สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติหน้าที่ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ของแป้งข้าวจากข้าวงอกข้าวเมล็ดสีบางชนิด

PHYSICOCHEMICAL FUNCTIONAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GERMINATED RICE FLOUR FROM SELECTED COLOR RICES

กนกวรรณ จิตพงษ์

KANOKWAN JITPONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL 2012-AI-M-053-129

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี

PHYSICOCHEMICAL FUNCTIONAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GERMINATED RICE FLOUR FROM SELECTED COLOR RICES

T122980

กนกวรรณ จิตต์พงษ์

KANOKWAN JITPONG

เลขหมู่.....T122980
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....10 ต.ค. 2555

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHYSICOCHEMICAL FUNCTIONAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GERMINATED RICE FLOUR FROM SELECTED COLOR RICES

KANOKWAN JITPONG

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-053-129

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 สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี

Physicochemical Functional Properties and Antioxidant Activity of Germinated Rice Flour from Selected Color Rices

ชื่อนักศึกษา นางสาวกนกวรรณ จิตต์พึงษ์

รหัสประจำตัว 52680309

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ดร.กิตติชัย ปรรจง	
ดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกูล	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 20 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213/2 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 13 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี**
นักศึกษา	**นางสาวกนกวรรณ จิตต์พงษ์**
รหัสประจำตัว	52680309
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิทยาศาสตร์การอาหาร**
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	**รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา**

บทคัดย่อ

แป้งข้าวงอกที่มีสีในการทดลองนี้ผลิตจากข้าวที่ได้มาจากจังหวัดพัทลุงมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำและเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง (เปลี่ยนน้ำทุก 12 ชั่วโมง) จากนั้นเลือกข้าวเปลือกงอกที่มีระยะเวลาในการแช่น้ำและเพาะงอกที่ใช้เวลาน้อย มีร้อยละการงอกมากกว่า 80 และไม่มีกลิ่นเหม็น ตัวอย่างที่เลือก คือ ข้าวเปลือกที่แช่น้ำ (ชม.)/เพาะงอก(ชม.) ดังนี้ ข้าวสังข์หยดพัทลุงคือ 12/36 และ 24/24 และข้าวเหนียวดำคือ 12/48 และ 24/24 จากนั้นนำมาผลิตเป็นแป้งเพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก จากการศึกษาพบว่าแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีปริมาณวิตามินบี2 วิตามินบี3 น้ำตาลรีดิวซ์ เส้นใยอาหาร และกาบา เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการตรวจสอบการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันด้วยการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด DPPH และ FRAP ในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำ ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายลดลง แต่มีความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในรูปของเพส (ความเข้มข้น 8%) ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ พบว่าแป้งข้าวงอกมีความหนืดลดลง ดังนั้นข้าวเปลือกที่มีสีที่ผ่านการเพาะงอกช่วยเพิ่มปริมาณ วิตามินบี2 วิตามินบี3 น้ำตาลรีดิวซ์ เส้นใยอาหาร และกาบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Physicochemical Functional Properties and Antioxidant Activity of Germinated Rice Flour from Selected Color Rices
Student	Miss Kanokwan Jitpong
Student ID.	52680309
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

Germinated Thai color rices flour were obtained from Phatthalung province, namely Sangyod Phatthalung (SP) and Khao Niaw Dum (KND). The paddy rice were soaked and germinated for 0, 12, 24, 36 and 48 h. (Soaking : change water every 12 hr.) The selected treatment of germinated paddy rice were soaking and germinating at short time with germinating more than 80%. The selected treatments were soaking/germinating time of 12/36 hr. and 24/24 hr. for SP, while 12/48 hr. and 24/24 hr. for KND. Then, germinated rice flour was also prepared for studies physicochemical functional properties and antioxidant activity of germinated rice flour compare with ungerminated. The germinated rice flour in both varieties have riboflavin, niacin, reducing sugar, dietary fiber and GABA content significantly increased ($P<0.05$) while checked antioxidant activity by total phenolic compound, DPPH and FRAP method found that trended to decrease slightly. In addition, physicochemical and functional properties of germinated rice flour in both varieties showed that WAI and freeze-thaw stability significantly deceased, while WSI significantly increased ($P<0.05$). The viscosity of germinated rice flour paste in both verities were studied with Brabender Visco Amylograph found that the viscosity was significantly deceased. Therefore, germinating paddy color rices have increase in riboflavin, niacin, reducing sugar, dietary fiber and GABA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลายๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย และการได้รับโอกาสดีๆ หลายๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ดร.กิตติชัย บรรจง และดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกุล ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่องในงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงขอขอบพระคุณ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ให้คำแนะนำการทำวิจัยทางด้านการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

ขอบพระคุณ คุณภัทธิรา ยิ่งรัตนