (Ajax Finechem, Australia)

3.2.14 Sodium hydroxide (Ajax Finechem, Australia) 20

3.2.15 Trihydroxymethylaminomethane (Merck, Germany)

3.2.16 Phosphoric acid (Merck, Germany)

3.2.17 α-amylase, heat stable (Sigma, USA)

3.1.18 Protease (Sigma, USA)

3.2.19 Amyloglucosidase (Sigma, USA)

3.2.20 Others

3.2.21 Potassium sulpate (Merck, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.22 Boric acid (Ajax Finechem, Australia)

3.2.23 Petrolem ether (Ajax Finechem, Australia)

3.2.24 Glucoamylase (Sigma, USA)

3.2.25 Hydrochloric acid (Merck, Germany)

3.2.26 Sodium carbonate (Ajax Finechem, Australia)

3.2.27 Acetic acid (Merck, Germany)

3.2.28 Sulfuric acid (Merck, Germany)

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 เครื่องสีข้าว

3.3.2 เครื่องปิดผนึกด้วยสุญญากาศ

3.3.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Suntex SP701, Taiwan)

3.3.4 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาโปรตีน (kjeldhal distillatuon) (Gerharatt, Bonn, Germany)

3.3.5 เตาเผา (muffle furnace) (Model CWF1200, Carbolite, England)

3.3.6 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมัน (soxhletextraction) (Modle K126, Gerharatt, Germany)

3.3.7 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

3.3.8 เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius BP 221S, AG Gottingen, Germany)

3.3.9 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Fiber Extraction) (Model FIWE, VELP Scientefica, Italy)

3.3.10 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืด (Brabender Viscograph)

3.3.11 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

3.3.12 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Allegra X-12R, Beckman Coulter, USA)

3.3.13 โถดูดความชื้น (Desiseeator)

3.3.14 ตู้แช่แข็ง (Deep freezer)

3.3.15 ตู้เพาะงอก

3.3.16 ตู้อบลมร้อน (Path OV663, Thailand)

3.3.17 เครื่องอบแห้ง (Path OV663, Thailand)

3.3.18 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, 1700, Japan)

3.3.19 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบแสกน (SEM) (JEOL, JSM-5800LV, Japan)

3.3.20 Autoclave (Tomy-SS-325, Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.4.1 ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 ตึก Processing คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

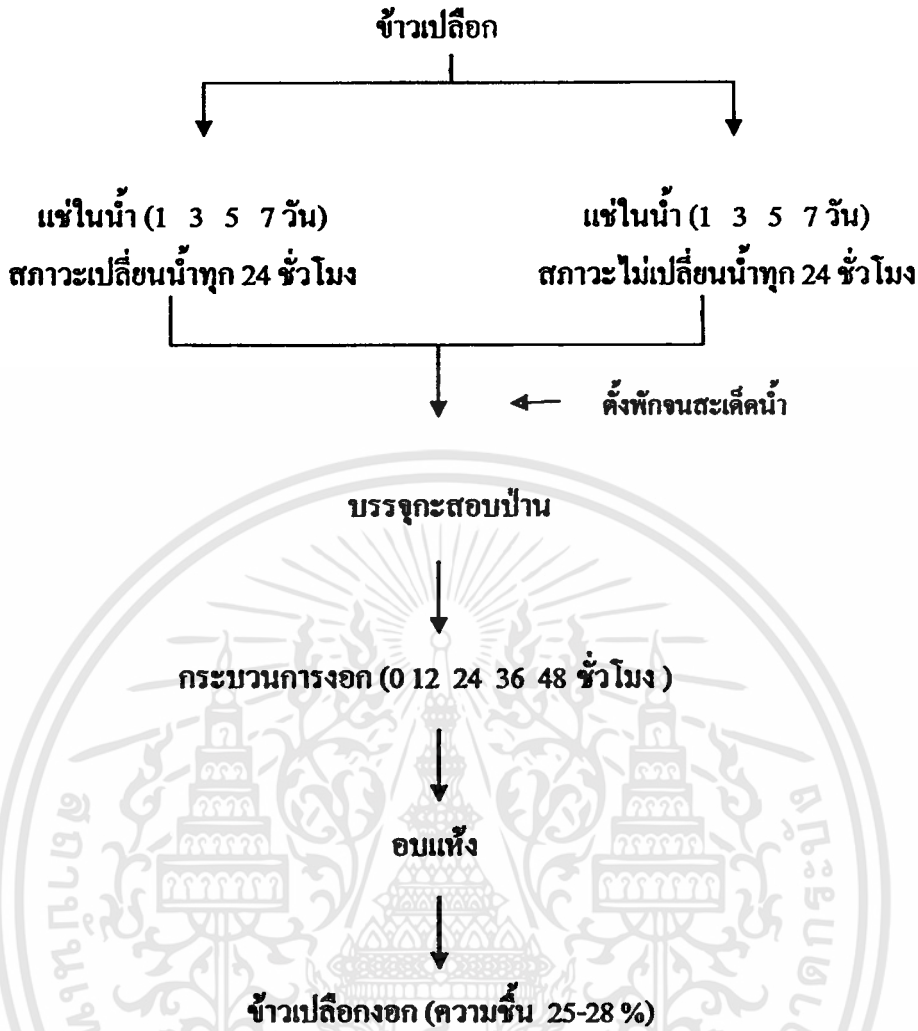
ข้าวเปลือก 2 พันธุ์ ข้าวปทุมธานี1 และ พิษณุโลก2 เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน ประมาณเดือนกันยายน นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บในอุณหภูมิห้องมาวิเคราะห์คุณภาพสมบัติทางเคมีของข้าวเปลือก ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต (AOAC., 1995)

3.5.2 การศึกษาสภาวะในการเพาะข้าวเปลือกให้งอก

ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกกับปริมาณน้ำที่สามารถดูดซับได้โดยนำข้าวเปลือกพันธ์ ปทุมธานี1 และพิษณุโลก2 อย่างละ100 กรัมน้ำหนักแห้ง แช่ในน้ำปริมาตร 300 มิลลิลิตร (1:3) แช่ที่ระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง มีการวัดค่าpH น้ำที่ทำการแช่เมื่อครบกำหนดเวลา โดยทำการทดลองแบบมีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำเลย เมื่อครบเวลานำข้าวเปลือกที่แช่มาผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบาง ตั้งทิ้งไว้จนสะเด็ดน้ำ แล้วแบ่งนำมาหาปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (1995) จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่แล้วมาผ่านกระบวนการงอกในสภาพที่ทึบแสงโดยใส่ข้าวเปลือกในกระสอบป่านแล้วเย็บปิดให้สนิทเพาะในตู้เพาะงอกที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 33$\pm$ 2°ซ โดยมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% ตรวจสอบอัตราร้อยละการงอกของข้าวทุก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง โดยออกแบบการทดลองแบบ 2 ปัจจัย โดย ระยะเวลาแช่ 4 ระดับ × ระยะเวลางอก 5 ระดับ Factorial experiment แบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design, CRD) ทำการทดลองละ 2 ซ้ำ และมีการกำหนดการทดลองแบบมีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำเลยในระยะเวลาในการแช่ แล้วเลือกระยะเวลาการแช่และระยะเวลาการงอกที่ดีที่สุดและใช้ระยะเวลาในกระบวนการงอกสั้นที่สุด และให้เปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นสภาวะที่ใช้ในการทำข้าวงอกต่อไป

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมด้วย SPSS version 11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กระบวนการหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตข้าวเปลือกงอก

3.5.3 การผลิตแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกงอก

นำข้าวเปลือกพันธุ์ ปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2 มา ใส่ในกระสอบป่านเย็บปิดให้สนิทแช่ตามสภาวะที่ได้เลือกไว้ แล้วนำมาเพาะในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 33± 2 องศาเซลเซียส โดยมีการควบคุม ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% หลังครบกำหนดเวลาการเพาะงอกแล้ว นำข้าวเปลือกงอกมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15± 3 ชั่วโมง แล้วนำมากะเทาะเปลือกออกและนำไปบดเป็นแป้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 ไมโครเมตร เก็บในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท กระบวนการผลิตเป็นดัง รูปที่ 2 ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก

นำข้าวที่ผ่านการทำเป็นแป้ง โดยแสดงขั้นตอนตามรูปที่ 2 แล้วมาวิเคราะห์คุณสมบัติองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ ดังนี้

3.2.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติองค์ประกอบทางเคมี

1. ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995)
2. ปริมาณสาร GABA ตามวิธี (Liu et al., 1995)
3. สารประกอบฟีนอลิก ตามวิธี (Singleton and Lamuela-Raventos., 1999)
4. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธี DNS method (Neilson., 1998)
5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ตามวิธี (AOAC Method 991.4, 1995)

3.2.4.2 ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

1. ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการละลายตามวิธี (Narkrugsa., 1996 ดัดแปลงมาจาก Schoch., 1968)
2. ความคงตัวต่อการแช่เข็งและการละลาย ตามวิธี (Narkrugsa., 1996)
3. การเปลี่ยนแปลงความหนืดของ ของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของPast ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็น (Narkrugsa., 1996)
4. ตรวจสอบด้านกลิ่นของแป้งข้าวงอก โดยวิธีการใช้ผู้ทดสอบดมกลิ่น
5. ตรวจหารูปร่างและขนาดของแป้งข้าวงอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแสกน (Scanning Electron Microscope)

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Duncan's New Multiple Range Test) ด้วยโปรแกรม SPSS version 11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานต่อคุณภาพลักษณะการงอกและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าว พันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 มีผลดังนี้

4.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือก

4.1.1 การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกโดยตรวจวัดค่าpH และลักษณะทางกายภาพด้าน กลิ่นของข้าวเปลือก

การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน ในขั้นตอนการแช่ ทำการวัดค่า pH และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นของข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 ตามระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือก คือ 1 3 5 และ 7 วัน โดยมีผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นและค่า pH ของน้ำที่แช่ข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการแช่ (วัน)	พิษณุโลก 2				ปทุมธานี 1			
	เปลี่ยนน้ำ		ไม่เปลี่ยนน้ำ		เปลี่ยนน้ำ		ไม่เปลี่ยนน้ำ	
	pH	กลิ่น	pH	กลิ่น	pH	กลิ่น	pH	กลิ่น
0	7.52 ± 0.91^{d}	-	7.52 ± 0.91^{e}	-	7.30 ± 0.13^{d}	-	7.30 ± 0.14^{e}	-
1	6.40 ± 0.12^{c}	-	$6.59 + 0.07^{d}$	-	6.48 ± 0.07^{c}	-	6.62 ± 0.28^{d}	-
3	6.10 ± 0.28^{b}	+	$6.12 + 0.35^{c}$	++	5.96 ± 0.04^{b}	+	6.17 ± 0.05^{c}	++
5	5.54 ± 0.12^{a}	++	$5.55 + 0.01^{b}$	+++	5.78 ± 0.05^{b}	++	5.46 ± 0.56^{b}	+++
7	5.48 ± 0.78^{a}	+++	$5.16 + 0.4^{a}$	++++	5.51 ± 0.28^{a}	+++	5.00 ± 0.86^{a}	++++

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

2. - ไม่มีกลิ่นเหม็น + มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ++ เริ่มมีกลิ่นเหม็นเน่า +++ มีกลิ่นเหม็นเน่ามาก ++++ มีกลิ่นเหม็นเน่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าถ้าแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานจะมีผลต่อค่า pH จากการตรวจสอบค่า pH ของน้ำที่แช่ข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน พบว่าการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานขึ้นทำให้ค่า pH ของน้ำที่แช่มีค่าลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยข้าวเปลือกจะมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน ในน้ำที่แช่ข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ สภาวะที่มีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่มีการเปลี่ยนน้ำในการแช่ พบว่าระยะเวลาแช่วันที่ 7 มีค่า pH ที่น้อยที่สุด ทั้ง 2 สายพันธุ์ นอกจากนี้เมื่อตรวจคุณลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ ในระหว่างการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน พบว่าข้าวเปลือกที่มีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง จะเริ่มมีกลิ่นเหม็น (+) ในวันที่ 3 ส่วนสภาวะที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำที่แช่ จะเริ่มมีกลิ่นเหม็นเน่า (++) ในวันที่ 3 และจะมีกลิ่นเหม็นเน่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 5 และ 7 จะเห็นได้ว่ากลิ่นของข้าวเปลือกจะเริ่มมีกลิ่นในวันที่ 3 ทั้ง 2 สายพันธุ์แต่สภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่จะมีกลิ่นที่เหม็นมากกว่าสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานในสภาวะขาดออกซิเจน (anoxia) และมีสิ่งแปลกปลอมรวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่แช่ข้าวเปลือก เมื่อเราแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโต และเกิดการเสื่อมสลายของเมล็ด และนอกจากนี้การดูดน้ำเข้าเมล็ดทำให้การกระจายตัวของความชื้นในส่วนต่างๆ ของเมล็ดและศัพภะทำให้เกิดกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในการผลิตเอนไซม์และการเจริญของราก (Manna et al. ,1995) ซึ่งมีผลต่อกลิ่นของเมล็ดข้าวเปลือกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลานานโดยเฉพาะในสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ และจากงานวิจัยของ วุฒิชัย และคณะ (2554)ได้ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1 พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (เพิ่มเพียง 1 log cycle) และเพิ่มขึ้นในแนวโน้มเดียวกันในข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 6.20×10^{5} cfu/g ในวันที่ 0 เป็น1.07×10^{6}cfu/g ในวันที่ 7 และในข้าวเปลือกสายพันธุ์พิษณุโลก2 มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก 6.70×10^{5}cfu/g ในวันที่ 0 หรือก่อนการจมน้ำเป็น 2.14×10^{6}cfu/g ในวันที่ 7 จากรายงานดังกล่าวจึงพิจารณาความเสี่ยงที่เกิดจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของข้าวเปลือกที่แช่น้ำเกิน 3 วัน เมื่อนำมาทำเป็นแป้งข้าวงอกแล้วมีโอกาสที่จะได้แป้งข้าวงอกปนเปื้อนจุลิทรีย์เกินกว่าที่ มอก.63-2529 เรื่องแป้งข้าวเจ้า ที่กำหนด ไม่เกิน 1×10^{6} cfu/g ดังนั้นในการแช่ข้าวเปลือกจึงไม่ควรเกิน 3 วัน ส่วนข้าวเปลือกที่แช่น้ำในวันที่ 5 และ 7 สามารถนำข้าวเปลือกเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นได้เช่น การผลิตเอทานอลจากข้าวเปลือกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลานานหรืออาจนำมาบดเป็นแป้งเพื่อเป็นส่วนผสมของลูกแป้ง(EM ball)ที่ใช้บำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

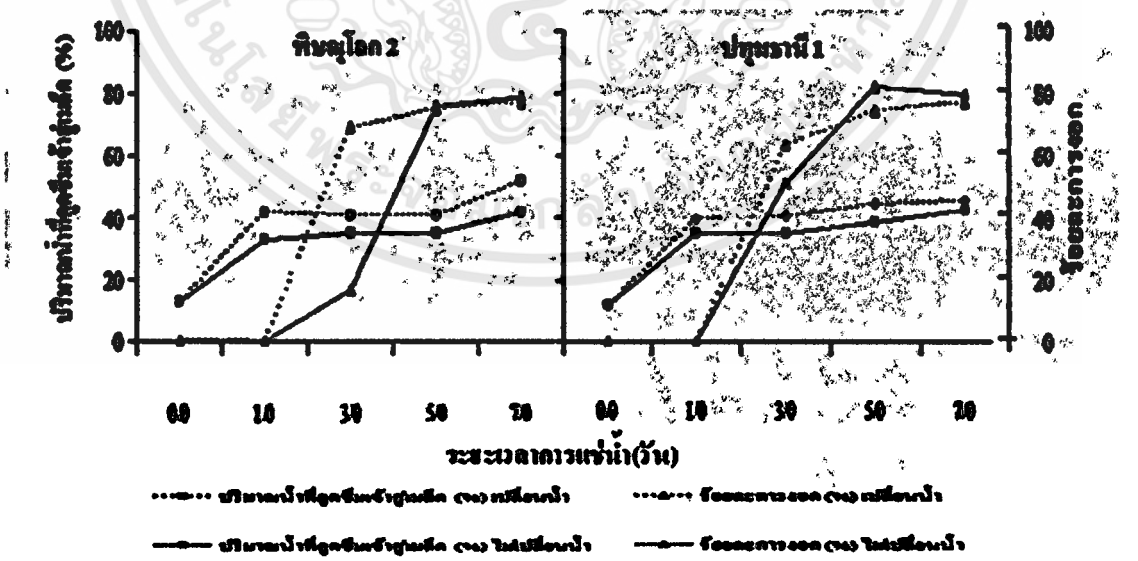
4.1.2 การศึกษาปริมาณการดูดซึมเข้าสู่เมล็ดข้าวเปลือก และร้อยละการงอกของข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1

ตารางที่4.2 การศึกษาระยะเวลาในการแช่ต่อปริมาณน้ำที่ดูดซึมสู่เข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์

ชนิดของพันธุ์ข้าว	แช่ม,วัน/ เพาะ,ชม.	ปริมาณน้ำที่ดูดซึม		ร้อยละการงอก	
		เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ
พิษณุโลก2	0/0	12.81 ± 0.62^{a}	12.81 ± 0.62^{a}	0^{a}	0^{a}
	1/0	41.76 ± 0.93^{b}	32.71 ± 0.74^{b}	0^{a}	0^{a}
	3/0	$43.84 \pm 0.37b^{c}$	39.61 ± 0.7^{c}	69.12 ± 0.53^{b}	16.25 ± 2.47^{b}
	5/0	45.61 ± 1.00^{c}	36.97 ± 0.17^{d}	74.50 ± 2.82^{c}	75.75 ± 1.06^{c}
	7/0	48.75 ± 1.00^{d}	41.33 ± 0.21^{e}	77.25 ± 1.75^{c}	78.75 ± 2.47^{c}
ปทุมธานี1	0/0	11.62 ± 0.42^{a}	11.62 ± 0.42^{a}	0^{a}	0^{a}
	1/0	39.69 ± 1.16^{b}	34.90 ± 0.27^{b}	0^{a}	0^{a}
	3/0	40.36 ± 1.03^{b}	39.61 ± 0.70^{c}	63.62 ± 3.00^{b}	51.25 ± 1.76^{b}
	5/0	44.82 ± 1.19^{c}	38.46 ± 0.11^{d}	75.75 ± 3.88^{c}	82.25 ± 3.18^{d}
	7/0	45.64 ± 0.56^{c}	41.33 ± 0.21^{e}	76.75 ± 2.47^{c}	79.75 ± 0.35^{c}

หมายเหตุ 1. อายุการเก็บเกี่ยว (นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว) ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พิษณุโลก 2 อายุ การเก็บเกี่ยว 110 วัน พันธุ์ปทุมธานี 1 อายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P < 0.05$)



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกสภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ของข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน เพื่อหาระยะเวลาแช่และเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์โดยแช่ข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ ในน้ำสะอาดในสภาวะที่ขาดออกซิเจน (Anoxia) เป็นระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน ตารางที่ 4.2 และจากรูปที่ 4.1 พบว่าถ้าแช่ข้าวเปลือกระยะเวลานานขึ้นปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดข้าวเปลือกของข้าวเปลือกและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้น เป็นแนวโน้มเดียวกัน โดยปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 41.76-48.75 % และในสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่อยู่ระหว่าง 32.71-41.33% ส่วนข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 พบว่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของสภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 39.69-45.64% และสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่อยู่ระหว่าง 34.90-41.33% ส่วนร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 0-77.25 และในสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่อยู่ระหว่าง 0-78.75 ส่วนข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของสภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 0-76.75% และสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่อยู่ระหว่าง 0-79.75% แสดงให้เห็นว่าการที่ของข้าวเปลือกที่แช่น้ำนั้นเมล็ดข้าวเปลือกจะดูดซึมน้ำเข้าไปได้ 3-4 เท่า ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศัพภะในสภาวะที่ขาดออกซิเจน มีการงอกเกิดขึ้นโดยจะเริ่มงอกชัดเจนตั้งแต่แช่วันที่ 3 เป็นต้นไป คล้ายกับงานวิจัยของ Puangwerakul (2007) และ Maisont and Narkrugsa (2010) เมล็ดข้าวเปลือกจะงอกได้ต้องมีปริมาณที่ดูดซึมเอาไว้ประมาณ 30-40% ในการทดลองนี้ได้ศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน ต่อลักษณะการงอก และร้อยละการงอกของข้าวเปลือก โดยการถ่ายภาพ เพื่อนำมาเปรียบเทียบตามระยะเวลาในการแช่ 1 3 5 และ7 วัน และสภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงและสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ (ตารางที่ 4.3, 4.4) พบว่าข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์จะมีร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวแช่อยู่ในน้ำจะเกิดการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดและเกิดการกระจายตัวเข้าไปในส่วนต่างๆภายในเมล็ด เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ด จากภาพจะพบว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 จะมีการงอกที่ช้ากว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 โดยจะพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะเกิดจุดขาว (รากแท้) ที่ยาวกว่าเล็กน้อยเนื่องจากเปลือกของข้าวทั้งสองสายพันธุ์จะมีความหนาของเปลือกที่ต่างกัน ส่งผลถึงความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านเปลือกเข้าไปภายในเมล็ดข้าวเปลือกที่ต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่า เมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 (0.23 มม.) จะมีเปลือกบางกว่าเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์พิษณุโลก2 (0.25 มม.)(วุฒิชัยและคณะ, 2554) จึงทำให้ปริมาณน้ำที่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 จะผ่านยากกว่าของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 อยู่เล็กน้อย ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจน (ตารางที่ 4.3, 4.4) ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง และสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในวันที่ 3 มีร้อยละการงอกของข้าวเปลือก 69.12 และ16.25 ตามลำดับ ส่วนในข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 มีร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละการงอกของข้าวเปลือกไม่แตกต่างกันทั้งสภาวะที่เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง และสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน สภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่มีผลทำให้ความสามารถ การซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ดของข้าวเปลือกหนาสามารถซึมผ่านได้ช้ากว่าในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำแช่ทุก 24 ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้จากร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพิษณุโลก 2 สภาวะที่แช่ 3 วัน มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน

จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ รูปที่ 4.2, 4.3 และ ตารางภาคผนวก ช.1 พบว่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ทั้งสภาวะที่เปลี่ยนน้ำแช่ทุก 24 ชั่วโมงและสภาวะไม่ที่เปลี่ยนน้ำในการแช่โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้นปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกจะเพิ่มขึ้นในข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์

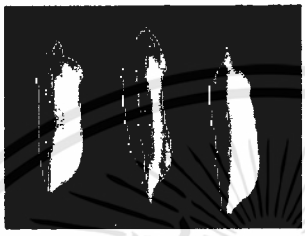
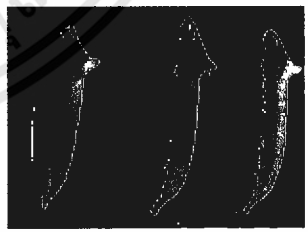
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อลักษณะการงอกและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2

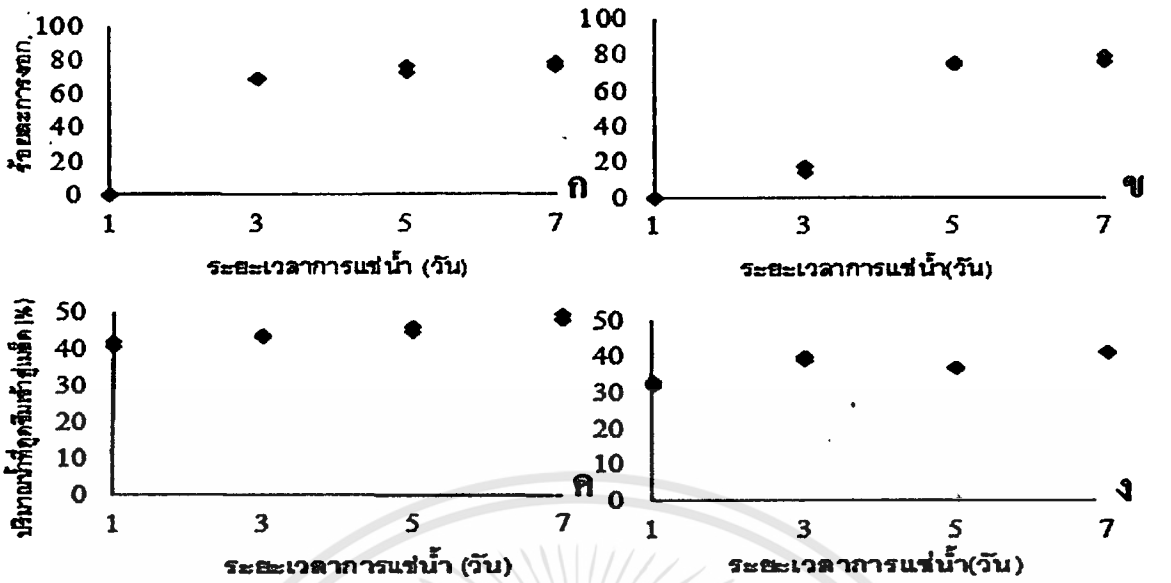
(แช่น้ำ,วัน/เพาะงอก ,ชม.)	ร้อยละการงอก	รูปภาพ	ร้อยละการงอก	รูปภาพ
		เปลี่ยนน้ำ		ไม่เปลี่ยนน้ำ
1/0	0		0	
3/0	69.12 ± 0.53		16.25 ± 2.47	
5/0	74.50 ± 2.82		75.75 ± 1.06	
7/0	77.25 ± 1.75		78.75 ± 2.47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

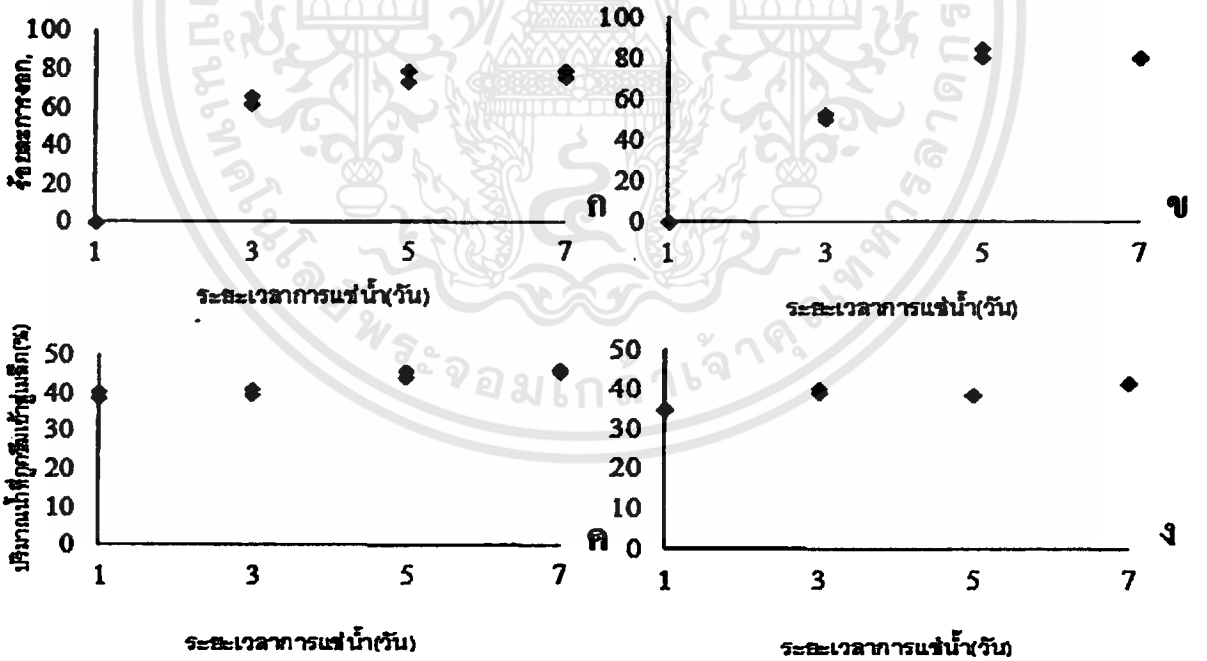
ตารางที่ 4.4 การศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกต่อลักษณะการงอกและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1

(แช่น้ำ ,วัน/ เพาะงอก ,ชม.)	ร้อยละการงอก	รูปภาพ	ร้อยละการงอก	รูปภาพ
		เปลี่ยนน้ำ		ไม่เปลี่ยนน้ำ
1/0	0		0	
3/0	63.62 ± 3.00		51.25 ± 1.76	
5/0	75.75 ± 3.88		82.25 ± 3.18	
7/0	76.75 ± 2.47		79.75 ± 0.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 ก = ร้อยละการงอกสภาวะเปลี่ยนน้ำ ข = ร้อยละการงอกสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ ค = ปริมาณที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดสภาวะเปลี่ยนน้ำ ง = ปริมาณที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 ก= ร้อยละการงอกสภาวะเปลี่ยนน้ำ ข = ร้อยละการงอกสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ ค = ปริมาณที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดสภาวะเปลี่ยนน้ำ ง = ปริมาณที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาปริมาณการดูดซึมเข้าสู่เมล็ดข้าวเปลือก และร้อยละการงอกของข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก 2 และ พันธุ์ปทุมธานี 1

นำข้าวเปลือกที่แช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน ตามสภาวะต่างๆไปเพาะงอกที่ระยะเวลา 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 34-35°ซ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% เพาะงอกในตู้ทึบแสง นำมาหาร้อยการงอก และคำนวณหาปริมาณน้ำที่ดูดซึม (Water Uptake) เข้าสู่ภายในเมล็ดแสดงในตารางที่ 4.5, 4.6 และรูปที่ 4.4 ,4.5 จากการทดลองพบว่า

ตารางที่4.5 ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

แช่น้ำ ,วัน / เพาะงอก, ชม.	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด (%)		ร้อยละการงอก	
	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ
1/12	30.55 ± 0.51^{a}	27.66 ± 0.67^{a}	0^{a}	0^{a}
1/24	39.86 ± 1.35^{b}	18.6 ± 0.18^{b}	89.25 ± 0.35^{b}	85.0 ± 1.41^{b}
1/36	41.94 ± 1.12^{c}	33.92 ± 0.85^{b}	97.0 ± 0.70^{c}	96.0 ± 1.41^{c}
1/48	43.41 ± 0.02^{c}	$35.56 \pm 0.82c$	97.75 ± 0.35^{c}	96.0 ± 1.41^{c}
3/12	39.07 ± 0.66^{ns}	29.10 ± 1.50^{a}	70.75 ± 1.76^{a}	60.75 ± 2.12^{a}
3/24	41.81 ± 1.19^{ns}	30.55 ± 1.13^{a}	95.0 ± 0.70^{b}	93.25 ± 3.18^{b}
3/36	38.96 ± 1.98^{ns}	34.06 ± 0.84^{b}	94.5 ± 1.41^{b}	95.51 ± 0.41^{b}
3/48	38.96 ± 1.97^{ns}	31.0 ± 0.10^{a}	97.5 ± 2.12^{b}	95.51 ± 0.41^{b}
5/12	34.4 ± 0.31^{a}	35.24 ± 0.82^{a}	74.5 ± 2.82^{a}	92.75 ± 2.47^{a}
5/24	38.26 ± 0.07^{b}	34.27 ± 0.60^{a}	90.75 ± 1.06^{b}	95.0 ± 1.41^{a}
5/36	41.83 ± 0.85^{c}	34.0 ± 0.97^{a}	97.0 ± 3.53^{b}	96.75 ± 1.06^{a}
5/48	44.74 ± 1.07^{d}	40.74 ± 1.49^{b}	97.0 ± 3.35^{b}	96.75 ± 1.06^{a}
7/12	34.41 ± 0.29^{a}	35.87 ± 1.29^{c}	88.5 ± 2.12^{a}	90.0 ± 3.53^{a}
7/24	39.85 ± 0.41^{b}	30.85 ± 1.00^{a}	94.75 ± 2.47^{b}	93.25 ± 0.35^{a}
7/36	42.22 ± 0.64^{c}	32.02 ± 1.43^{ab}	94.75 ± 2.47^{b}	95.0 ± 2.12^{a}
7/48	49.26 ± 0.25^{d}	34.26 ± 0.50^{bc}	94.75 ± 2.47^{b}	95.0 ± 2.12^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P < 0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P < 0.05$)

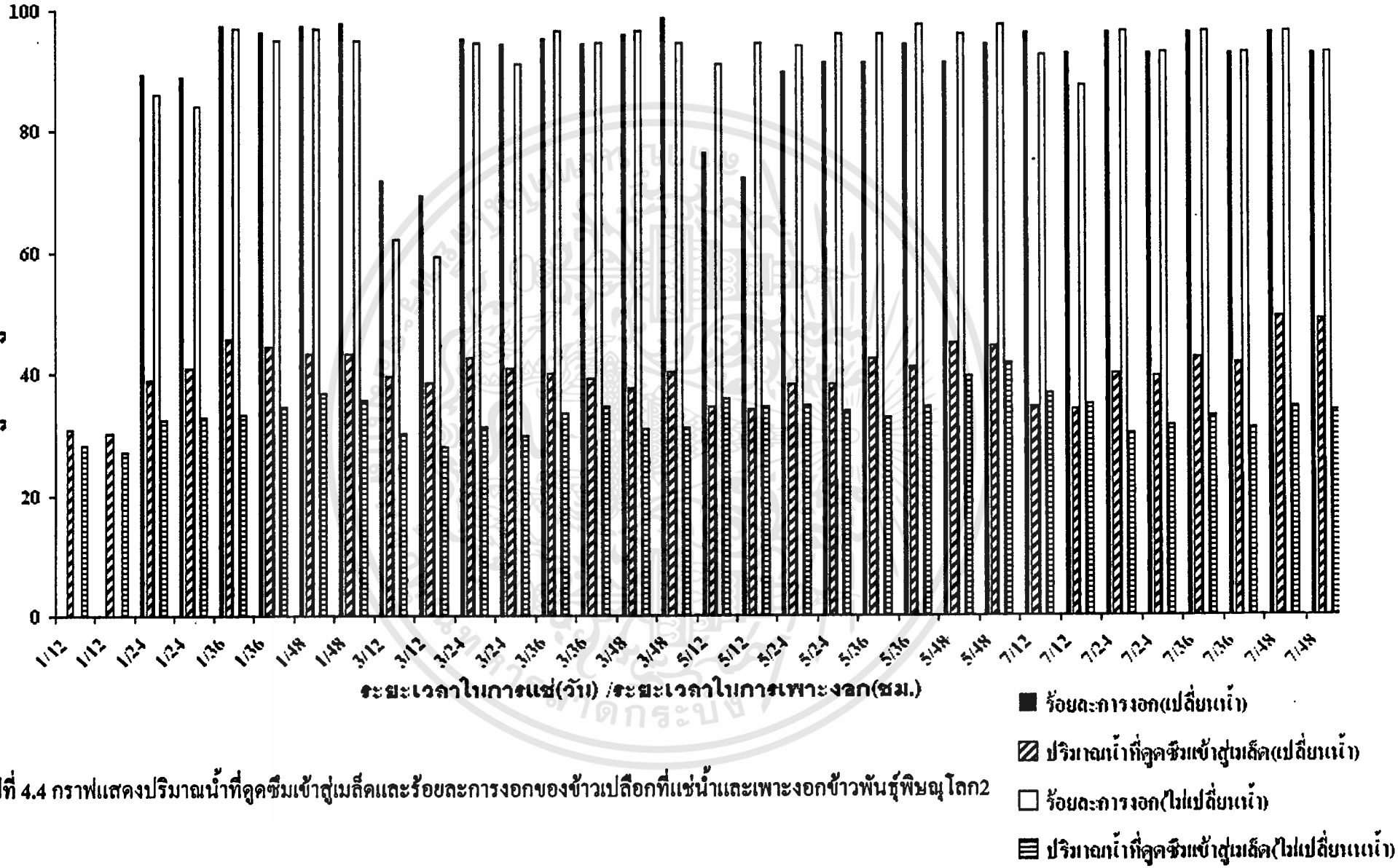
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.6 ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1

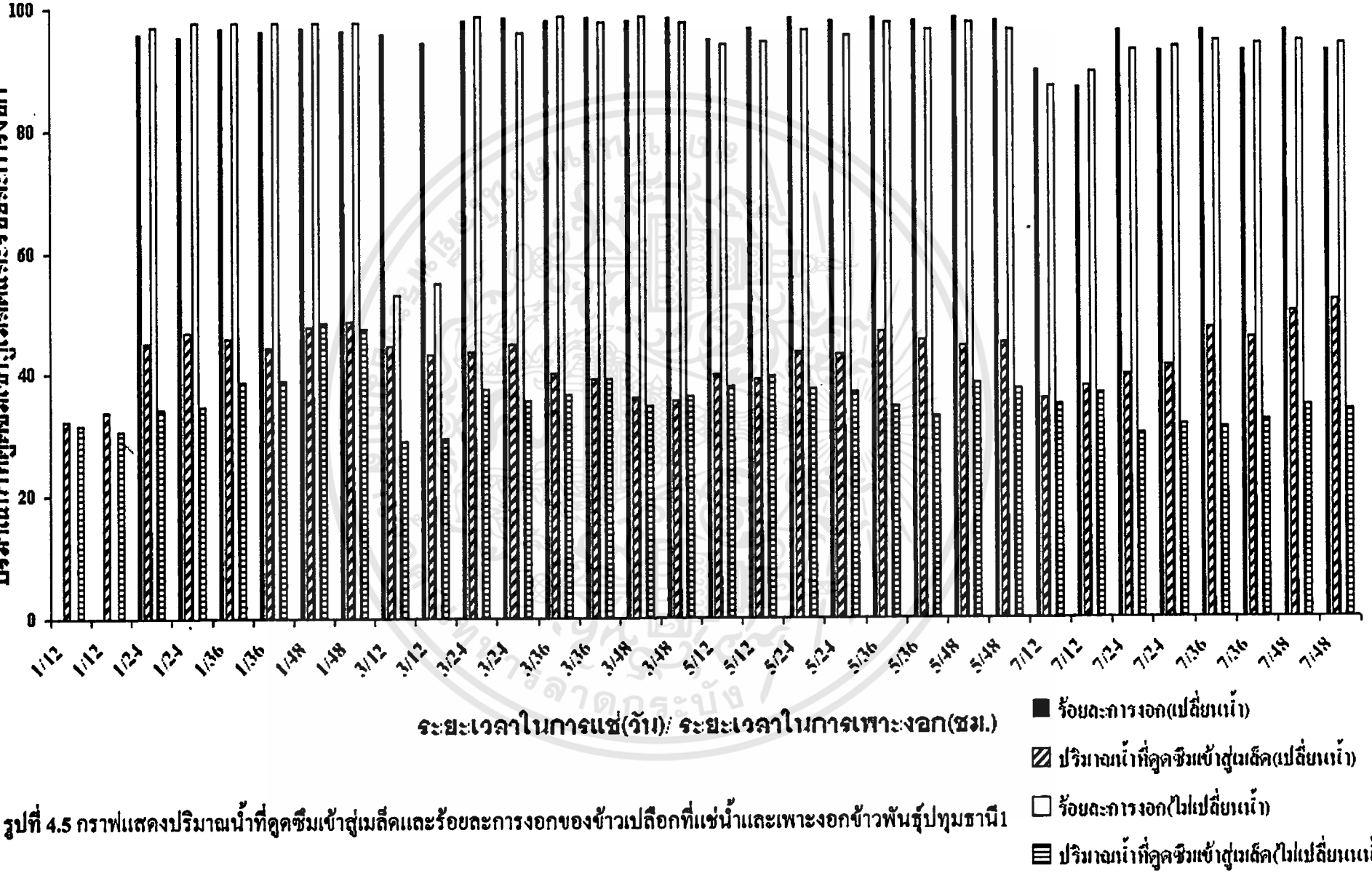
แช่น้ำ , วัน / เพาะงอก, ชม.	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด (%)		ร้อยละการงอก	
	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ
1/12	32.90 ± 0.89^{a}	31.06 ± 0.78^{a}	0^{a}	0^{a}
1/24	45.95 ± 1.22^{c}	34.34 ± 0.28^{b}	95.75 ± 0.35^{b}	97.25 ± 0.35^{b}
1/36	45.05 ± 0.90^{c}	38.79 ± 0.05^{c}	96.75 ± 0.35^{b}	97.5 ± 0.00^{b}
1/48	43.41 ± 0.02^{b}	47.88 ± 0.65^{d}	96.75 ± 0.35^{b}	97.5 ± 0.00^{b}
3/12	39.60 ± 0.66^{b}	29.17 ± 0.29^{a}	95.25 ± 1.06^{a}	54.00 ± 1.41^{a}
3/24	44.25 ± 1.19^{c}	36.47 ± 1.30^{b}	98.25 ± 0.35^{b}	97.25 ± 1.76^{b}
3/36	39.60 ± 0.71^{b}	37.87 ± 1.87^{b}	98.25 ± 0.35^{b}	98.00 ± 0.70^{b}
3/48	35.82 ± 0.71^{a}	35.37 ± 1.16^{b}	98.25 ± 0.35^{b}	98.00 ± 0.70^{b}
5/12	34.4 ± 0.10^{a}	38.81 ± 1.06^{b}	96.00 ± 1.41^{a}	94.25 ± 0.35^{a}
5/24	43.39 ± 0.07^{b}	37.22 ± 1.38^{b}	98.25 ± 0.30^{b}	96.00 ± 0.70^{b}
5/36	46.21 ± 1.05^{c}	33.68 ± 1.21^{a}	98.25 ± 0.35^{b}	97.00 ± 0.70^{b}
5/48	44.86 ± 0.36^{bc}	37.87 ± 0.65^{b}	98.25 ± 0.35^{b}	97.00 ± 0.70^{b}
7/12	36.85 ± 1.42^{a}	35.87 ± 2.58^{c}	91.50 ± 1.41^{a}	88.25 ± 1.76^{a}
7/24	40.61 ± 0.99^{b}	30.85 ± 0.63^{a}	95.00 ± 0.02^{b}	93.25 ± 0.35^{b}
7/36	46.60 ± 1.17^{c}	31.63 ± 1.43^{b}	95.25 ± 0.35^{b}	94.25 ± 0.35^{b}
7/48	51.07 ± 1.23^{d}	34.26 ± 0.50^{bc}	95.25 ± 0.35^{b}	94.25 ± 0.35^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

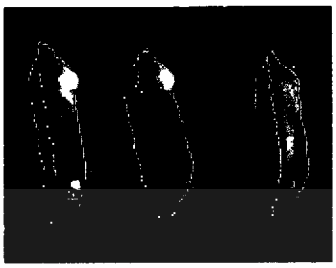
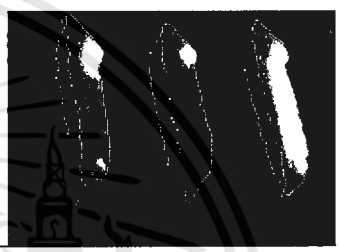


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกที่แช่น้ำและเพาะงอกข้าวพันธุ์พิษณุโลก2



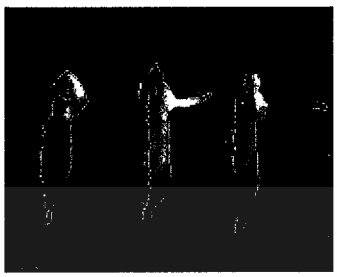
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกที่แช่น้ำและเพาะงอกข้าวพันธุ์ปทุมธานี1

ตารางที่4.7 การศึกษาสภาวะการแช่และเพาะงอกที่เหมาะสมของของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2

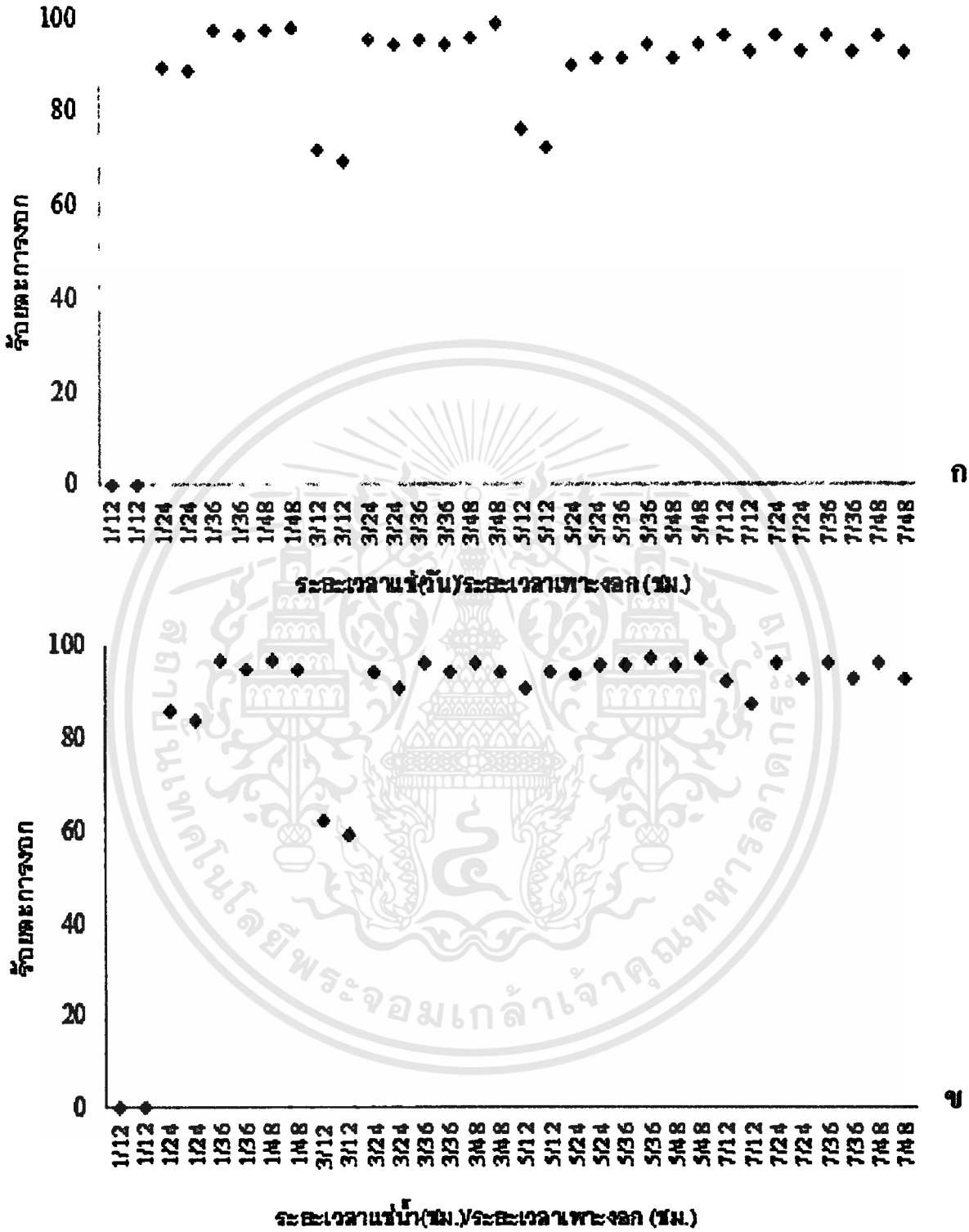
แช่น้ำ,วัน/ เพาะงอก ,ชม.	สภาวะการแช่	ร้อยละ การงอก	รูปภาพ
1/24	เปลี่ยนน้ำ	89.25 ±0.35	
1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	85.0 ± 1.41	
3/24	เปลี่ยนน้ำ	95.0 ± 0.70	
3/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	93.25 ± 3.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.8 การศึกษาสภาวะการแช่และเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1

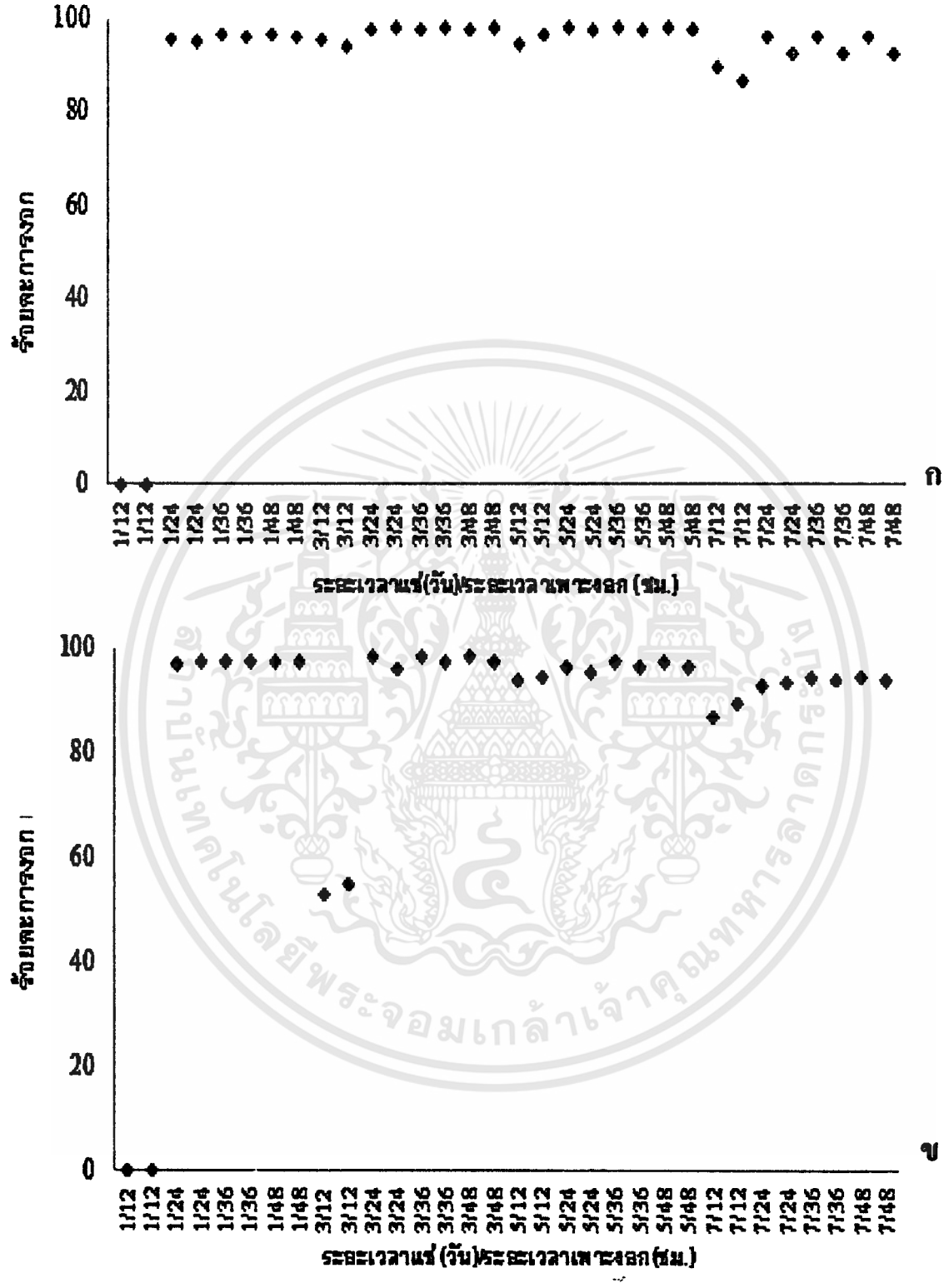
แช่น้ำ,วัน/ เพาะงอก ,ชม.	สภาวะการแช่	ร้อยละ การงอก	รูปภาพ
1/24	เปลี่ยนน้ำ	95.75 ± 0.35	
1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	97.25 ± 0.35	
3/12	เปลี่ยนน้ำ	95.25 ±1.06	
3/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	97.25 ± 1.76	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟ แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่กับการการเพาะงอกต่อร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2
ก = สภาวะเปลี่ยนน้ำ ข = สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

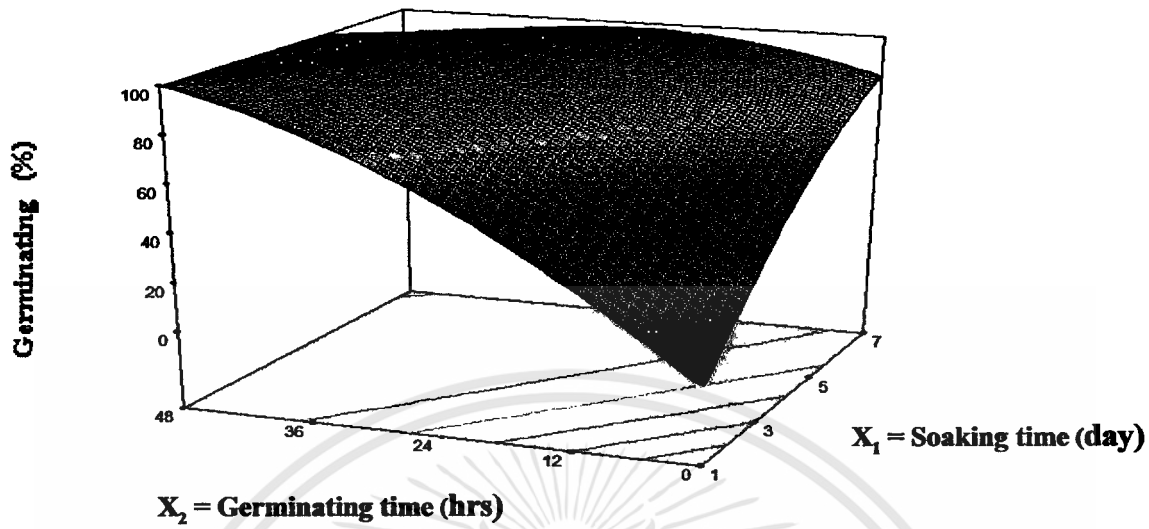


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่กับการการเพาะงอต่อร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ก = สภาวะเปลี่ยนน้ำ ข = สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำ

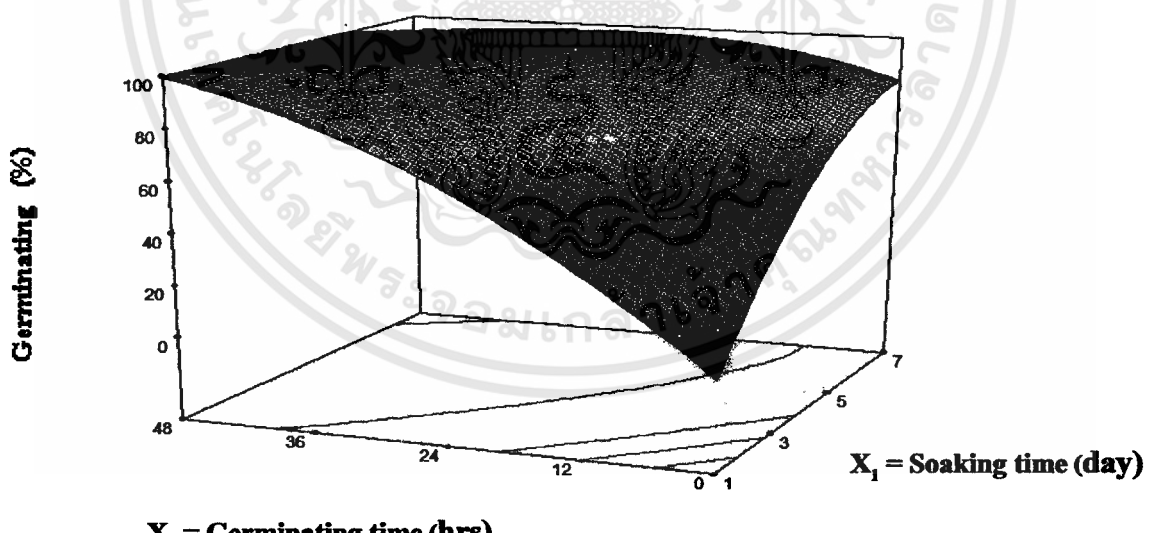
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = -24.944 + 24.196X_1 + 3.697X_2 - 0.354X_1X_2 - 1.250X_1^2 - 0.025X_2^2 \quad (r^2 = 0.8171)$$



(ก)

$$Y = -24.211 + 28.627X_1 + 3.622X_2 - 0.343X_1X_2 - 1.902X_1^2 - 0.026X_2^2 \quad (r^2 = 0.7828)$$



(ข)

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงร้อยละการงอกของข้าวเปลือกสภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงในการแช่ข้าวเปลือก (ก) พันธุ์พิษณุโลก 2 และ (ข) พันธุ์ปทุมธานี 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน พบว่าปริมาณการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่และการเพาะงอกนานขึ้น ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 อยู่ระหว่าง 30-51% ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และ 27-41% ในสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 อยู่ระหว่าง 32-51% ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และ 28-47% ในสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ แสดงให้เห็นว่าการที่ข้าวเปลือกแช่น้ำที่ระยะเวลานาน เมล็ดข้าวเปลือกสามารถดูดซึมน้ำเข้าไปได้ 2-3 เท่าเมื่อเทียบกับก่อนที่ข้าวจะแช่น้ำ ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ คัพภะ ทำให้มีการงอกเกิดขึ้น ในส่วนของคัพภะ โดยจะเริ่มงอกชัดเจนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puangwerakul (2007) และ Maisont and Narkrugsa (2010) ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น เมล็ดข้าวเปลือกจะงอกได้ต้องมีปริมาณที่ดูดซึมเอาไว้ประมาณ 30-40% จากการทดลองหาร้อยละการงอกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแช่น้ำและเพาะงอกนานขึ้น (รูปที่ 4.7, 4.8) ซึ่งร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 อยู่ระหว่าง 70-97 ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และ 60-96 ในสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 อยู่ระหว่าง 91-98 ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และ 54-98ในสภาวะที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จากลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกของทั้ง 2 สายพันธุ์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง จะมีกลิ่นเหม็นน้อยกว่าไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ และมีอัตราการงอกของทั้ง2 สายพันธุ์ไม่ต่างกัน เราจึงได้นำสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงมาสร้างเป็นกราฟสามมิติดังรูปที่ 4.8 ซึ่งก็พบว่าให้ผลการทดลองสอดคล้องไปตามผลการทดลอง รูปที่ 4.7, 4.8 และตารางที่ 4.7 และ 4.8

ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของระยะเวลาในการแช่ และเพาะงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ พิจารณาจากระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดและมีการงอกมากกว่า 80% และลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นของข้าวเปลือก (ตารางที่ 4.7, 4.8) พบว่าข้าวเปลือกจะเริ่มมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อยและมีกลิ่นเหม็นเน่าน้อย ในวันที่ 3 ทั้งสภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงและสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จึงได้คัดเลือกสภาวะดังนี้ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมงและแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมงและ ส่วนที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ เลือก แช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง และแช่ที่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง และแช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่เลือก แช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง และแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง มาผลิตเป็นแป้งข้าวงอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

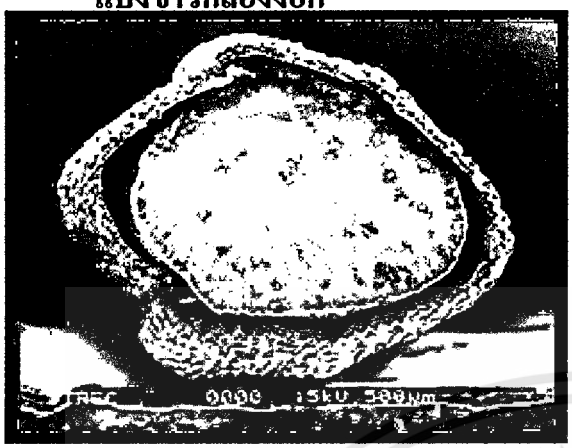
จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ รูปที่ 4.6, 4.7 และ ตาราง ช.2 พบว่าระหว่างปัจจัยระยะเวลาในการแช่และการการเพาะงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก พบว่าข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและ สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ เมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกนานขึ้น จะทำให้ร้อยละการงอกเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและ สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวนานขึ้นจะมีร้อยละการงอกเพิ่มขึ้น

ระยะเวลาในการเพาะ ที่สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชม. และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ในข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าระยะเวลาในการเพาะนานขึ้นร้อยละการงอกก็เพิ่มมากขึ้น

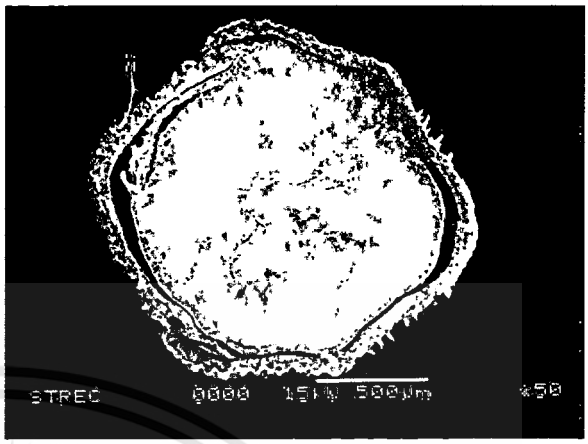
ส่วนระยะเวลาในการแช่*ระยะเวลาในการเพาะ ก็เช่นเดียวกันคือ ถ้าระยะเวลาในการแช่*ระยะเวลาในการเพาะ นานขึ้นร้อยละการงอกก็เพิ่มมากขึ้น ที่สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชม. และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

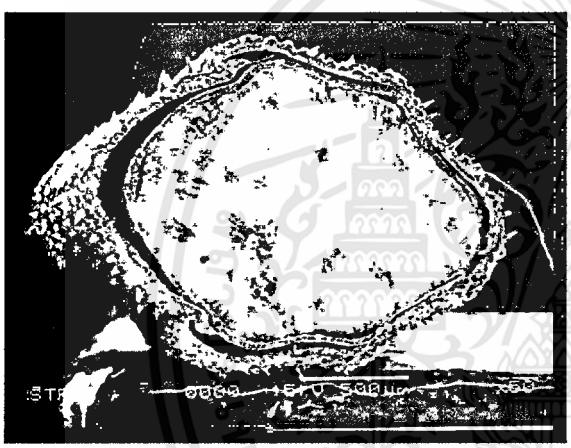
4.2 การศึกษาลักษณะและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก



ก



ข



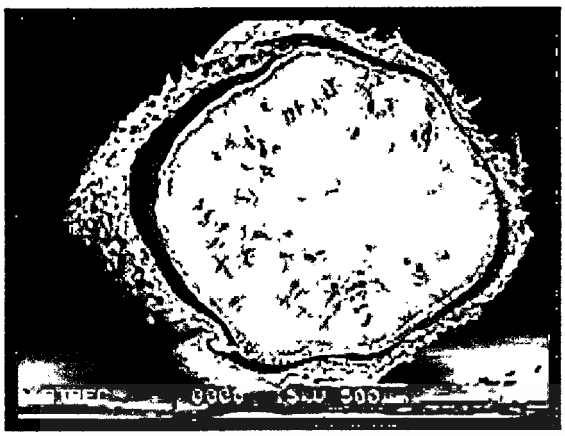
ค

ง

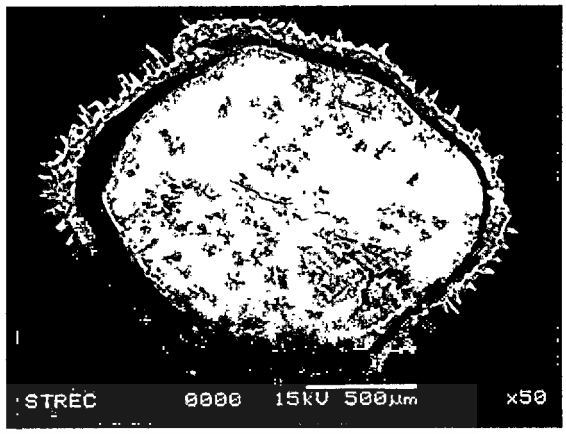
จ

รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แบบตัดตามขวาง (cross section)
ก = ข้าวเปลือกปกติ, ข = 1/24 (เปลี่ยนน้ำ), ค =1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ),
ง = 3/24 (เปลี่ยนน้ำ), จ = 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

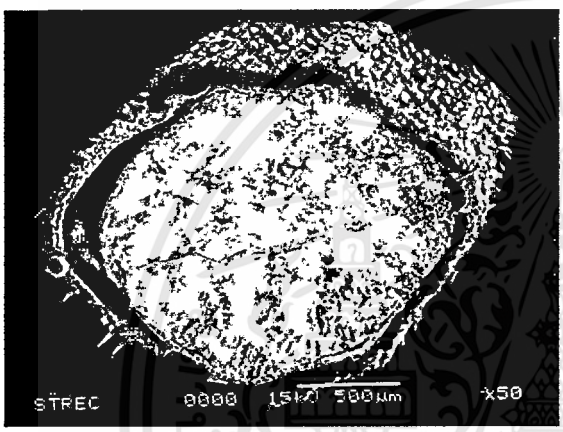
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

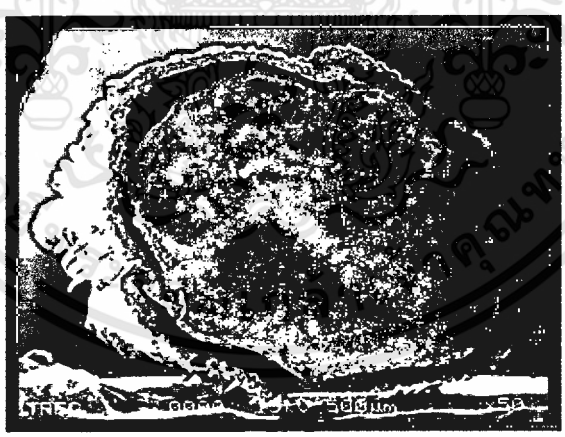


ข



ค

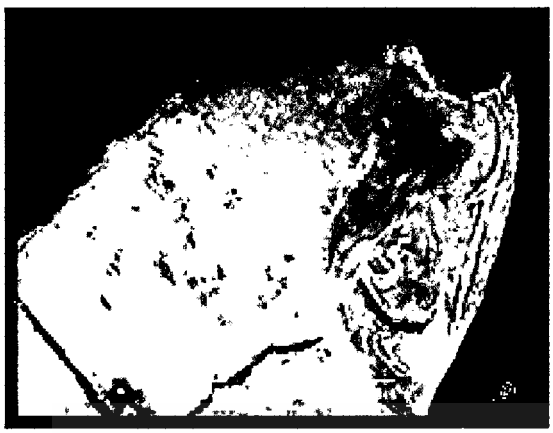
ง



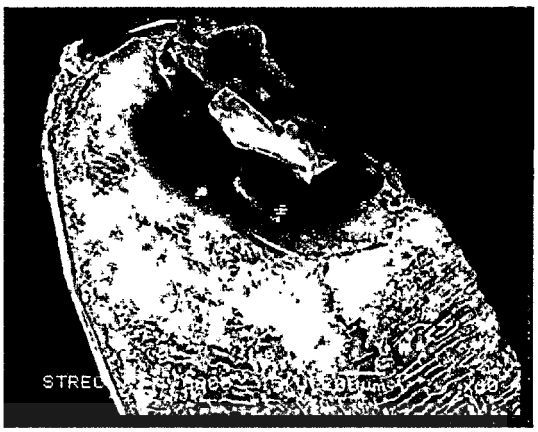
จ

รูปที่ 4.10 ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 แบบตัดตามขวาง (cross section)
ก = ข้าวเปลือกปกติ, ข = 1/24 (เปลี่ยนน้ำ), ค =1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ),
ง = 3/12 (เปลี่ยนน้ำ), จ = 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

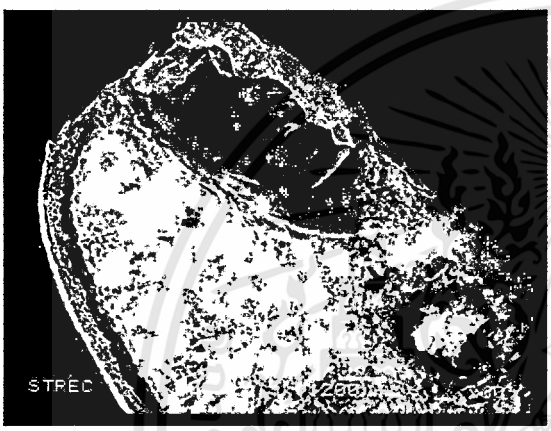
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

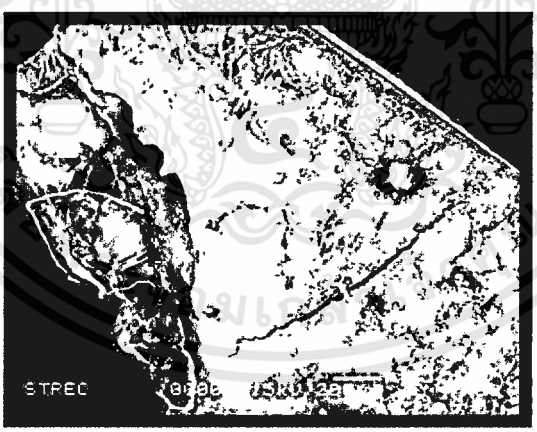


ข



ค

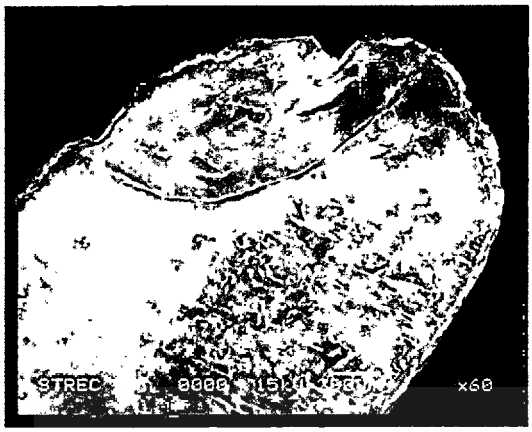
ง



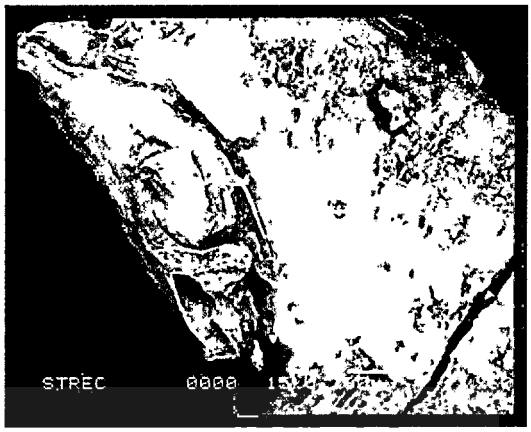
จ

รูปที่ 4.11 ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แบบตัดตามยาว (long section)
ก = ข้าวเปลือกปกติ, ข = 1/24 (เปลี่ยนน้ำ), ค = 1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ),
ง = 3/24 (เปลี่ยนน้ำ), จ = 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

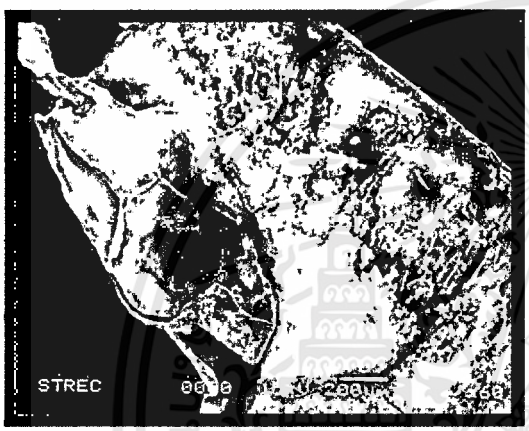
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

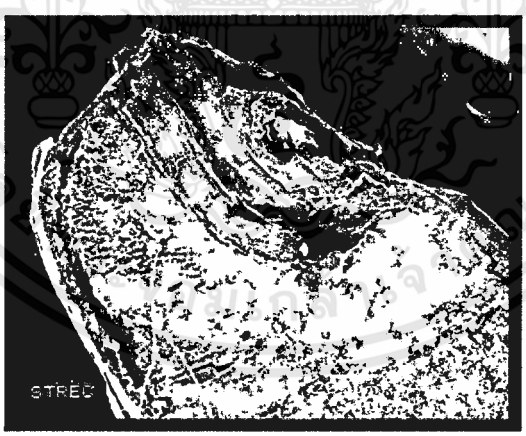


ข



ค

ง



จ

รูปที่ 4.12 ภาพถ่าย SEM ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 แบบตัดตามยาว (long section)
ก = ข้าวเปลือกปกติ, ข = 1/24 (เปลี่ยนน้ำ), ค =1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ),
ง = 3/12 (เปลี่ยนน้ำ), จ = 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ลักษณะและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกเมื่อถ่ายภาพ SEM ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน ได้ศึกษาพิจารณาลักษณะของภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แบบสแกน (SEM) ของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 และพันธุ์ปทุมธานี1 ตามสภาวะที่เลือกมาศึกษา โดยสุ่มเมล็ดข้าวเปลือกงอก นำมาตัดตามขวางและตัดตามยาว เพื่อตรวจสอบช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์ม แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°ซ. ก่อนนำตัวอย่างไปยึดติดบนแท่น (Stuff) เพื่อถ่ายภาพของเอมบริโอ ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านแช่น้ำและเพาะงอก จากผลการทดลองถ่ายภาพเมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาที่เลือกมาตัดตามขวาง (รูปที่4.9,4.10) พบว่าเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำช่องว่างระว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกเกิดการงอกมีการผลิตเอนไซม์ และย่อยสลายสารอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นแป้งในเอนโดสเปิร์มของเอนไซม์ α-amylase เพื่อย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มมีขนาดลดลง จึงทำให้เกิดช่องว่างระว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มมากขึ้น เมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาต่างๆ ซึ่งคล้ายกับงานของ Ayenor and Ocloo.(2007) และMaisont and - Narkrugsa. (2010)

ส่วนภาพตัดตามยาวของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ (รูปที่4.11, 4.12) พบว่าเมื่อข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำขนาดของเอมบริโอจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับเอมบริโอของข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก แสดงว่าเกิดกิจกรรมในเมล็ดข้าว เปลือก ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเอมบริโอ เกิดการงอกเกิดขึ้นจึงทำให้เอมบริโอมีขนาดใหญ่ขึ้น และเกิดช่องว่างระหว่างเอนโดสเปิร์มกับเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำและความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายของแป้งข้าวงอก

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำ และความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายของแป้งข้าวงอก และกลิ่นของแป้ง

พันธุ์ข้าว	แช่น้ำ,วัน / เพาะงอก, ชม.		ความสามารถในการดูดซับน้ำ (%)	ความสามารถในการละลายน้ำ(%)	ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (%)	กลิ่นแป้งข้าวงอก
พิษณุโลก 2	0/0	เปลี่ยนน้ำ	91.86±0.20^{ns}	1.30±0.32^{c}	30.33 ± 0.57^{c}	-
	1/24		91.85±0.10^{ns}	2.57±0.02^{a}	52.66 ± 0.57^{b}	-
	3/24		91.93±0.07^{ns}	1.61±0.10^{b}	73.66 ± 0.57^{a}	+
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	91.93±0.12^{ns}	2.54±0.11^{a}	51.66 ±1.52^{b}	-
	3/24		91.95±0.25^{ns}	1.81±0.27^{b}	72.00 ±2.00^{a}	++
ปทุมธานี 1	0/0	เปลี่ยนน้ำ	92.07±0.14^{a}	1.78±0.25^{c}	32.66± 0.57^{b}	-
	1/24		91.39±0.23^{b}	1.15±0.30^{d}	72.33 ± 2.08^{a}	-
	3/12		91.06±0.13^{b}	2.68±0.25^{b}	72.33 ± 1.15^{a}	-
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	91.70±0.60^{b}	1.10±0.19^{d}	69.33 ± 2.33^{a}	-
	3/24		90.98±0.28^{c}	3.46±0.12^{a}	69.33 ± 1.15^{a}	+

หมายเหตุ 1. อายุการเก็บเกี่ยว (นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว) ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พิษณุโลก 2 อายุ การเก็บเกี่ยว 110 วัน พันธุ์ปทุมธานี 1 อายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P< 0.05$)

3. - = ไม่มีกลิ่น, + = เริ่มมีกลิ่น(คล้ายกลิ่นดินโคลน), ++ = มีกลิ่นดินโคลนเล็กน้อย

เมื่อนำข้าวเปลือกงอกที่ได้จากการคัดเลือกสภาวะข้างต้น นำมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแบบถาด (Tray dryer) จนมีความชื้นประมาณ 14-15% กะเทาะเปลือกออก แล้วบดด้วยเครื่องบดแบบ Hammer mill เป็นแป้งพร้อมร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช นำมาวิเคราะห์ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกโดยนำข้าวเปลือกงอกตามสภาวะที่เลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ มาทำแป้งข้าวงอกและตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) ของแป้งข้าวงอก (ตารางที่4.9) จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานานพบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำในแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 มีความสามารถในการดูดซับน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ส่วนความสามารถในการละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกโดยสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ มีความสามารถในการในการละลายน้ำไม่แตกต่างกัน สภาวะแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จะมีความสามารถในการในการละลายน้ำสูงสุด 2.57% และ 2.54% ตามลำดับ และจะค่อยๆลดลง ในสภาวะที่แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ เนื่องจากในขณะที่เมล็ดงอกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์เพื่อย่อยโมเลกุลของแป้งให้เล็กลง ทำให้แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือโอลิโกแซ็คคาไรด์อื่นๆ จะเริ่มการงอกของรากเทียม ออกมา (Coleorhizae) เป็นจุดเริ่มต้นของการงอกและการสร้างรากเทียมนี้เกิดขึ้น เมื่อระยะเวลาการ เพาะงอกนานขึ้น ส่วนของรากเทียมก็จะเจริญเป็นใบอ่อน (Scutellum) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สะสม อาหารต่างๆ ไว้สำหรับการงอกเป็นรากและลำต้นจึงทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง ส่วนแป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 ความสามารถในการดูดซับน้ำพบว่ามีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับ แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก สภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ที่แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง มีความสามารถในการในการละลายน้ำไม่แตกต่างกัน สภาวะแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ มีความสามารถในการดูดซับน้ำน้อยที่สุดคือ 90.98% และความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ มีความสามารถในการละลายน้ำ ไม่แตกต่างกัน และพบว่ามีค่าลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก คือ 1.15% และ 1.10 % ตามลำดับ ส่วนสภาวะที่ แช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และ แช่ 3 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ มีค่าความสามารถในการละลายน้ำสูงขึ้นเมื่อ เทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวงอกจะมีการสังเคราะห์ เอนไซม์อัลฟาอะมิเลสเพิ่มขึ้น เพื่อย่อยอะมิโลส และ อะมิโลเพคตินให้มีโมเลกุลเล็กลง แป้งถูก เปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือโอลิโกแซ็คคาไรด์อื่นๆ จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง และความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น (รสพร 2551; กล้าณรงค์ 2542) แต่ผลที่ได้จาการทดลอง ของ แป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่ เปลี่ยนน้ำในการแช่ ไม่เป็นไปตามทฤษฎี จะพบว่าความสามารถในการละลายจะลดลงและจะ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการงอกและเพาะนานขึ้น สภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยน น้ำในการแช่ อาจเนื่องจากข้าวเปลือกปทุมธานี1 มีเปลือกบางจึงทำให้การซึมผ่านของน้ำ เข้าไปใน เมล็ดได้ง่ายกว่าข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 จึงเกิด เกิดการงอกของเมล็ด และการเปลี่ยนแปลงของ องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด (Manna et al; 1995)ได้เร็ว และเมื่อระยะเวลาในการแช่และเพาะงอก นานขึ้น (ตารางที่ 4.8) ทำให้แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือโอลิโกแซ็คคาไรด์อื่นๆเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าน้อย

การตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (FTS) ตามวิธีในภาคผนวก ง.2 พบว่าในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่

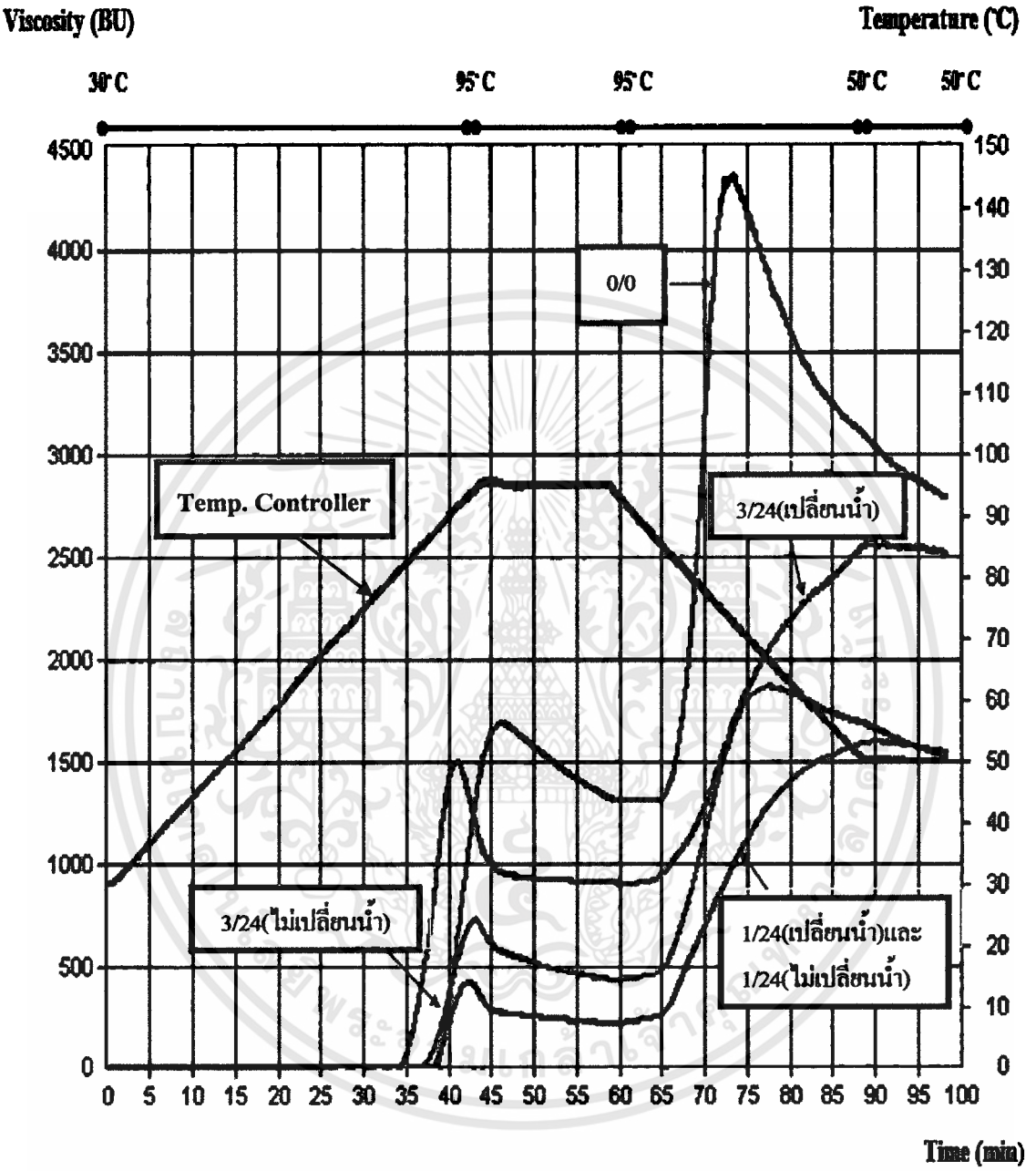
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก เห็นได้จากปริมาณน้ำที่แยกออกจากแป้งมีปริมาณมาก ส่วนของผสมแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 มีน้ำแยกออกจากของผสม 52.66–73.66% และแป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 มีน้ำแยกออกจากของผสม 69.33-72.33% โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่ และเพาะงอกนานขึ้นมีผลทำให้ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายมีค่าลดลง เนื่องจากข้าวเปลือกเมื่อเกิดการงอกมีการผลิตเอนไซม์ และย่อยสลายสารอาหารโดยเฉพาะย่อยแป้งและโปรตีนในเมล็ดเป็นน้ำตาล จึงทำให้โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินถูกตัด ให้มีโมเลกุลเล็กลงเมื่อเกิดการงอก โครงสร้างร่างแหที่สามารถเก็บน้ำไว้ภายในจึงเก็บได้ลดลงทำให้ปริมาณของน้ำที่แยกออกจากแป้งมีปริมาณมากกว่าแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแป้งข้าวงอกทั้งสองสายพันธุ์ไม่เหมาะสำหรับจะมาทำผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับการแช่แข็งเพราะมีความสามารถในการคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายที่ต่ำ

จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน พบว่าการตรวจสอบด้านกลิ่นของแป้งข้าวงอกในทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยการนำน้ำแป้งความเข้มข้น 20% (นน./ปริมาตร) มาต้มเป็นเวลา 5 นาที พบว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตได้จากข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 และ ปทุมธานี1 สภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และและสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 1 วัน เพาะงอก เพาะงอก 24 ชั่วโมง แป้งยังกลิ่นปกติคล้ายกับแป้งที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก และจะพบว่าแป้งจะเริ่มมีกลิ่นเหม็นเมื่อ แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง สภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และสภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ในแป้งข้าวพิษณุโลก2 ส่วนแป้งข้าวปทุมธานี1 จะเริ่มมีกลิ่นเหม็น แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนน้ำที่แช่ข้าวเปลือกจะช่วยให้แป้งข้าวมีกลิ่นเหม็นน้อยกว่า สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ข้าวเปลือกในทั้ง 2 สายพันธุ์ เนื่องจากเมื่อแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลาโดยที่ไม่เปลี่ยนน้ำแช่ เป็นการเพิ่มโอกาสให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของเม็ดข้าวเปลือกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

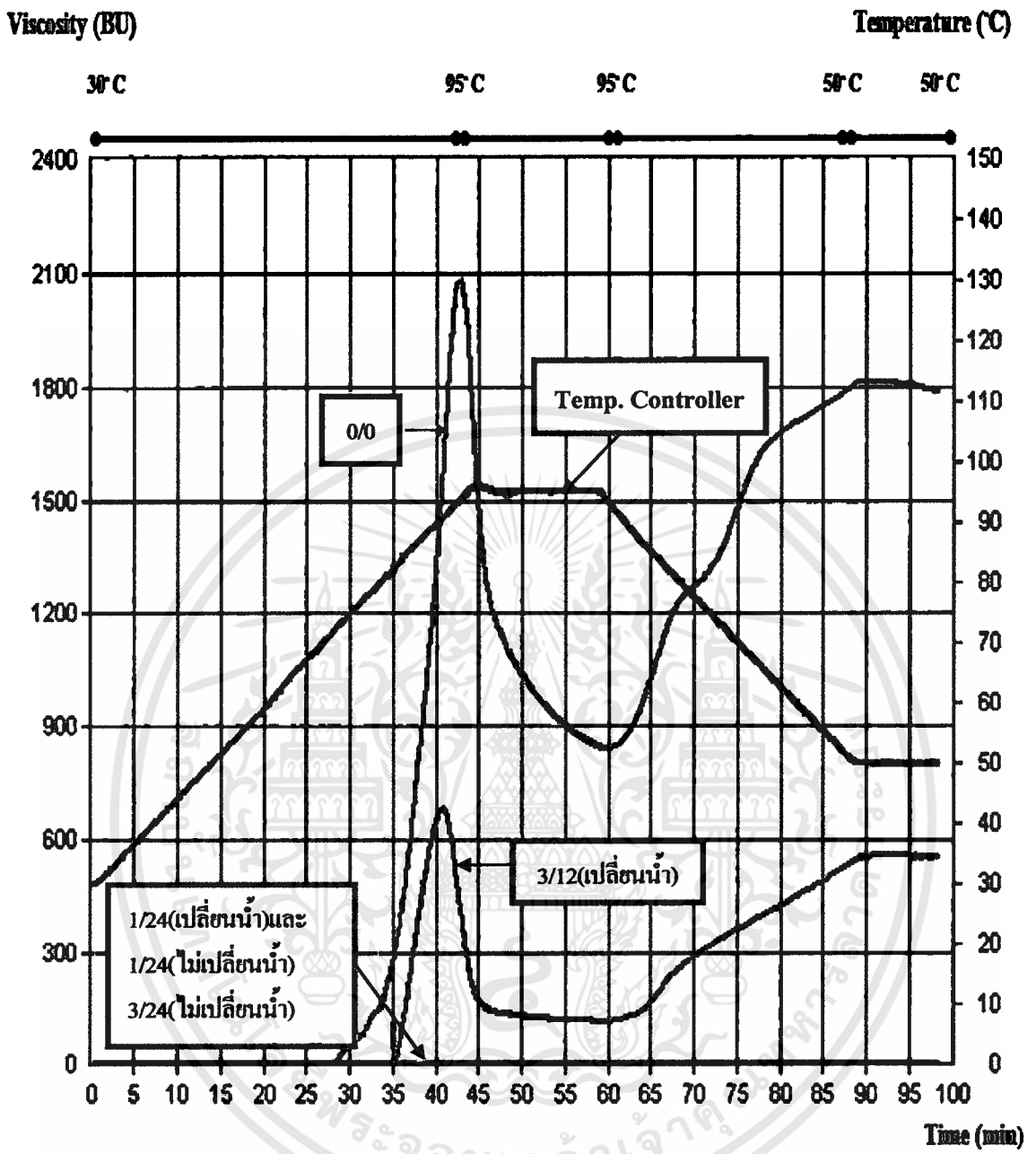
4.2.3 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ และความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ (ความเข้มข้น 8%)

หมายเหตุ : ตัวเลขที่กำกับในกราฟคือ ระยะเวลาที่ข้าวจมน้ำ (วัน)/ เพาะงอก (ชม) 0/0 = แป้งที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก, 1/24 (เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (เปลี่ยนน้ำ), 1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 1วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (ไม่เปลี่ยนน้ำ), 3/24 (เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (เปลี่ยนน้ำ), 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ (ความเข้มข้น 8%)

หมายเหตุ : ตัวเลขที่กำกับในกราฟคือ ระยะเวลาที่ข้าวจมน้ำ(วัน)/ เพาะงอก(ชม) 0/0 = แป้งที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก, 1/24 (เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (เปลี่ยนน้ำ), 1/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (ไม่เปลี่ยนน้ำ), 3/12 (เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (เปลี่ยนน้ำ), 3/24 (ไม่เปลี่ยนน้ำ) = แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง (ไม่เปลี่ยนน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพส (Paste) ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ แสดงค่าที่ได้ในรูปความสัมพันธ์ ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงซึ่งจากกราฟ (รูปที่ 4.13,4.14) จะเห็นว่าคุณสมบัติความหนืดของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก แป้งข้าวพิษณุโลก2 มีปริมาณอะมิโลสสูง กราฟที่ได้จึงเกิดการรีโทรเกรเดชันได้ดี จึงเกิดการคืนตัวได้มากและเร็ว ข้าวจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสร่วนแข็ง ส่วนแป้งข้าวปทุมธานี1 มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จึงสามารถเกิดการเจลาทิไนเซชันได้ดี และใช้เวลาในการเกิดเจลาทิไนเซชันต่ำ ข้าวจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม ในแป้งข้าวที่ผ่านการแช่และเพาะงอกแล้ว ปริมาณสตาร์ชในแป้งทั้งสองพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเอนไซม์ในกระบวนการงอกย่อยแป้งให้เป็นโอลิโกแซกคาไรด์ จึงมีผลต่อความหนืดของแป้งลดลงในตัวอย่างแป้งข้าวทั้งสองพันธุ์เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก

จากตารางที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของ paste ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็น ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาทิไนซ์อยู่ในช่วง 88.4-90.8°ซ และมีความหนืดสูงสุด (maximum peak viscosity) อยู่ในช่วง 443-1036 BU ส่วนค่า breakdown จะอยู่ระหว่าง 26-98 BU และค่า set back อยู่ระหว่าง 1110-2589 BU ในสภาวะที่ แช่ 3 เพาะงอก 24 ชั่วโมง ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ให้ค่าความหนืดสูงสุด breakdown และ set back มากที่สุด คือ 98 BU และ 2589 BU ตามลำดับ

ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาทิไนซ์อยู่ในช่วง 0–84.6°ซ และมีความหนืดสูงสุด (Maximum Peak Viscosity) อยู่ในช่วง 0-1464 BUโดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก จะมีความหนืดมากที่สุดคือ 1464 BU รองลง สภาวะที่ แช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง 691 BU ส่วนค่า breakdown จะอยู่ระหว่าง 0-941 BU และค่า set back อยู่ระหว่าง 0-628 BU โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ไม่ผ่านการจมน้ำ และเพาะงอก จะมีค่า breakdown และ set back มากที่สุด คือ 941 BU และ628 BU ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะเริ่มเกิดเจลได้เร็วกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งโครงสร้างของเม็ดแป้งในข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ถูกทำลายได้ง่ายกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ผ่านการแช่และเพาะงอกจะมีความหนืดสูงสุดต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 อาจเนื่องจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีกิจกรรมการงอกสูงกว่าจึงทำให้แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้มากทำให้ความหนืดต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากกราฟแสดงค่าความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า breakdown ของทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่มีค่าน้อยลง และในบ้างสภาวะมีค่าเป็น 0 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 95°ซ และคงอุณหภูมิไว้ที่ 95°ซ เป็นเวลา 15 นาที โครงสร้างของโมเลกุลแป้งถูกตัดให้มีขนาดเล็กลงจนไม่สามารถทำให้เกิดความหนืดหรือมีความหนืดเล็กน้อย สำหรับค่า set back ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีค่าต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งแล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 50°ซ แล้วคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 10 นาที น้ำแป้งจะเกิดการรีโทรเกรเดชัน โดยเม็ดแป้งจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ และเกิดเจลอีกครั้ง นั่นแสดงว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เกิดรีโทรเกรเดชันได้น้อยกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 จากภาพที่ 4.13 และ4.14 จะเห็นได้ว่าเมื่อแช่และเพาะข้าวในระยะเวลานานขึ้นความหนืดของแป้งจะลดลงและในบ้างของสภาวะของแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะไม่มีค่าความหนืด (Not detected) เนื่องจาก เมื่อเกิดการงอกจะเกิดเมทาบอลิซึมภายในเมล็ดสูงทำให้ความแข็งแรงของเม็ดแป้งลดลง เนื่องจากโครงสร้างของอะไมโลสและอะมิโลเพกตินถูกตัดให้มีโมเลกุลเล็กลง และนอกจากนั้นองค์ประกอบทางเคมีก็เปลี่ยนแปลงไป เช่น คาร์โบไฮเดรตจะพบว่าจะมีค่าที่ลดลง ส่วนน้ำตาลรีดิวซ์จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นแต่เมื่อระยะเวลาการเพาะนานขึ้นก็จะทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เมื่อเทียบกับแป้งที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก (ตารางที่ 4.11) และยังพบว่าระยะเวลาการแช่และเพาะงอกที่นานขึ้น ภายในเวลา 24 ชั่วโมงจะเริ่มเกิดการงอกของรากเทียมออกมา (coleorhizae) และเมื่อระยะเวลาการเพาะงอกนานขึ้น รากเทียมจะเกิดส่วนที่เจริญเป็นใบเลี้ยงอ่อน (scutellum) ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมสารอาหารต่างๆ ไว้สำหรับการงอกเป็นรากและลำต้นต่อไป ให้ผลสอดคล้องกับ ตารางที่ 4.7 และ 4.8 เมื่อระยะเวลาในการเพาะงอกนานขึ้นทำให้เกิดรากที่ยาวกว่าหรือเรียกว่าเกิดรากแท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของกาบา และสารประกอบฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซ์ของ แป้งข้าวงอก

จากการศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลานาน มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวงอกในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 4.5 พบว่า แป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนลดลง เมื่อเทียบกับแป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก เนื่องจากขณะที่เมล็ดข้าวกำลังงอก จะมีการผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีน (โปรติเนส และเปปติเดส) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะย่อยสลายโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้มีปริมาณโปรตีนลดลง (รสพร,2551) ปริมาณไขมันจะเพิ่มขึ้นในสภาวะ แช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมงที่เปลี่ยนน้ำที่สภาวะเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ สำหรับแป้งข้าวงอกพันธุ์ พิษณุโลก2 2.92% และ 2.99% ส่วนแป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 2.96% และ 2.91% ตามลำดับ และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผ่านการแช่และงอกตามระยะเวลาที่นานขึ้นในทั้ง 2 สายพันธุ์ เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวงอกจะ มีการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ของชั้นแอลิวโรน (ส่วนรำข้าว) เช่น เบต้า-อะไมเลส เบต้ากลูแคนเนส เมื่อเกิดการย่อยของผนังเซลล์จะทำให้เอนไซม์ชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นซึมผ่านเข้าไปสู่เนื้อเมล็ดเพื่อย่อยสตาร์ชได้ (Manna et al., 1995) เมื่อระยะเวลาในการแช่และเพาะนานขึ้นจึงทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ของชั้นแอลิวโรนเกิดมากขึ้นจึงมีผลทำให้ปริมาณ ปริมาณไขมันลดลงเมื่อระยะเวลาในการแช่และเพาะงอกนานขึ้น

ส่วนปริมาณ เถ้าพบว่าที่สภาวะแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง ของแป้งข้าวงอกพันธุ์ พิษณุโลก 2 มีปริมาณเถ้า ที่ เพิ่มขึ้น 3.96% ส่วน แป้งข้าวงอกพันธุ์ปทุมธานี1 จะลดลงในสภาวะแช่ 3 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำในการแช่ ให้ค่าลดลง 2.88% เมื่อเทียบกับแป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก ปริมาณใยอาหารในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่และเพาะงอกนานขึ้นเมื่อเทียบกับ แป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณเส้นใยอาหารที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากในสภาวะที่คัพภะและเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดมีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นทำให้มีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมา เพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่สะสมเอาไว้ในส่วนของเอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวทำให้เกิดการงอกในบริเวณคัพภะของเมล็ด มีการสร้างราก (Radical) และยอดอ่อน (Plumule) ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ (Manna et al., 1995) จึงทำให้แป้งข้าวงอกมีปริมาณเส้นใยอาหารสูง กว่าแป้งข้าวที่ผลิตได้จากข้าวเปลือกที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ และเพาะงอก ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่ามากกว่าเทียบกับแป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกในทั้ง 2 สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปริมาณกาบาพบว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะแช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด (600 และ 580 มก./100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก)) ส่วนข้าวปทุมธานี1 สภาวะแช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด (640 มก/100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก)) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกในทั้ง 2 สายพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในระหว่างแช่และเมื่อนำมาเพาะงอก นั้นการทำงานของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (Glutamate Decarboxyleas (GAD)) ในจมูกของข้าวสามารถเปลี่ยนกลูตาเมตเป็น GABA จึงทำให้มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น (Horino et al., 1994) สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จะเห็นว่า แป้งข้าวงอกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำและการเพาะงอกนานขึ้นในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เนื่องจากในขณะที่เมล็ดงอกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์แอลฟาอะมิเลสเพิ่มขึ้นเพื่อย่อยอะไมเลส และอะมิโลเพคตินให้มีโมเลกุลเล็กลง ได้เป็นเด็กซ์ตรินและโมโนแซคคาไรด์ จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น (รสพร, 2551) ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารพบว่าแป้ง ข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก แป้งข้าวงอกที่ผลิตได้จากข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะแช่น้ำ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จะมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงเท่ากับ 9.07 และ 8.81% ตามลำดับ ในขณะที่ แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ จะมีปริมาณเส้นใยอาหารสูง เท่ากับ 8.31 และ 8.82% ตามลำดับ ปริมาณเส้นใยอาหารที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากในสภาวะที่คัพภะและเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดมีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่สะสมเอาไว้ในส่วนของเอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดข้าว ทำให้เกิดการงอกในบริเวณคัพภะของเมล็ด มีการสร้างราก (Radical) และยอดอ่อน (Plumule) ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ (Manna et al., 1995) จึงทำให้แป้งข้าวงอกมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าแป้งข้าวที่ผลิตได้จากข้าวเปลือกที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก และระยะเวลาแช่และระยะเวลาการเพาะงอกนานขึ้น (ตารางที่ 4.7, 4.8) ทำให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมในการงอกของเมล็ดข้าวได้ดีกว่าสภาวะที่ใช้ระยะเวลาการเพาะน้อยจึงทำให้เกิดรากที่ยาวกว่าหรือเรียกว่าเกิดรากแท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็น

พันธุ์ข้าว	(แช่น้ำ ,วัน / เพาะงอก, ชม.)		Beginning of gelatinization Temperature,°C	Maximum viscosity BU	start of holding period BU	start of cooling period BU	End of cooling period BU	End of final holding period BU	Breakdown BU	setback BU
พิษณุโลก2		0/0	90.8	902	590	876	2677	2389	26	1804
	1/24	เปลี่ยนน้ำ	88.9	443	441	352	1600	1448	91	1252
	3/24		88.4	498	493	462	1574	1472	36	1110
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	89.8	502	474	420	1797	1616	82	1378
	3/24		89.8	1036	937	938	3536	3239	98	2589
ปทุมธานี1		0/0	84.6	1464	1218	522	1151	1117	941	628
	1/24	เปลี่ยนน้ำ	←			Not detected	→			
	3/12		83.5	691	283	10	434	443	681	423
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	←			Not detected	→			
	3/24		←			Not detected	→			

หมายเหตุ 1.อายุการเก็บเกี่ยว (นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว) ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พันธุ์พิษณุโลก 2 อายุ การเก็บเกี่ยว 110 วัน พันธุ์ปทุมธานี 1 อายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน

2. Breakdown = Maximumviscosity – Start of cooling period , Setback = End of cooling period – Start of cooling period

ตารางที่ 4.11 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี กาบา สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และ เส้นใยอาหาร ของแป้งข้าว

พันธุ์ข้าว	(แช่น้ำ, วัน / เพาะงอก, ชม.)		ความชื้น % (1)	โปรตีน % (2)	เถ้า % (3)	ใยอาหาร % (4)	ไขมัน % (5)	คาร์โบไฮเดรต % 100-(1)-(2)-(3)-(4)-(5)	GABA(มก./ 100มก. เอมบริโอ นน.เปียก)	สารประกอบฟีนอลิก(มก./กรัม แป้งเทียบเป็น นน.แห้ง)	น้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส/กรัม แป้งเทียบเป็น นน.แห้ง)	เส้นใยอาหาร (TDF) (%)
พิษณุโลก 2	0/0		10.84±0.06^{a}	7.12±0.11^{a}	3.01±0.16^{b}	0.45±0.07^{b}	2.03±0.20^{b}	89.87± 0.2^{d}	-	5.02 ± 0.28^{d}	3.01 ± 0.21^{a}	6.03 ± 0. 17^{c}
	1/24	เปลี่ยนน้ำ	8.66±0.09^{d}	2.41±0.07^{b}	3.96±0.39^{a}	1.11±0.02^{a}	2.92±0.01^{a}	93.63±0.45^{a}	600±0.01^{ab}	8.70 ± 0.18^{c}	2.80 ± 0.06^{b}	9.07± 0.71 ^{a}
	3/24		9.26±0.08^{bc}	2.20±0.01^{b}	2.93±0.10^{bc}	0.68±0.04^{c}	1.30±0.03^{c}	94.87±0.18^{b}	470±0.03^{c}	11.91 ± 0.40^{a}	1.41 ± 0.15^{c}	7.59 ± 0.49^{b}
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	8.21±0.10^{e}	2.03±0.08^{c}	2.00±0.08^{d}	1.22±0.01^{a}	2.99±0.04^{a}	95.97±0.10^{a}	580±0.01^{b}	9.51 ± 0.54^{b}	2.80 ± 0.55^{b}	8.81 ± 0.16^{a}
	3/24		10.69±0.22^{a}	2.03±0.13^{c}	2.61±0.10^{c}	0.60±0.07^{c}	1.46±0.05^{a}	95.36±0.24^{a}	470±0.03^{c}	8.83 ± 0.34^{c}	1.53 ± 0.06^{c}	6.34 ± 0.40^{c}
ปทุมธานี 1	0/0		10.58±0.15^{a}	8.13±0.20^{a}	3.16±0.15^{ad}	0.52±0.10^{c}	2.12±0.04^{b}	88.71±0.38^{a}	-	4.25 ± 0.44^{b}	3.18 ± 0.08^{c}	5.39 ± 0.16^{b}
	1/24	เปลี่ยนน้ำ	8.46±0.23^{de}	1.38±0.16^{b}	3.98±0.20^{b}	1.18±0.02^{a}	2.96±0.06^{a}	82.02±0.01^{b}	355±0.01^{b}	8.74 ± 0.25^{a}	5.80 ± 0.05^{a}	8.31 ± 0.18^{a}
	3/12		9.51±0.13^{b}	1.38±002^{b}	3.29±0.13^{c}	0.60±0.02^{b}	2.32±0.06^{b}	82.90±0.02^{b}	640±0.02^{a}	5.63 ± 0.42^{b}	1.44 ± 0.14^{d}	7.98 ± 0.21^{a}
	1/24	ไม่เปลี่ยนน้ำ	9.04±0.15^{c}	1.49±0.02^{b}	5.23±0.27^{a}	1.25±0.10^{a}	2.91±0.28^{a}	80.08±0.01^{b}	350±0.01^{b}	9.40 ± 0.27^{a}	5.83 ± 0.20^{a}	8.82 ± 0.70^{a}
	3/24		10.94±0.22^{a}	1.30±0.02^{b}	2.88±0.09^{d}	0.81±0.30^{b}	2.32±0.06^{b}	81.75±0.13^{b}	245±0.13^{c}	7.98 ± 0.47^{a}	4.91 ± 0.06^{b}	6.50 ± 0.61^{b}

หมายเหตุ 1.อายุการเก็บเกี่ยว(นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว) ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พันธุ์พิษณุโลก 2 อายุ การเก็บเกี่ยว 110 วัน พันธุ์ปทุมธานี 1 อายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสมของข้าวเปลือก

การตรวจสอบค่า pH และ ลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นของข้าวเปลือก ซึ่งพบว่าระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกที่ระยะเวลานานมีผลต่อค่า pH โดยการตรวจสอบค่า pH ของน้ำที่แช่ข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าถ้าแช่ข้าวเปลือกเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นก็ทำให้ค่า pH ของน้ำที่แช่ข้าวเปลือกมีค่า pH ที่ ลดลง ในข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ทั้งสภาวะที่ทำการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่ทำการเปลี่ยนน้ำในการแช่ นอกจากนี้เมื่อตรวจคุณลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าข้าวเปลือกที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง จะเริ่มมีกลิ่นเหม็นในวันที่ 3 ส่วนสภาวะที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำในการแช่ จะเริ่มมีกลิ่นเหม็นเน่าในวันที่ 3 และ จะมีกลิ่นเหม็นเน่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 5 และ 7

การตรวจวัดค่าปริมาณการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดข้าวเปลือก และร้อยละการงอกเพื่อนำหาสภาวะที่เหมาะสมระยะเวลาในการแช่ และเพาะงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ พิจารณาจากระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดและมีการงอกมากกว่า 80% และมีกลิ่นเหม็นเน่าน้อยที่สุด จึงได้เลือกดังนี้ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง แช่ที่ 1 วันเพาะที่ 24 ชั่วโมง และ แช่ที่ 3 วัน เพาะ 24 ชั่วโมง และส่วนที่ไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่เลือก แช่ที่ 1 วันเพาะที่ 24 ชั่วโมง และแช่ที่ 3 วัน เพาะ 24 ชั่วโมง

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุก 24 ชั่วโมง แช่ที่ 1 วันเพาะที่ 24 ชั่วโมง และแช่ที่ 3 วัน เพาะ 12 ชั่วโมง และไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่เลือก แช่ที่ 1 วันเพาะที่ 24 ชั่วโมง และแช่ที่ 3 วัน เพาะ 24 ชั่วโมง มาผลิตเป็นแป้งข้าวงอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอก

ในการศึกษาโดยการถ่ายภาพด้วย SEM (Scanning Electron Microscope) ของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 และปทุมธานี1 มาตัดตามขวาง พบว่าเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน ช่องว่างระว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกเกิดการงอกมีการผลิตเอนไซม์ และย่อยสลายสารอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นแป้งในเอนโดสเปิร์มของเอนไซม์ α-amylase เพื่อย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ส่วนที่เป็น เอนโดสเปิร์มมีขนาดลดลง เมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ถ่ายภาพตัดตามยาว พบว่าเมื่อข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำขนาดของเอมบริโอจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับเอมบริโอของข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก แสดงว่าเกิดกิจกรรมในเมล็ดข้าวเปลือกก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเอมบริโอ จึงทำให้เอมบริโอมีขนาดใหญ่ขึ้น

จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวงอกโดยนำข้าวเปลือกงอกตามสภาวะที่เลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ มาทำแป้งข้าวงอกและตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) และความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (FTS) ของแป้งข้าวงอก พบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำ และ ความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก 2 และพันธุ์ปทุมธานี1 มีค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และไม่ทำการเปลี่ยนน้ำในการแช่ ในทั้ง 2 สายพันธุ์ ส่วนการตรวจสอบความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย พบว่าในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งเห็นได้จากปริมาณน้ำที่แยกออกจากแป้งมีปริมาณมากกว่าส่วนแป้งข้าว และเมื่อยิ่งระยะเวลาในการแช่ และเพาะงอกนานขึ้น และ การตรวจสอบกลิ่นของแป้งพบว่าการเปลี่ยนน้ำที่แช่ข้าวเปลือกจะช่วยให้แป้งข้าวมีกลิ่นเหม็นน้อยกว่า สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ข้าวเปลือกเลยในทั้ง 2 สายพันธุ์

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ ของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพส ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นพบว่าแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะเริ่มเกิดเจลได้เร็วกว่าแป้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อเราให้ความร้อนกับน้ำแป้งโครงสร้างของเม็ดแป้งในข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ถูกทำลายได้ง่ายกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ผ่านการแช่และเพาะงอกจะมีความหนืดสูงสุดต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 เนื่องจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีกิจกรรมการงอกสูงกว่าจึงทำให้แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้มากทำให้ความหนืดต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ส่วนค่า breakdown ของทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่มีค่าน้อยลง แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 95°ซ และคงอุณหภูมิไว้ที่ 95°ซ เป็นเวลา 15 นาที โครงสร้างของโมเลกุลแป้งถูกตัดให้มีขนาดเล็กลงจนไม่สามารถทำให้เกิดความหนืดหรือมีความหนืดเล็กน้อย สำหรับค่า set back ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีค่าต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งแล้วลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิลงเหลือ 50°ซ แล้วคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 10 นาที น้ำแป้งจะเกิดการรีโทรเกรเดชัน โดยเม็ดแป้งจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ และเกิดเจลอีกครั้ง โดยพบว่าแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เกิดรีโทรเกรเดชันได้น้อยกว่าแป้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 จะเห็นได้ว่าเมื่อแช่และเพาะข้าวในระยะเวลานานขึ้นความหนืดของแป้งจะลดลง เนื่องจากเมื่อมีการแช่และเพาะข้าวทำให้เกิดการงอกเมื่อเกิดการงอกจะเกิดเมทาบอลิซึมภายในเมล็ดสูงทำให้ความแข็งแรงของเม็ดแป้งลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งถูกตัดให้มีโมเลกุลเล็กลง

5.3 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของกาบา และสารประกอบฟีนอลิกและน้ำตาลรีดิวซ์ของ แป้งข้าวงอก

การศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวงอกในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์โดยพบว่าแป้งข้าวงอกทั้ง2 สายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก และพบว่าปริมาณไขมันจะเพิ่มขึ้นในสภาวะแช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมงที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ และจะค่อยๆลดลงเมื่อผ่านการแช่และเพาะงอกระยะเวลานานขึ้นในทั้ง 2 สายพันธุ์ ส่วนปริมาณเถ้า พบว่าที่สภาวะ แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ และจะลดลงในสภาวะแช่ 3 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง ปริมาณใยอาหารในแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ในสภาวะที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่และเพาะงอกนานขึ้นเมื่อเทียบกับเทียบกับแป้งข้าวจาก ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอก

ส่วนปริมาณกาบาพบว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะแช่ 1 วันเพาะงอก 24 ชั่วโมง ที่เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงและไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ ให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด (600 และ 580 มล./100 กรัม) ส่วนข้าวปทุมธานี1 สภาวะแช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมงให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด (640 มล./100 กรัม) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกในทั้ง 2 สายพันธุ์ สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่และเพาะงอกและการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และเยื่อใยอาหาร จะเห็นว่า แป้งข้าวงอกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และเยื่อใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำและการเพาะงอกนานขึ้นในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ผลผลิตข้าวเปลือกงอกต้องใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำเป็นระยะเวลานานจึงมีโอกาสให้เชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวเปลือกได้สูง จึงควรที่จะศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่และเพาะงอกที่ระยะเวลาต่างๆเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์เมื่อนำแป้งข้าวงอกที่ผ่านการแช่และเพาะงอกเป็นระยะเวลานานไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. ผลผลิตข้าวเปลือกที่ได้จากการกระบวนการเพาะงอกเป็นระยะเวลานานข้าวเปลือกที่ได้จะมีกลิ่นเหม็น ควรกะเทาะเปลือกเป็นข้าวกล้องนำไปทดสอบคุณภาพด้านการหุง ซึ่งข้าวกล้องหุงสุกจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เส้นใยอาหาร และกาบา และวิตามินต่างๆเป็นต้น

3. กลิ่นของข้าวเปลือก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และเยื่อใยอาหาร ควรนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดร่วมกับอัตราการงอกของข้าวเปลือกได้ เพื่อจะได้เป็นตัวกำหนดการนำไปใช้ประโยชน์ของข้าวเปลือกงอกในระยะต่างให้เกิดประโยชน์

4. ผลผลิต แป้งข้าวงอกที่ผลิตได้จากการทดลองนี้จากการที่ตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านกายภาพพบว่าแป้งข้าวงอกข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเส้น เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เป็นต้น แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickening Agent) และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แช่แข็ง

5. ข้าวเปลือกงอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ของข้าวเปลือกควรแช่น้ำไม่เกิน 3 วัน ส่วนข้าวเปลือกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 5-7 วัน สามารถนำข้าวเปลือกเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นได้เช่น การผลิตเอทานอลจากข้าวเปลือกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลานานหรืออาจนำมาบดเป็นแป้งเพื่อเป็นส่วนผสมของลูกแป้ง (EM ball) ที่ใช้บำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง.พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงอุตสาหกรรมสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม.2521 มาตรฐานอุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า.เอกสาร มอก.ที่ 63-2529.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

ข่าวสด. 2550. พิจิตรโอดน้ำท่วมนานับพันไร่.หนังสือพิมพ์ ข่าวสด ฉบับวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2550.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด,น. 1-53. *ใน* เอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

จุฬารัตน์ ไชยนันท์.2552. ผลของไคโตซานต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์หลวงสันป่าตอง . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ธิราพร ผุยหนองโพธิ์, คุณากร พรรณะ และ ฐาปณี ยงสืบโชค. 2548. ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวงอก. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

พิษณุ แก้วตะพาน และ เจตน์สุดา สุขม่อย. 2549. ผลของระยะเวลาในการแช่น้ำและการเก็บรักษาแบบสุญญากาศต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก สุพรรณบุรี 1. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพมหานคร.

รสพร เจียมจริยธรรม. 2551. การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรบางชนิด. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์, จารุรัตน์ สันเต และ รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. 2550. ศึกษาสภาวะของการงอกที่มีปริมาณ GABA ของข้าวฮางและข้าวกล้องงอก. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเทคโนโลยี,มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2552. การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบาจากข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยด. งานวิจัย. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์ข่าวภาคกลาง. 2550. น้ำท่วมนาข้าวสามชุก-คอนเจคีย์สุพรรณบุรีทุกข์ชาวนา. ศูนย์ข่าวภาคกลาง จ. สุพรรณบุรี [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://www.news4thai.com/blog. วันที่ 26 เมษายน 2553.

วุฒิชัย นาครักษา, สุชาดา ไม้สนธ์, กรนวรรณ จิตต์พงษ์, จิราพร จุ้ยใจเหิม และ นัสริน สะตา. 2554. การเพิ่มมูลค่าข้าวเปลือกที่จมน้ำในแปลงนาของเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2551. กรมการค้าข้าว.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://th.wikipedia.org/wiki. วันที่ 26 เมษายน 2553.

ไสว พงษ์เก่า. 2552. พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ภาควิชาเทคโนโลยีพืชไร่ , คณะเกษตรศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2547. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

Allbrition, J. 2003.The vitamin cottage health hotline. March (2003). อ้างโดย ธิราพร ผุยหนองโพธิ์ คุณากช พรรณะ และฐาปณี จงสืบโชค.2548. ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวงอก. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพรจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพมหานคร .31 หน้า

American Public Health Association, (APHA). 1995. Standard method of the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington, DC.

Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arligton, Virginia.

Ayenor,G.S. and Ocloo,F.C.K.2007.Physico-chemical changes and diastatic activity associated with Germinating paddy rice(PSB.Rc 34). African Journal of Food Science.11:37-41.

Banchuen, J. and other. 2009. Optimization of germination condition and bio-active compound of germinated brown rice. submit at Songklanakarin Journal of Science and Technology.

Choi, I., Kim, D., Son, J., Yang, C., Chun, J. and Kim, K. 2006. Physical-chemical properties of giant embroyo brown rice (Keunnunbyeo). Agric. Chem. Biotechnol 49 (3): 95-100.

Chung, H-J., Jang, S-H., Cho, H., Yon, L. and Taik, S. 2009. Effect of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ-Gamma-aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. Food Science and Technology. 10: 10-16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 2001. Seed Germination In: Principles of Seed Science and Technology. pp. 72-123. 4th ed., Boston.

Datta, S.K. de. 1981. Principles and practices rice production. John Wiley and Son, Inc. New York, USA.

Hayakawa, K., Kimura, M. and Kamata. K. 2002. Mechanism underlying gamma- aminobutyric acid induced antihypertensive effect in spontaneously hypertensive rats. Eur. J. Pharm. 438: 107-113.

Horino, T., Mori, Y., Saikusa, T. 1994. Distribution of Free Amino Acids in the Rice Kernal and Kernel Fraction and the Effect of Water Soaking on the Distribution. J Agric Food Chem . 42 : 1122-1125.

Ito, Y., Mizukuchi, A., Kise, M., Aoto, H., Yamamoto, S., Yoshihara R. and Yokoyama, J. 2005. Postprandial blood glucose and insulin responses to pre-germinated brown rice in healthy subjects. J. Med. Invest. 52 : 159-164.

Jakobs, C., Jaeken, J. and Gibson, K.M. 1993. Inherit disorders of GABA metabolism. J. Inherit. Metab. Dis 16: 704-715.

Jitpong, K. and Narkrugsa, W.2011. Soaking and germinating effects on some physicochemical properties and GABA content of germinated Thai color rice flour. In. Proceeding of the 12th ASEAN Food Conference 2011.Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC), Bangkok, Thailand.

Juliano, B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No.26. The International Rice Reseach Institute (IRRI), Laguna, and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Juyjaihoem, J. and Narkrugsa, W.2011. Effect of soaking on germination characteristics of paddy rice, chemical composition and GABA content in germinated paddy rice. In. Proceeding of the 12th ASEAN Food Conference 2011.Bangkok International Trade & Exhibition Centre (BITEC), Bangkok, Thailand.

Kayahara, H. and Tsukahara, K. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice. presented at 2000 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, December 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. J. Food Eng. 78: 556-560.

Lestienne, I., Verniere, C.I., Mouquet, C., Picq, C. and Treche, S. 2005. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. Food Chemistry. 89: 421–425.

Liang, J., Han, B.Z., Robert Nout, M.J. and Hamer, R.J. 2009. Effects of soaking, germination and fermentation on phytic acid, total and in vitro soluble zinc in brown rice. Food Chemistry. 110: 821–828.

Ling, W.H., Cheng, Q.X., Ma, J. and Wang, T. 2001. Red and black rice decrease arteriosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. Journal of American Society for Nutritional Sciences. 131: 1421-1426.

Liu, H. J., Chang, B. Y., Yan, H. W., Yu, F. H. and Liu, X. X. 1995. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and reversed-phase liquid chromatographic separation. J. AOAC Int. 78(3): 736-744.

Manna, KM., Naing, KM., Pe, H. 1995. Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans . Food Nutr Bulletin. 16: 1-4.

Mariotti,M., Alamprese,C., Pagani, M.A. and Lusiano,M.2006.Effect of puffing on ultrastructure and physical characteristics of cereal grains and flours. J. Cereal Chem.43:47-56.

Misont,S. and Narkrugsa,W.2010.The effect of germination on GABA content, chemical composition, total phenolics content and antioxidant capacity. Kasetsart J.(Nat.Sci.) 44:912-923.

Miura, D., Ito, Y., Mizukuchi, A., Kise, M., Aoto, H. and K.Yagasaki. 2006. Hypocholesterolemic action of pre-germinated brown rice in hepatoma-bearing rats. J. Life Sci. 76: 259-264.

Narkrugsa, W. 1996. Change in some physiochemical propeties of tapioca and glutinous rice starches after microwave heating. Kasertsart Journal (Nat.Sci.). 30: 532-538.

Neilson, S.S. 1998. *Food Analysis*. 2nd edition. Aspen Publishers.Inc. Gaithersbrug, Maryland.

Oh, S.H., Soh, J.R. and Cha, Y.S. 2003. Germinated brown rice extract shows a nutracutical effect in the recovery of chronic alchol-related symptoms. J. Med. Food. 6: 115-121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, K. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. J. Food Comp. Anal. 18: 303-316.

Patida, R., Srijaranaiand,S. and Srijesdaruk,V. 2007. Extraction and analysis of free amino acid in germinated brown rice by reverse phase-high performance liquid chromatograph. International chemistry conference (SICC 5) and Asia-Pacific International Symposium on Microscals and Analysis (APCE 2007) December 16th-19th,Suntec Singapore Convention &Exhibition Centre, Singapore.

Puangwerakul,Y.2007.Malt characteristic of 40 rice varieties cultivated in Thailand. Kasetsart J. (Nat.Sci.) 41:15-20.

Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. 1994. Accumulation of γ- aminobutyric acid (GABA) in the rice

germ during water soaking. J. Biosci. Biotech. Biochem. 58(12): 2291-2292.

Saman, P., Va´zquez, J.A., Severino S. And Pandiella A. 2008.. Controlled germination to enhance the functional properties of rice. Process Biochemistry. 43: 1377–1382.

Seiki, T., Nagase, R., Torimitsu, M., Yanagi, M., Ito, Y., Kise, M., Mizukuchi, A., Fujimura, N., Hayamizu, K. and Ariga, T. 2005. Insoluble fiber is a major constituent responsible for lowering the post-prandial blood glucose concentration in the pre-germinated brown rice. Biol

Pharm Bull. 28: 1539-1541.

Shoichi, I. and Ishikawa, Y. 2004. Marketing of value-added rice products in Japan: germinated brown rice and rice bread. *In* : FAO International Rice Year, 2004 symposium. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy. pp 1-10.

Singleton, V.L. and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299: 152-178.

Van Toai, T., Fausey, N. and Mcdonald, M. B. 1988. Oxygen requirements for germination and growth of flood- susceptible and flood-tolerant corn lines. J. Crop Sci. 28: 79-83.

Vicam, L.P. 1999. Aflatest Instruction Manual. Vicam Science and Technology, Watertown, M.A.02472 U.S.A. : 73-74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Watchraparpaiboon, W., Laohakunjit, Kerdchoechuen, O. and Photchanachai, S. 2007. Effects of pH, Temperature and soaking time on qualities of germinated brown rice. J. Agric. Sci (Suppl.). 39(6): 169-172.

Webb, B.D. 1991. Rice quality and grades. *In* B.S.Luh,ed.Rioce:Utilization.Volume.ll.2nd ed.AVn Nostrand Reinhold,New York. pp.89- 119.

Xu, B. and Chang, S.K. 2008. Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. J Food Chemistry. 110: 1–13.

Xu, J., Zhang, H., Guo, X., and Qian, H. 2011. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. J. Sci Food Agric. 92: 380-387.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

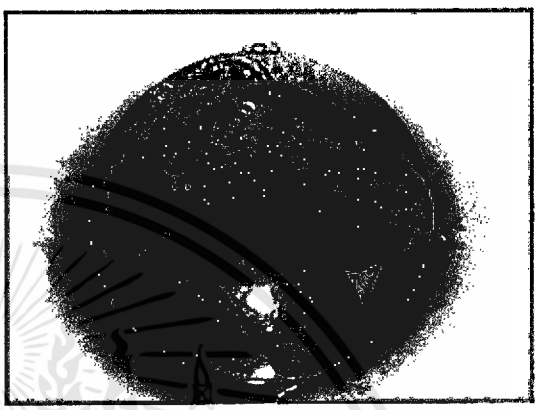
ภาคผนวก ก

กระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

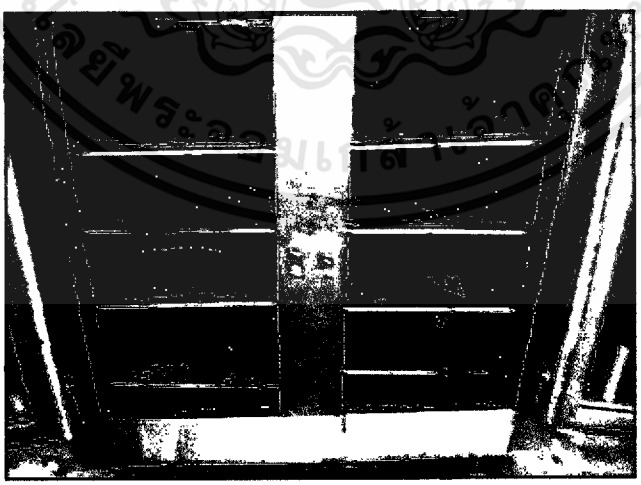
ก.1 ขั้นตอนการแช่ข้าวและการเพาะงอกของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1

1.1 ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกที่มีอายุพร้อมเก็บเกี่ยวใส่กระสอบปานจำนวน 10 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) แช่ใส่น้ำสะอาด 30 ลิตร อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:3 เป็นระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน



รูปผนวกที่ ก.1 ขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือก

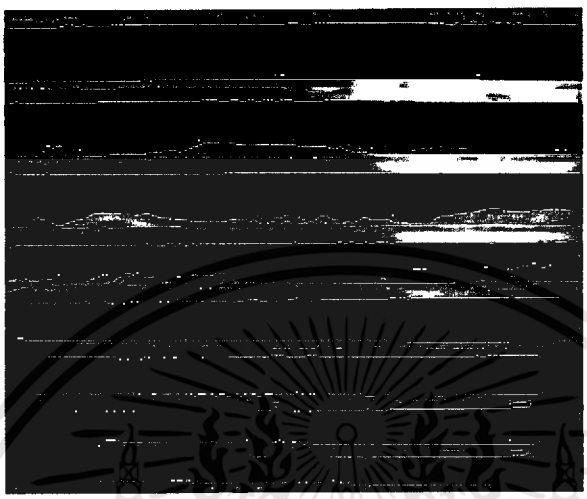
1.2 ยกกระสอบข้าวออกจากถังน้ำ ตั้งพักจนสะเด็ดน้ำ นำข้าวเปลือกเพาะงอกที่ระยะเวลา 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 34-35°ซ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90%



รูปผนวกที่ ก.2 ขั้นตอนการเพาะงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นำข้าวเปลือกที่ได้ไปลดความชื้นด้วยตู้อบแบบถาด (Tray dryer Path OV663, Thailand) ที่อุณหภูมิ 50 ºซ เป็นเวลานาน 10-15 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ระหว่าง 14-15 %



รูปผนวกที่ ก.3 ขั้นตอนการอบแห้งแบบถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกที่แช่น้ำและร้อยละการงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 การวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกที่แช่น้ำ

1.วิธีการวิเคราะห์

1.1 นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130±3°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desssicator) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.2 ชั่งตัวอย่างข้าวเปลือกงอกประมาณ 2 กรัม ด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง ใส่ใน Aluminium can

1.3 นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130±3 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.4 ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.5 ชั่งน้ำหนัก

1.6 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ข.2 การหาร้อยการงอกของข้าวเปลือก

2.1 สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกมา 2 กรัม (น้ำหนักเปียก)

2.2 นับจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกที่งอกทั้งหมด

2.3 คำนวณหาอัตราการงอกของข้าวเปลือกในรูปร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

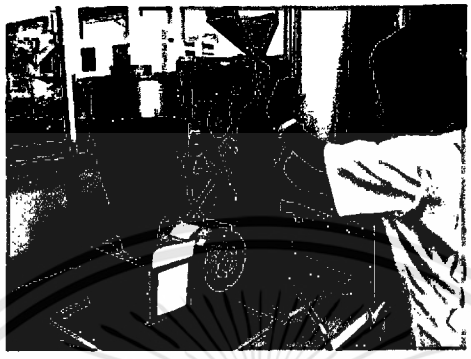
ภาคผนวก ค

กระบวนการผลิตแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1ที่แช่และเพาะงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

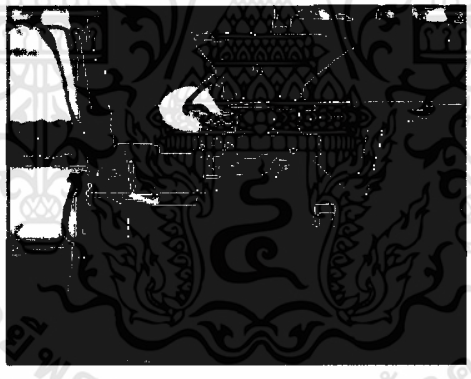
ค.1.ขั้นตอนผลิตแป้งข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ปทุมธานี1ที่แช่น้ำและเพาะงอก

1.1 นำข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งความชื้น 14-15% กะเทาะเอาเปลือก ด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก



รูปผนวกที่ ค.1 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกงอก

1.2 นำข้าวกล้องงอกที่ได้มาบดผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช



รูปผนวกที่ ค.2 ขั้นตอนการบดเป็นแป้งข้าวงอก

1.3 บรรจุใส่ถุงพลาสติก PE ที่ปิดสนิท

รูปผนวกที่ ค.3 แป้งข้าวงอกในถุง PE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างแป้งข้าวงอกกับน้ำ เมื่อได้รับความร้อนโดยใช้เครื่อง Brabender Viscograph-E

1. การตรวจสอบ

การชั่งแป้งผสมกับน้ำให้มีอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ใส่ในภาชนะบรรจุ (Measuring Vessel) ที่สะอาดของเครื่อง Brabender Viscograph - E สอด Measuring probe ลงใน Measuring Vessel แล้วนำ Probe นี้เข้าติดกับแกน (Shaft) ของเครื่อง ในระหว่างการศึกษาภาชนะบรรจุจะหมุนตลอดเวลา (75รอบ/นาที) เพื่อทำให้เกิดแรงกวนต่อของผสมระหว่างแป้งกับน้ำ และเครื่องจะเพิ่มอุณหภูมิให้กับของผสมนี้ในอัตรา 1.5°ซ/นาที จนกระทั่งถึง 95°ซ จะปล่อยให้ของผสมนี้ได้รับความร้อนคงที่ที่ 95°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับเครื่องให้ลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5°ซ/นาที แล้วเปิดท่อน้ำเย็นให้น้ำเย็นไหลวนในCooling element ที่จุ่มลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ของผสมมีอุณหภูมิลดลง 50°ซ และปล่อยให้ของผสมได้รับความร้อนที่ 50°ซ เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงปิดเครื่อง

ง.2 การตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่แข็ง-การละลาย (Freeze-Thaw Stability Test) (Nakrugsa,1996)

1. การตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่าง 15 กรัมผสมกับน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักสุดท้ายเป็น 300 กรัมในถ้วยStainless Steel ที่ อุณหภูมิ 95°ซ ด้วย Rotor mixer ที่อัตราเร็ว 75 rpm เป็นเวลา 30 นาที

1.2 นำของผสมเทลงในถ้วยพลาสติก แช่แข็งที่อุณหภูมิ -10°ซ ใน Deep Freezer เป็นเวลา 7วัน

1.3 นำของผสมมาละลายน้ำแข็งออกในอ่างน้ำ (water bath) ที่อุณหภูมิ 30°ซ นาน 4 ชั่วโมง

1.4 นำของผสม100 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเพื่อนำมาหมุนเหวี่ยงที่ 8000 rpm นาน 30 นาที

1.5 รายงานผลเป็นปริมาณน้ำที่แยกออกมา (%) โดยปริมาตรน้ำที่แยกออกมาจากของผสมมากจะ หมายถึงความคงทนต่อการแช่แข็ง-การละลายไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.3 การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index, WAI) และความสามารถในการละลาย(Water solubility Index, WSI) (Narkrugsa,1996)

1. การวิเคราะห์

1.1 ตัวอย่างแป้งประมาณ 2.5 กรัม (นน.แห้ง, W_0) ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ในขวด

1.2 เขย่าในWater bath ที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 30นาที

1.3 นำของผสมมาชั่งน้ำหนัก (W_1,g) แล้วหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8000rpm เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนัก ส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (W_2) หลังจากเทส่วนที่เป็นของเหลวแยกออกไปนำค่าที่ได้ไปคำนวณ WAI

1.4 ส่วนที่เป็นของเหลวทั้งหมดที่ได้จากการเทแยกออกมาจากข้อ1.3 นำใส่ลงใน aluminum can ที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบที่อุณหภูมิ 130°ซ. เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง หรือจนแห้ง หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can (W_3) นำค่าที่ได้ไปคำนวณ WSI

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{Water Absorption Index (WAI, \%)} = [(W_1 - W_2) / W_0] \times 100$$

$$\text{Water Solubility Index (WSI, \%)} = [W_3 / W_0] \times 100$$

W_0=น้ำหนักของแป้งเริ่มต้น

W_1= น้ำหนักของของผสม

W_2=น้ำหนักของของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง

W_3=น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can

ง.4 วิธีการตรวจสอบกลิ่นของแป้งข้าวงอก

1.วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่างแป้ง 20 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร

1.2 ตั้งไฟจนเดือดเป็นเวลา 5 นาที

1.3 ยกลงจากเตา แล้วตรวจสอบกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี น้ำตาลรีดิวซ์ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารGABA เส้นใยอาหารทั้งหมด วิธีการตรวจสอบกลิ่นของแป้งข้าวงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC.1995)

1.วิธีการวิเคราะห์

1.1 นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130±2 °ซ. จนน้ำหนักคงที่

1.2 ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Aluminium can

1.3 นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130±2 °ซ. เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

1.4 ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก

1.5 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

จ.2 การวิเคราะห์โปรตีน (Protein) (AOAC.1995) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ยี่ห้อ Buchi

1.สารเคมี

1.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

1.2 กรดบอริกความเข้มข้น 2 %

1.3 กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32 %

1.5 สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เตรียมโดยผสมซีลีเนียมไซด์ (SeO_2) 2.5 กรัม โปรแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 20 กรัม เข้าด้วยกัน

1.6 อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator) ผสม Bromocresol green 10 มิลลิลิตร กับ red 2 มิลลิลิตร

2. วิธีเคราะห์

2.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Digestion vessel

2.2 เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 7-10 กรัม เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 15-25 มิลลิลิตร และลูกแก้ว (boiling chip) 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน

2.3 นำหลอดย่อยโปรตีนประกอบกับเครื่องย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมดทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 นำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้วต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32 % ปริมาณ 50 มิลลิลิตร กลั่นโดยตั้งเวลาไว้ 4-5 นาที เก็บก๊าซแอมโมเนียมที่ได้ในสารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 2 % ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส

2.5 นำไปไตเตรตกับกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ คำณวนหาเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซนต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B)\times N\,HCl \times 14}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}\times 1000} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซนต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซนต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับ blank

จ.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC.1995)

1. สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ที่มีจุดเดือด 40-60°ซ

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

2.2 ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5-10 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในทิมเบิล (extraction thimble)

2.3 ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 140-180 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ไขมัน

2.4 ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง

2.5 เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 ° ซ.เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไขมัน (% , น้ำหนักเปียก) = น้ำหนักของบีกเกอร์หลังสกัด – น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด x 100
น้ำหนักตัวอย่าง

จ.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (Crude fiber) (AOAC 1995)

1. สารเคมี

1.1สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.25 % (v/v)

1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25 % (w/v)

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 นำตัวอย่างแป้ง 2 กรัม (Ws) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

2.2 เติมกรดซัลฟิริกความเข้มข้น 1.25 % 200 มิลลิลิตร

2.3 หยด Antifoam 1 หยดหรือใส่ glass beads 3 ชิ้น

2.4 วางบีกเกอร์บน Digestion apparatus แล้ววาง Condeser ทรงกลมปิด Cooling water ให้ไหลผ่าน ต้มให้เดือน 30 นาที

2.5 คนสารละลายในบีกเกอร์เพื่อไม่ให้มีของแข็งติดอยู่ข้างบีกเกอร์ นำมากรองด้วยชุดกรอง

2.6 ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำต้ม 50-75 มล.โดยผ่าน Bushner funnel ล้างซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำ 50 มล. เพื่อล้างกรดให้หมด แล้วเทกรอกใส่บีกเกอร์เดิม

2.7 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% 200 มล ต้มเดือด 30 นาที

2.8 คนสารละลายในบีกเกอร์เพื่อไม่ให้ของแข็งติดอยู่ข้างบีกเกอร์ นำมากรองล้างด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.25% ต้ม 25 มล. ล้างด้วยน้ำ 50 มล. หลังจากนั้นล้างด้วยแอลกอฮอล์ 25 มล.

2.9 นำกระดาษกรอง (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน)และกากใส่ใน Crucible

2.10 นำกากและ Crucible อบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2°ซ. เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (Wc)

2.11 นำไปเผา 30 นาทีใน เตาเผา (Muffel furnace) จนกระทั่งกากเป็นสีเทาที่อุณหภูมิ 600$\pm$15°ซ.

2.12 ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (Wd) นำค่าต่างๆที่ได้มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเส้นใย (% , นน.แห้ง) = $\frac{(Wc-Wb)-(Wd-Wa)\times 100}{Ws\ (\text{นน.แห้ง})}$

เมื่อ Wa = น้ำหนักcrucible

Wb = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ + crucible

Wc = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ + crucible

Wd = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

Ws = น้ำหนักตัวอย่าง

จ.5 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC.1995)

1. วิธีวิเคราะห์

1.1 นำตัวอย่างแป้งมา 3-5 กรัม ใส่ใน crucibleที่ทราบน้ำหนักแน่นอน บันทึกน้ำหนัก

1.2 เผาใส่ Furnace ที่ 550 °ซ ขนกว่าจะเป็นเถ้าสีขาวชั่งน้ำหนักที่แน่นอนหลังเผา

การคำนวณ

ปริมาณเถ้า(% , นน.แห้ง) = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเถ้าหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา(100-ความชื้น)}}$

จ.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (AOAC.1995)

ปริมาณคาร์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด(% , นน.แห้ง) = 100 – ความชื้น – โปรตีน(%, นน.แห้ง) – ไขมัน (%, นน.แห้ง) - เส้นใย(%, นน. แห้ง) - เถ้า(%, นน.แห้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.7 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดย DNS method (Neilson 1998)

1. สารเคมี

1.1 กรด 3, 5-ไดไนโตรซาลิไซลิก (3,5-dinitrosalicylic acid)

1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)

1.3 โพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรท (Potassium sodium tartrate)

1.4 กลูโคส (Glucose)

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 Dinitrosalicylic reagent (DNS reagent)

ละลาย 3, 5- dinitrosalicylic acid 1 กรัมใน 2 N NaOH 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรจากนั้นเติมโพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรทลงไป 30 กรัม คนให้ละลาย ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2.2 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 2 ชั่วโมง (MW = 180.2) โดยละลายกลูโคส 0.0901 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

2.3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1.ปิเปตสารละลายมาตรฐานกลูโคส (ความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มลลลตร) 0.2 0.4 0.6 0.8 และ1.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 มิลลิลิตร

2.เติม DNS reagents หลอดละ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

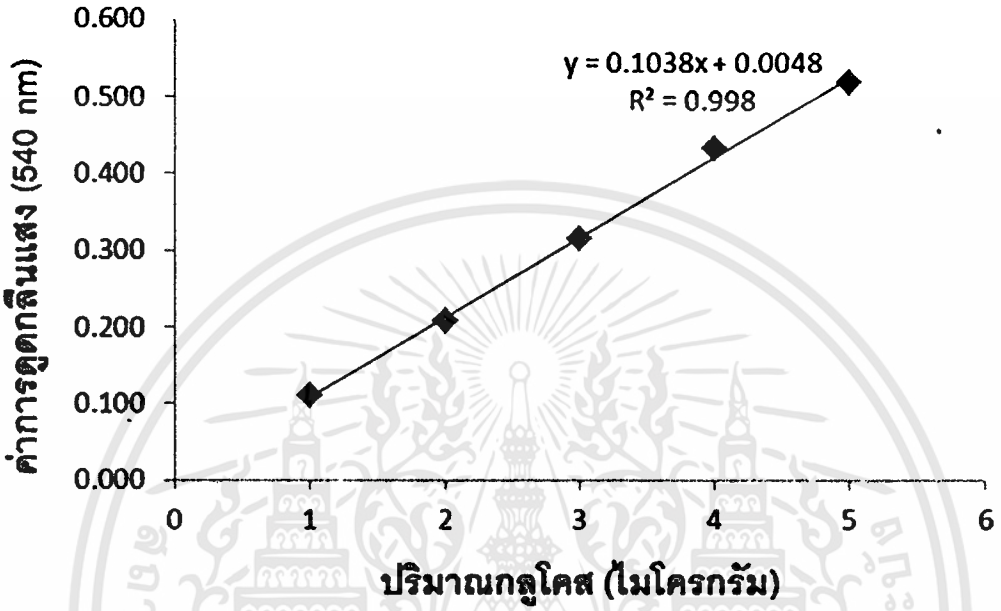
3.นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

4.เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5.นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.บันทึกผลการทดลองและนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคสในแต่ละความเข้มข้น จะได้กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส แสดงดังรูปที่ จ.1 รูปผนวก



รูปภาคผนวกที่ จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.การสกัดตัวอย่าง

3.1 ชั่งตัวอย่างข้าว 7.5กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร

3.2 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

3.3 เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3.4 นำมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์

4.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.8 มิลลิลิตรและเติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

4.2 นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4.4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร คำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่าง โดยใช้กราฟ มาตรฐาน

5.การคำนวณ

การคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานของปริมาณกลูโคส

$y = 0.1038x + 0.0048$ ($R^2 = 0.998$)

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

x = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ไมโครโมล/ 0.2 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.2 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เท่ากับ 0.006

แทนค่าในสูตรจะได้

$0.006 = 0.1038x + 0.0048$

$x = 0.011561$ ไมโครโมล / 0.2 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.011561 ไมโครโมล

สารสกัดตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $\frac{0.011561 \times 50}{0.2} = 2.89$ ไมโครโมล

โดยที่ตัวอย่างสารสกัด 50 มิลลิลิตรนั้น เตรียมจากแป้งข้าวเปลือกงอก 7.5 กรัม ดังนั้น

แป้งข้าวงอก 7.5 กรัม มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ = 2.89/7.5 = 0.385 ไมโครโมล/กรัม

1 กรัม-โมลของกลูโคสหนัก 180.2 กรัม

1 ไมโครกรัม-โมลของ กลูโคสหนัก 180.2 ไมโครกรัม

ดังนั้น 0.385 ไมโครกรัม-โมล $= 180.2 \times 0.385 = 69.44$ ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง

= 0.069441 มิลลิกรัมกลูโคส/กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.8 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด(Total phenolic compound)

(Singleton and Lamuela-Raventos, 1999)

1.สารเคมี

1.1 Folin-Ciocalteu

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10%

1.3 สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.4 เอทานอล 80%

2.การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0 0.05 0.15 0.20 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

2.3 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

2.4 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

2.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

2.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม จะได้กราฟมาตรฐาน แสดงดังรูปที่ จ.1

3. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างแป้งข้าวงอก

3.1 ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวงอก 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2 เติมเอทานอล 80% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3.3 เซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4° ซ เป็นเวลา 30 นาที

3.4 ดูดส่วนใสที่แยกออกมาใส่ขวดที่ปิดสนิท แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -4 ซ เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างแป้งข้าวงอก

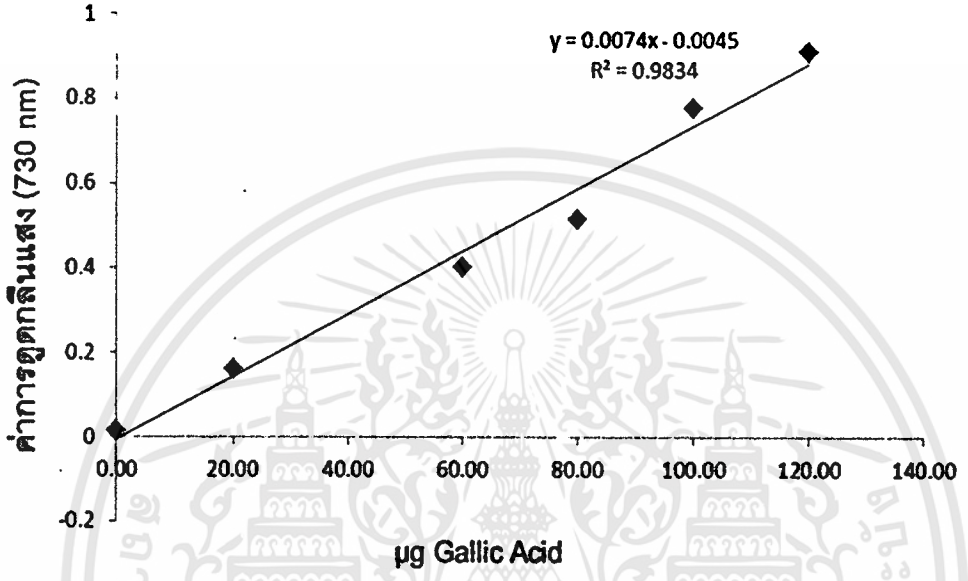
4.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.5 ม.ล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 10 ม.ล.

4.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 ม.ล.ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 ม.ล.ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank



ภาพผนวกที่ จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัมและค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

5.การคำนวณ

การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้สมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

$y = 0.0074x - 0.0045$ ($R^2 = 0.9834$)

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.267

แทนค่าในสูตรจะได้

$0.267 = 0.0074x - 0.0045$

$x = 36.69$ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด= 36.69 ไมโครกรัม/0.5 มิลลิลิตรของสารสกัด

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด=7337.83 ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตรของสารสกัด

ในสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวเปลือกงอก 100 มิลลิลิตร เตรียมได้จากการสกัดตัวอย่างแป้งข้าวเปลือกงอก 1 กรัม ดังนั้น

แป้งข้าวเปลือกงอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด= 7337.83 ไมโครกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

= 7.34 มิลลิกรัม / 1 กรัมตัวอย่าง

จ.9 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF) (AOAC Method 991.4, 1995)

1.เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 Dispenser

1.2 บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 400 และ 600 มิลลิลิตร

1.3 Fritted crucible – porosity #2 (รูพรุน 40-60 ไมโครเมตร)

1.4 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)

1.5 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

1.6 โถดูดความชื้น

1.7 เตาเผาสาร (Muffle furnace)

1.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

1.9 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance)

1.10 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

1.11 ฟลาสก์กรอง (Filter flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.12 ออโตปิเปต (Auto-pipett) ขนาด 50-200 ไมโครลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.สารเคมี

2.1 ชุดทดสอบเส้นใยอาหารสำเร็จรูป (Total dietary fiber assay kit) ของบริษัท Megazyme ประกอบด้วย

- α-Amylase, Heat stable
- Protease
- Amyloglucosidase

2.2 Celite

2.3 เอทธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 (v/v) และร้อยละ 78(v/v)

2.4 อะซิโตน (Acetone, Reagent grade)

2.5 MES/TRIS buffer ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์, pH 8.2 (MES : ethanesulfonic acid TRIS : tris(hydroxymethyl)aminomethane

2.6 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6 N

2.7 สารละลายกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 0.561 N

2.8 เอทธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% และ 78%

3. การเตรียมสารเคมี

3.1 MES/TRIS buffer 0.05 โมลาร์, pH 8.2 ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ชั่ง MES 19.52 กรัม และ tris 14.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.7 ลิตร ปรับ pH เป็น 8.2 ด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 N เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2 ลิตร

4. วิธีการวิเคราะห์

4.1 ชั่งตัวอย่าง 1.000±0.005 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติม MES/TRIS buffer (pH 8.2) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในแต่ละตัวอย่าง (ตัวอย่างละ 2 บีกเกอร์) เขย่าให้เข้ากัน

4.2 ใส่สารละลาย Heat stable α-amylase ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ปิดฝาบิกเกอร์ด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่ 95-100°ซเป็นเวลา 35 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นจนอุณหภูมิ 60 °ซ และล้างด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร รอบๆ บีกเกอร์ โดยใช้ปิเปต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ใส่สารละลาย protease ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้ว นำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า 60±1°ซ เป็นเวลา 30 นาที

4.4 ทำตัวอย่างให้เย็นลงและใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.561 N ปริมาตร 5 มิลลิลิตรตรวจสอบ pH ให้อยู่ในช่วง 4.1-4.8 ถ้าไม่ได้ให้ปรับ pH ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น5%หรือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น5%

4.5 ใส่สารละลาย amyloglucosidase 200 ไมโครลิตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า 60°ซเป็นเวลา 30 นาที

4.6ใส่เอทธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% อุณหภูมิ 60°ซปริมาตร 225 มิลลิลิตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วทิ้งไว้เพื่อทำให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที.

4.7 ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ Fritted crucible ที่มี Celite 0.1 มิลลิกรัม จากนั้นทำให้ Celite กระจายตัวใน Fritted crucible โดยใช้เอทานอล ความเข้มข้น 78% ปริมาตร 15 มิลลิลิตร

4.8 ประกอบ Fritted crucible กับชุดปั๊มสุญญากาศ จากนั้นเปิดปั๊มเพื่อดูด Celite ให้ติดกับ Fritted crucible

4.9 นำสารละลายในข้อ 4.6 มากรองผ่าน Fritted crucible ล้างส่วนที่เหลือโดยใช้แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 78% 95% และอะซิโตน ตามลำดับ โดยใช้ปริมาตร 15 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ครั้ง

4.10 นำ Fritted crucible มาอบที่อุณหภูมิ 105°ซในตู้อบลมร้อนข้ามคืน หรือ 130 °ซ นาน 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนัก (โดยลบน้ำหนักของ Celite ออกจาก Fritted crucible เพื่อหาน้ำหนักของกากหลังการย่อย

4.11 นำกากใน Fritted crucible ใบที่ 1 (ซ้ำที่ 1) มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (%) โดยวิธี Kjeldahl ใช้ Conversion factor เท่ากับ 6.25

4.12 นำกากใน Fritted crucible ใบที่ 2 (ซ้ำที่ 2) มาวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (%) โดยเผาที่อุณหภูมิ 525°ซ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิธีการคำนวณ

$$\text{เส้นใยอาหาร (\%)} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2} - p - A - B}{\frac{m_1+m_2}{2}} \times 100$$

R_1 = กากที่ได้จาก Fritted crucible ใบที่ 1

R_1 = กากที่ได้จาก Fritted crucible ใบที่ 2

m_1 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น ใน Fritted crucible ใบที่ 1

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น ใน Fritted crucible ใบที่ 2

p = น้ำหนักโปรตีนจาก Fritted crucible ใบที่ 1

A = น้ำหนักเถ้าจาก Fritted crucible ใบที่ 2

B = ตัวควบคุม (Blank)

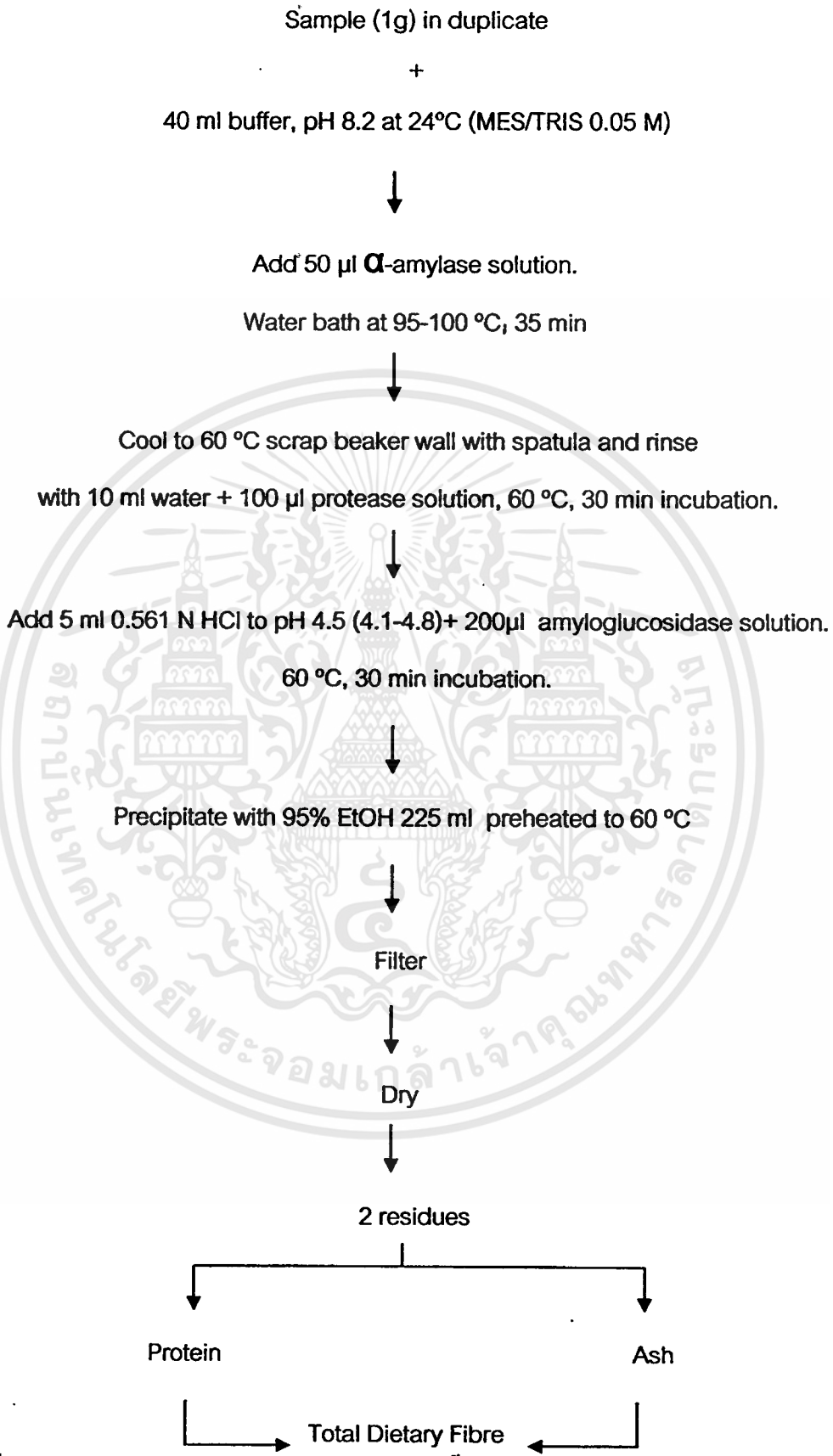
$$B = \frac{BR_1+BR_2}{2} - BP - BA$$

BR = กากของตัวควบคุม

BA = เถ้าของตัวควบคุม

BP = โปรตีนของตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ จ.3 แผนผังการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.10 การวิเคราะห์หาปริมาณ GABA (Liu et al., 1995)

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 เครื่อง HPLC, AccQ-Tag Column (3.9 I.D. x 150 mm, particle size 4 μm), a multi λ fluorescence detector (EX: 250 nm, EM: 395 nm).

1.2 Nylon filter ขนาด 0.22 ไมครอน

1.3 กระบอกฉีดยา ขนาด 10, 50 ไมโครลิตร

1.4 หลอดทดลองขนาด 16 × 150 มิลลิเมตร

1.5 LC vial

2. สารเคมี

2.1 Standard GABA

2.2 Mobile phase solution (AccQ-Tag Eluent A, acetronitrile and deionized water)

2.3 Acetonitrile

2.4 Methanol, etc.

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1 ตัดจมูกข้าว (เอมบริโอ) ของเมล็ดข้าว ประมาณ 500 มิลลิกรัม และนำมาบดให้ละเอียด

3.2 ชั่งตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองและเติม hydrochloric acid ที่ร้อน 6 N 5 มิลลิลิตร และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°ซ เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

3.3 ทำให้เย็น และเติมกรดอะมิโนมาตรฐาน เช่น Y -amino butyric acid (GABA) เป็น Internal standard ทำแห้งด้วยไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 50°ซ เจือจางตัวอย่างที่ย่อยด้วยน้ำ deionized และกรอง

3.3 ปีเปตตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ผสมกับ AccQ fluor derivatization buffer 70 ไมโครลิตร และเติม AccQ fluor reagent 20 ไมโครลิตร ให้ความร้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 55°ซ

4. วิธีการวิเคราะห์

4.1 ฉีดตัวอย่างที่สกัดปริมาณ 5 ไมโครลิตร โดยใช้ น้ำ DI, Acetronitile และ AccQ Tag Elient A เป็น mobile phase.

4.2 วิเคราะห์หาปริมาณ GABA โดยนำ Peak ของสารสกัด GABA เปรียบเทียบกับ retention time ของตัวอย่างมาตรฐาน

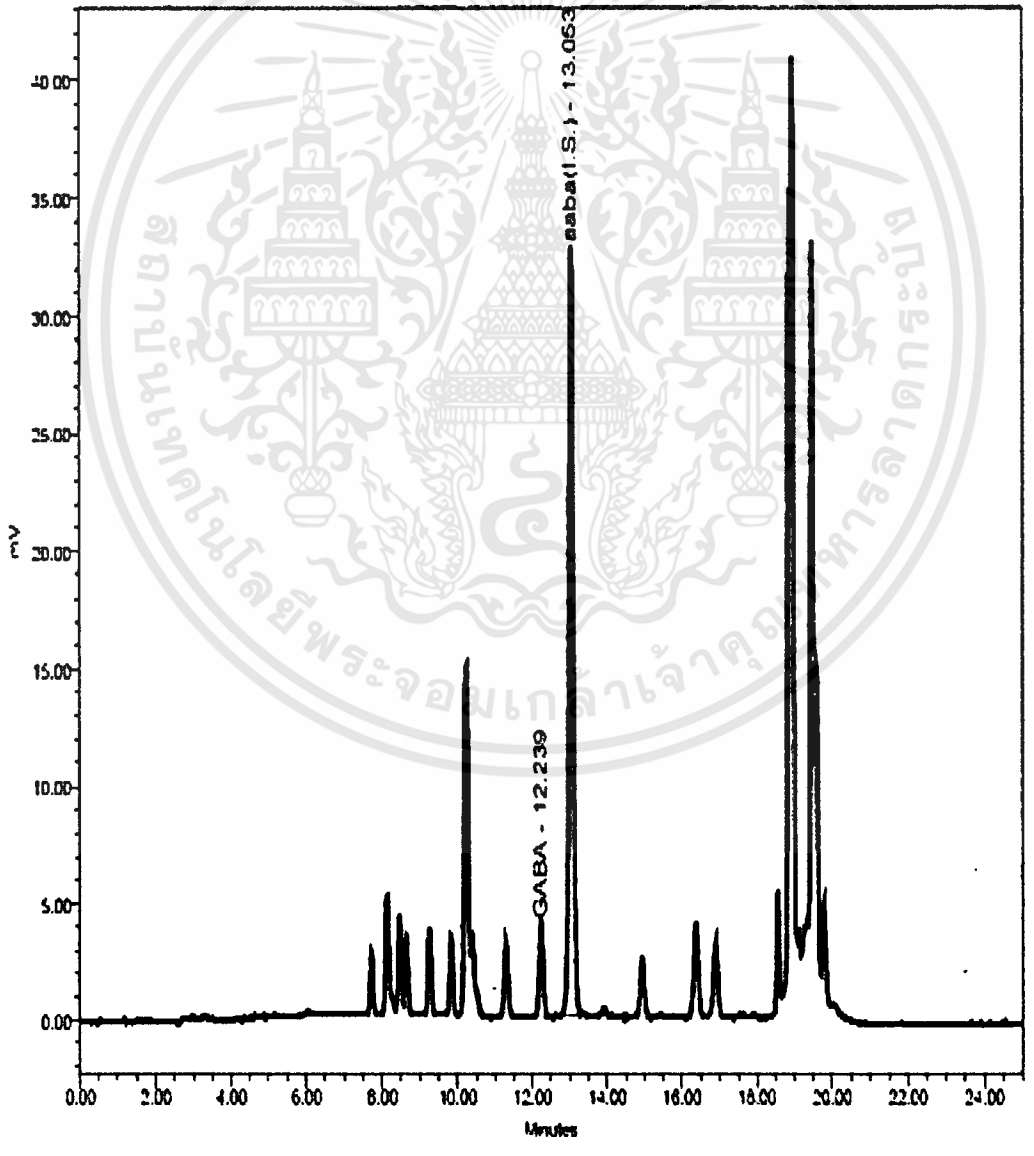
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Individual Sample Report

Reported by User System Project Name CIF010_2552

SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	H-STD+GABA 5 pmol	Acquired By	System
Sample Type:	Standard	Date Acquired:	20-5-2552 21:58:24
Vial:	7	Acq. Method Set:	GABA_fluro_25
Injection #:	1	Date Processed	21-5-2552 11:45:46
Injection Volume:	5.00 ul	Processing Method	GABA 25 min
Run Time	25.0 Minutes	Channel Name:	SATIN
Sample Set Name:	gaba 25 min	Proc. Chnl. Descr.:	



รูปผนวกที่ จ.4 กราฟ Chromatogram of standard GABA

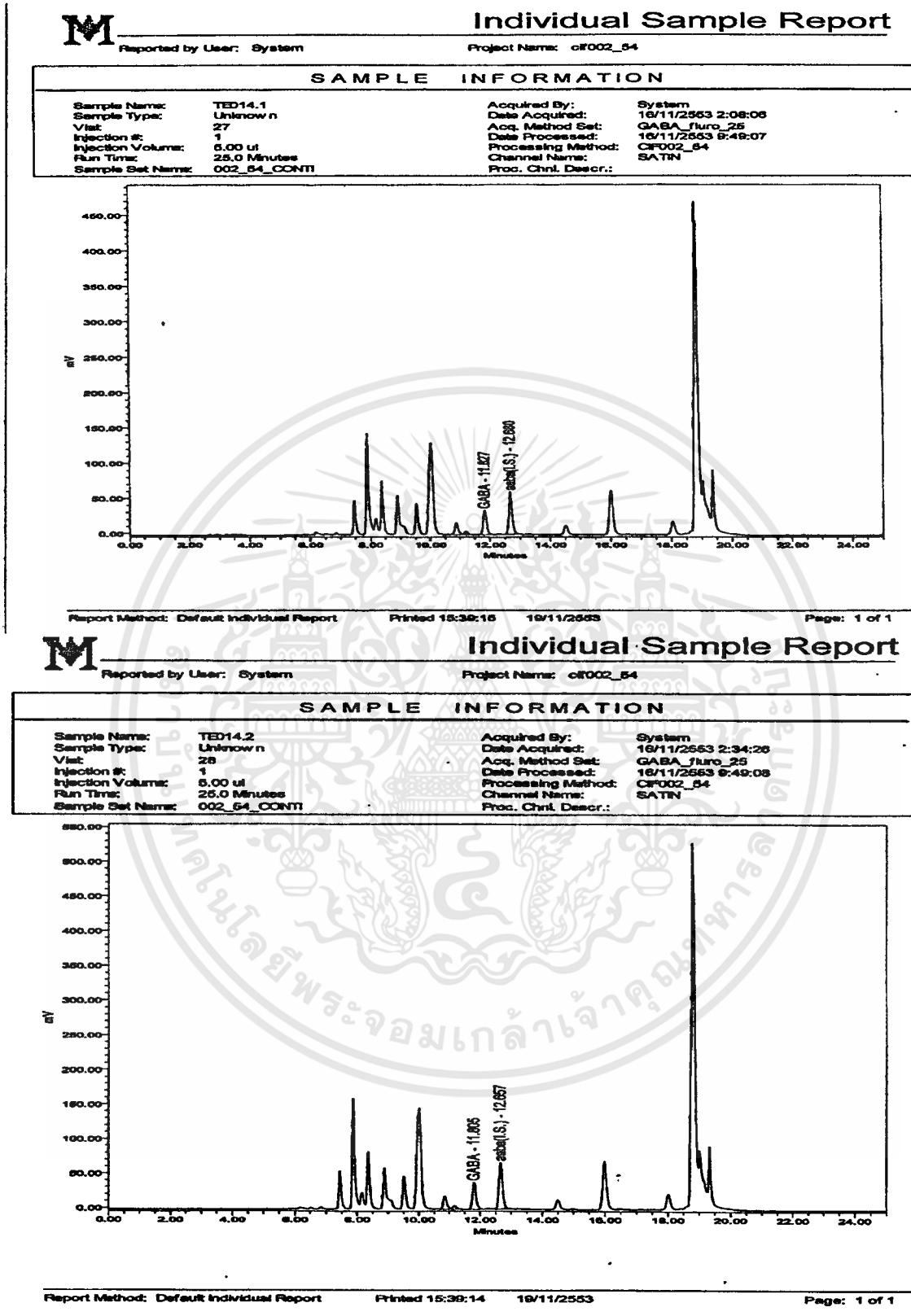
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก

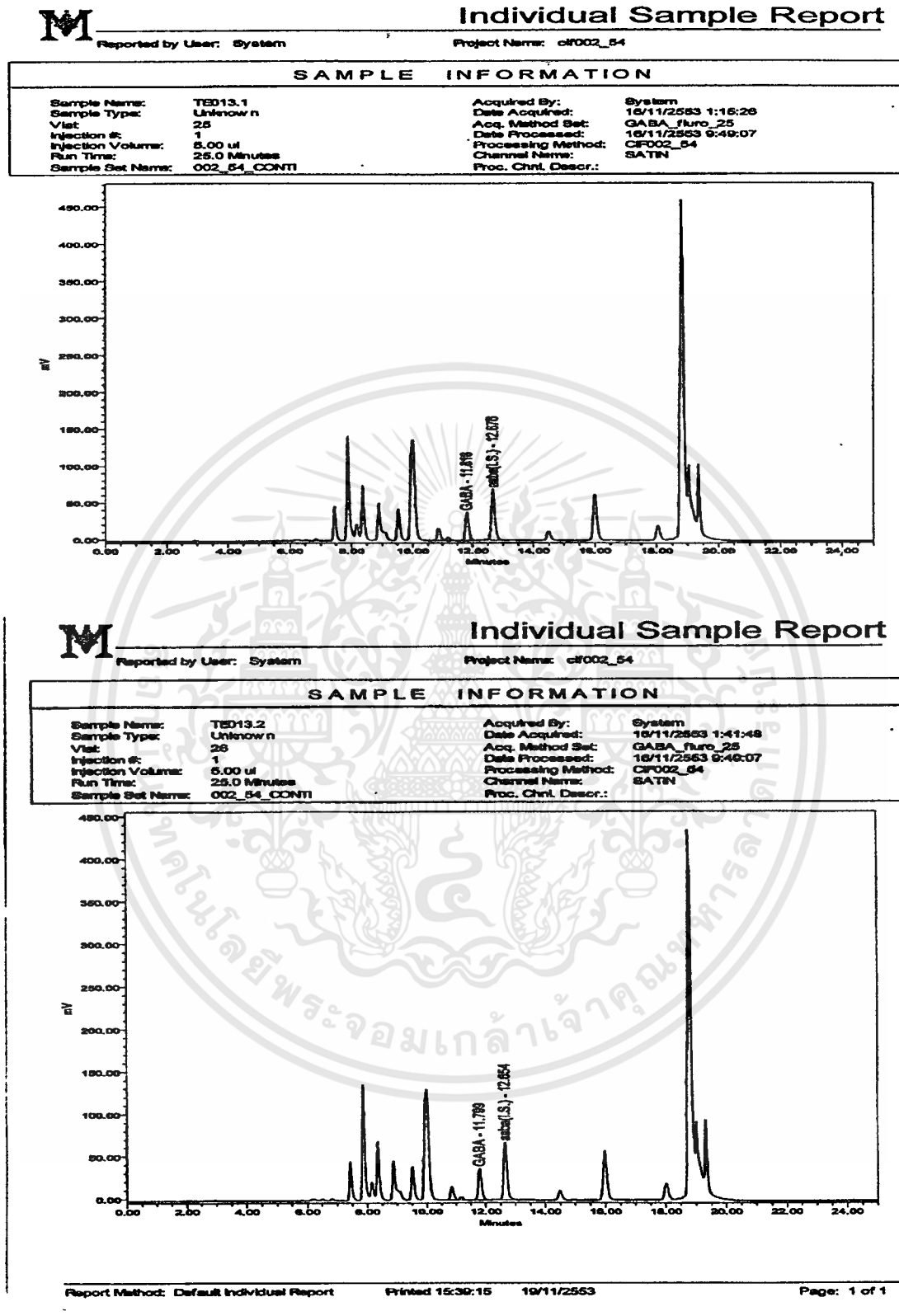
พันธุ์พิษณุโลก2 และ พันธุ์ปทุมธานี1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



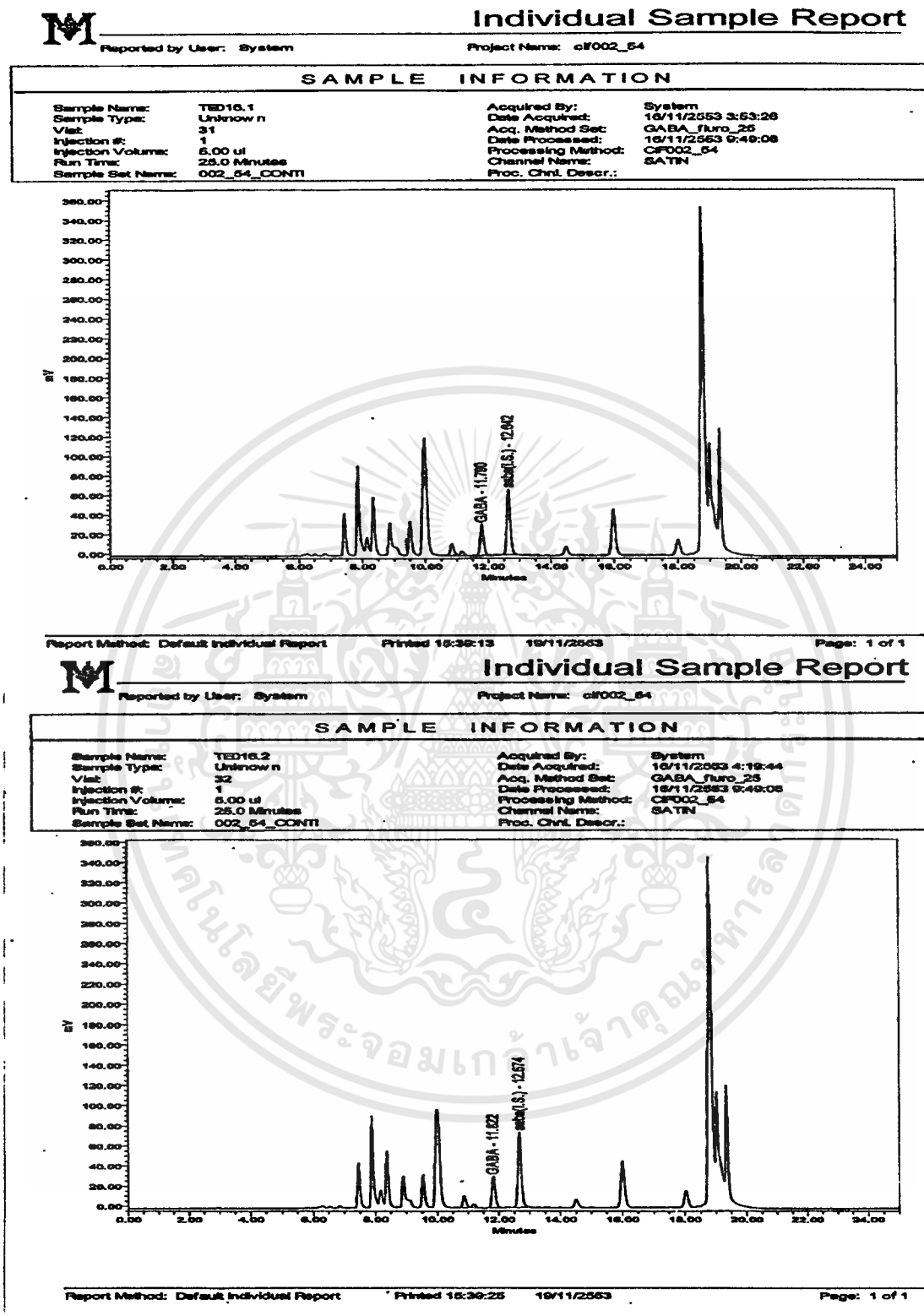
รูปผนวกที่ ฉ.1 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



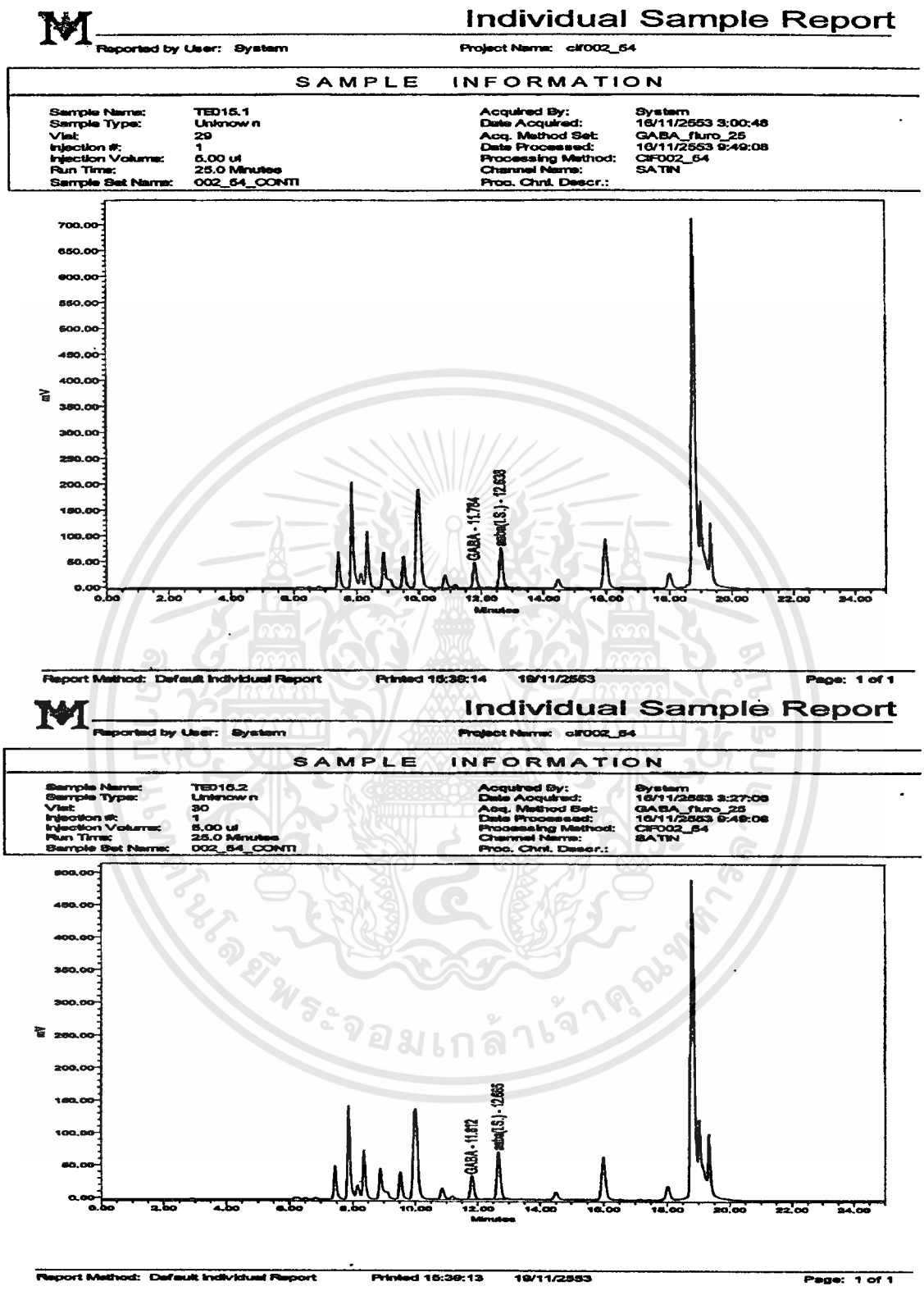
รูปผนวกที่ ฉ.2 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



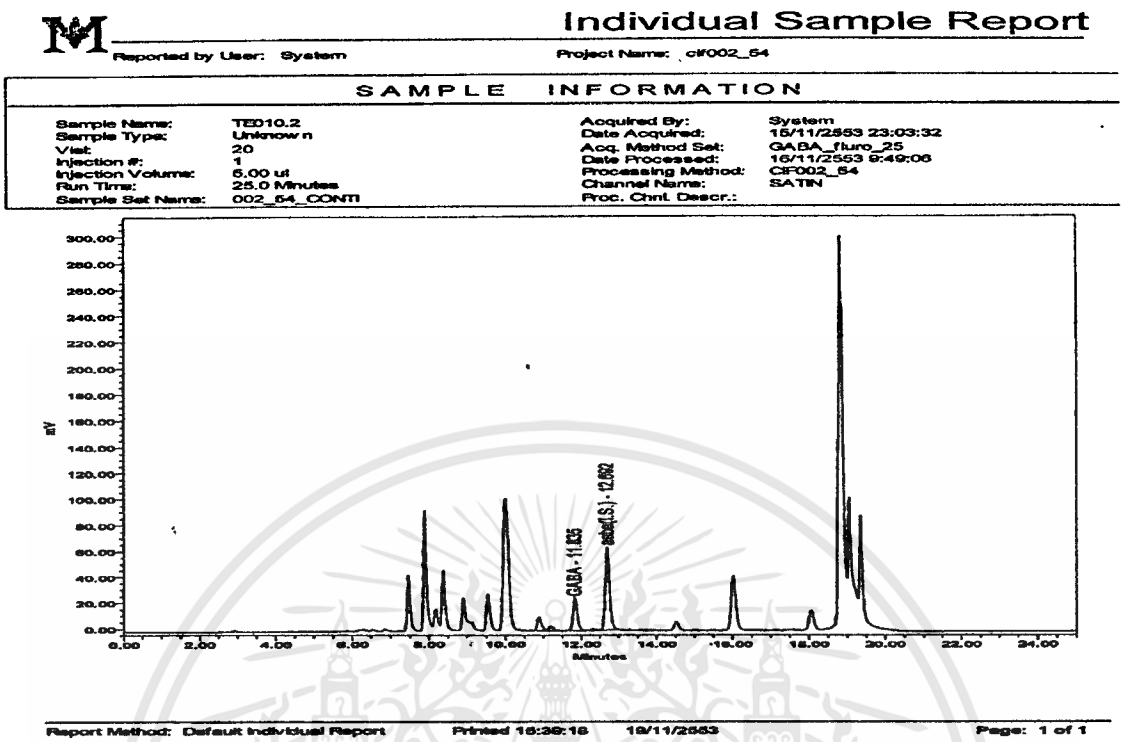
รูปผนวกที่ ฉ.3 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

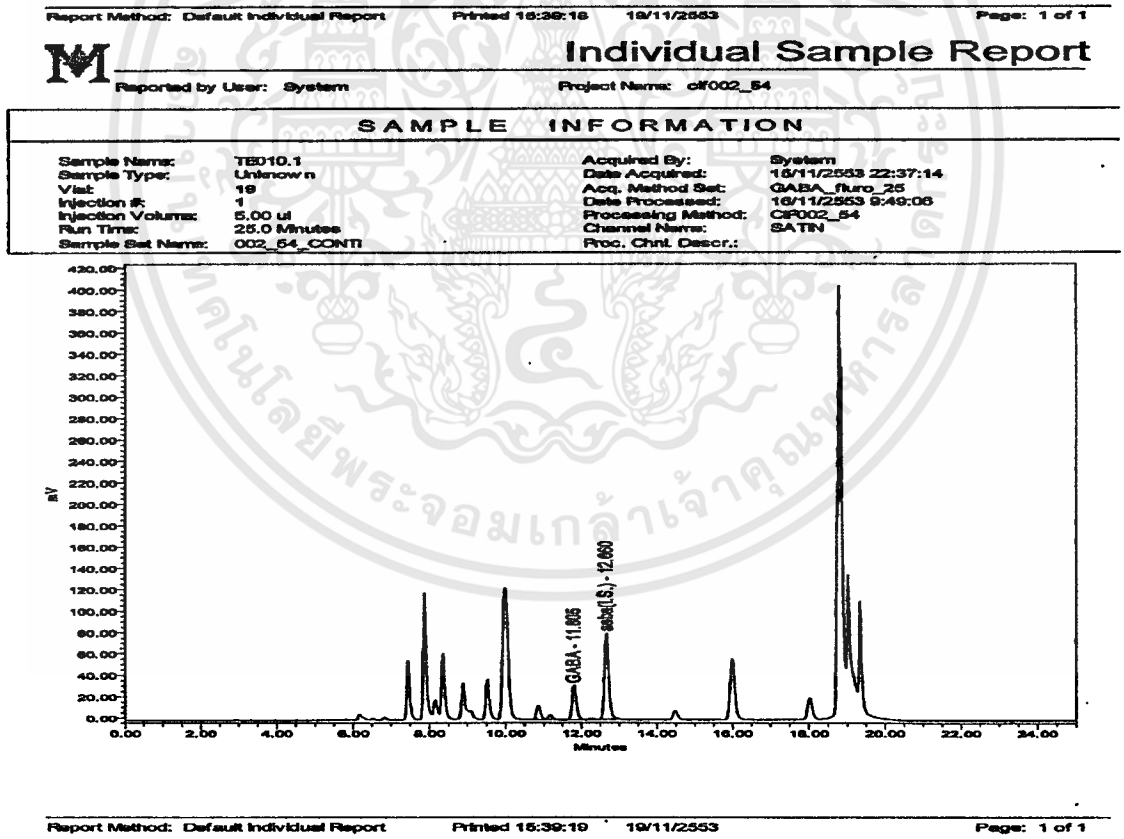
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ฉ.4 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์พิษณุโลก2 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

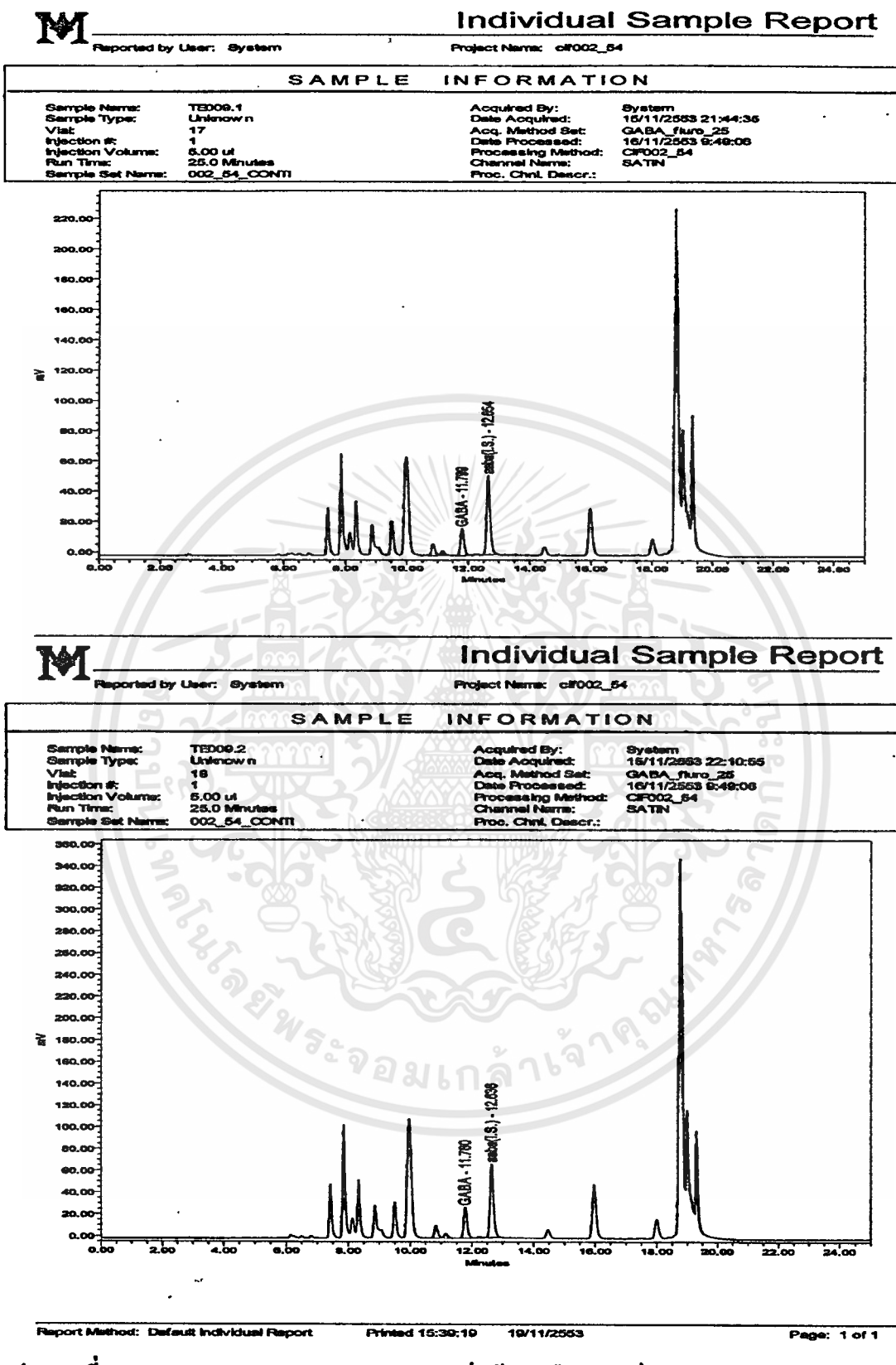
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





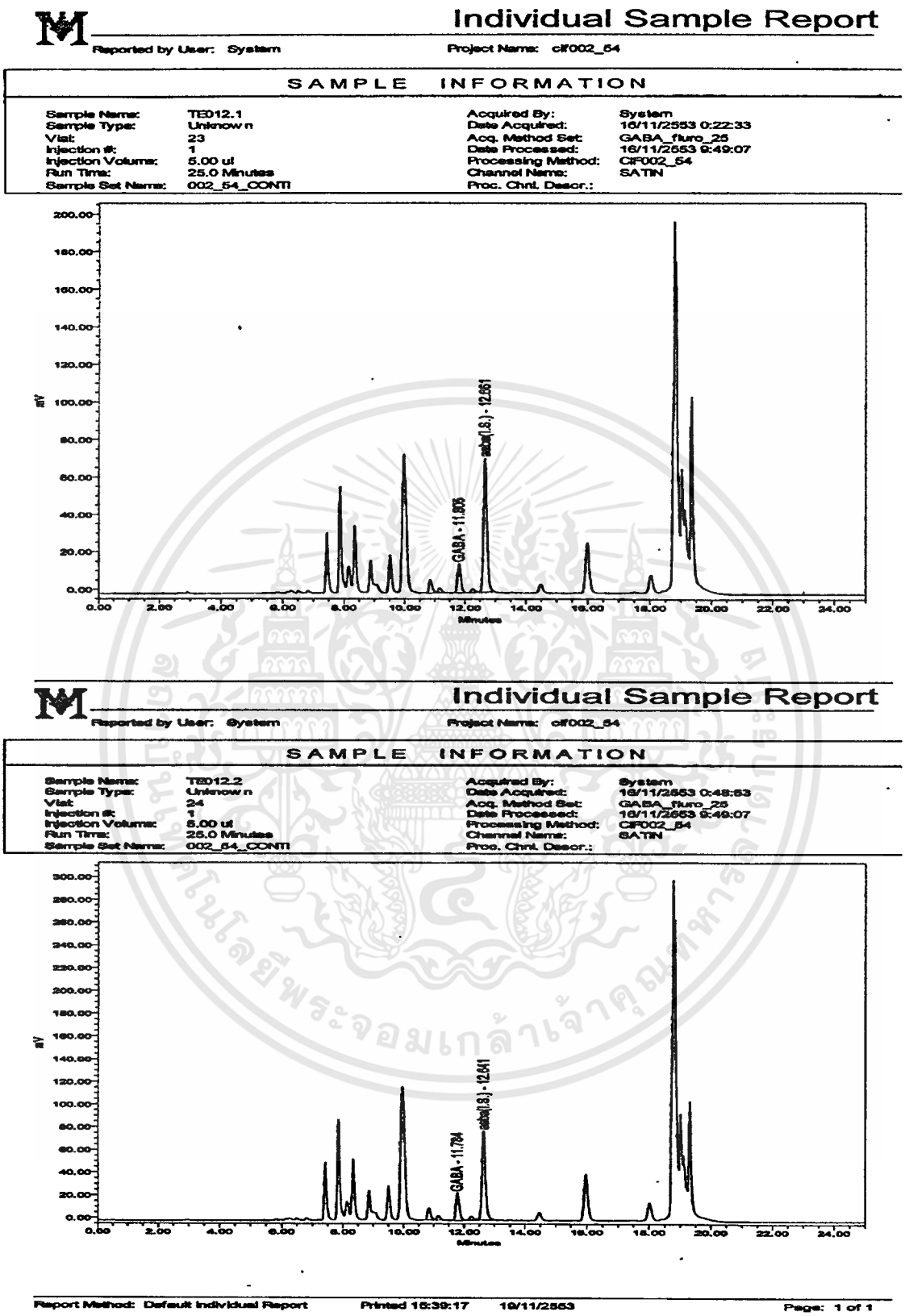
รูปผนวกที่ ฉ.5 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



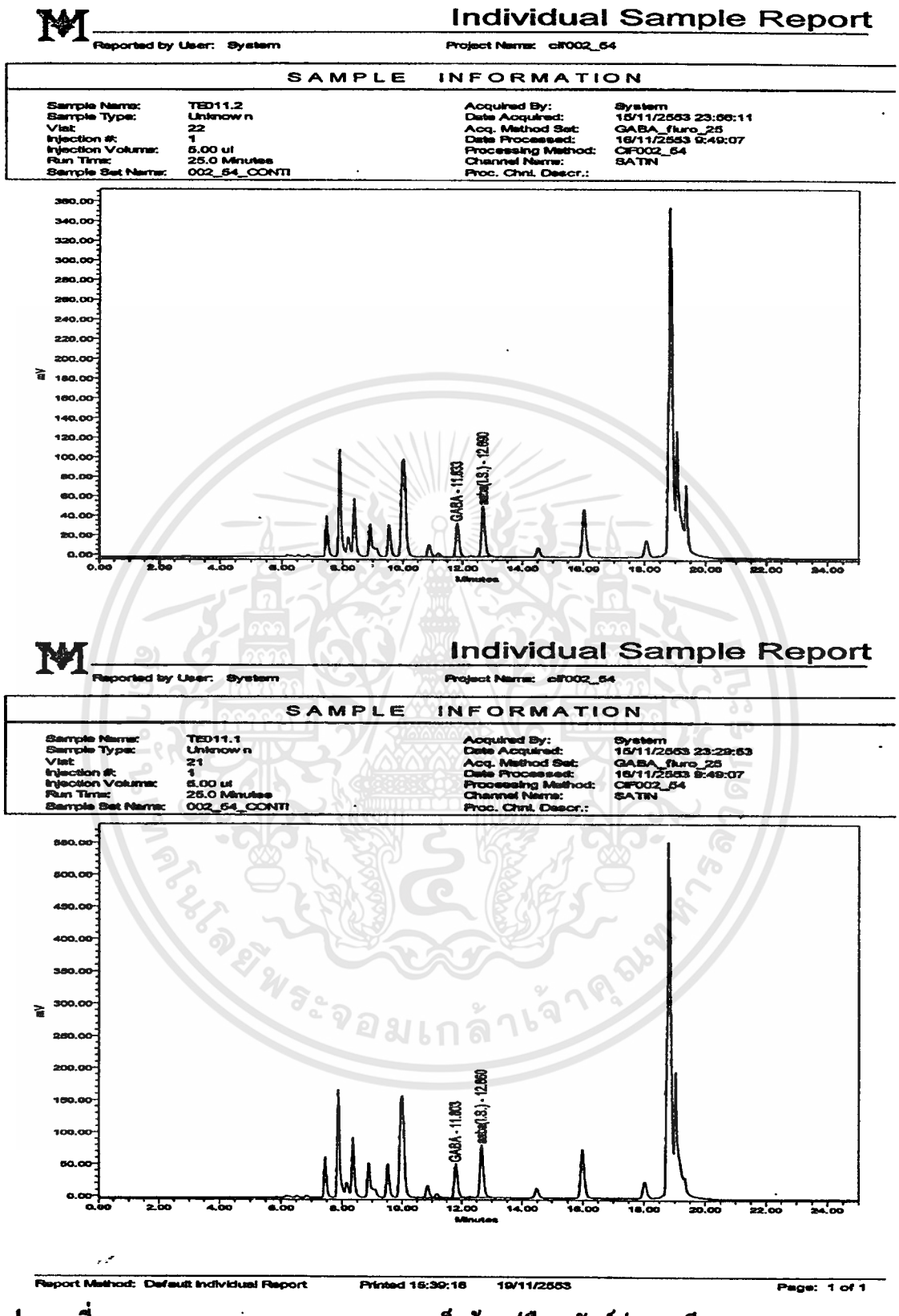
รูปผนวกที่ ฉ.6 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะเปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 1 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ฉ.7 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์ปทุมธานี1 สภาวะไม่เปลี่ยนน้ำในการแช่ 3 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ฉ.8 Chromatogram of GABA จากเมล็ดข้าวเปลือก พันธุ์ปทุมธานี1

สภาวะ เปลี่ยนน้ำในการแช่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แช่ 3 วัน เพาะงอก 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ตารางค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการแช่ข้าวเปลือกต่อการดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และ พันธุ์ปทุมธานี1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการแช่ข้าวเปลือกและปริมาณน้ำที่ดูดซับเข้าสู่เมล็ดกับร้อยละการงอก

ปัจจัยในการงอกของข้าวเปลือก	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์							
	พิษณุโลก 2				ปทุมธานี 1			
	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด		ร้อยละการงอก		ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด		ร้อยละการงอก	
	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ
ระยะเวลาในการแช่	0.963**	0.793*	0.828*	0.943**	0.915**	.855**	0.855**	0.912**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ ช.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในระยะเวลาในการแช่และการการเพาะงอกต่อร้อยละการงอก

ปัจจัยในการเพาะงอก	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์			
	พิษณุโลก 2		ปทุมธานี 1	
	ร้อยละการงอก		ร้อยละการงอก	
	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ	เปลี่ยนน้ำ	ไม่เปลี่ยนน้ำ
ระยะเวลาในการแช่	0.332	0.385*	0.300	0.305
ระยะเวลาในการเพาะ	0.524**	0.509**	0.389*	0.512**
ระยะเวลาในการแช่*ระยะเวลาในการเพาะ	0.391*	0.420*	0.306	0.370*

หมายเหตุ ** ผลที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

* ผลที่ได้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวจิราพร จุ้ยใจเหิม

ที่อยู่ 107 ม.4 ต.บ้านช้าง อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี 72110

(jiraporn017@gmail.com, Tel. 084-0859162)

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสองพี่น้องวิทยา จ.สุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2548
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีการศึกษา 2552
- ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้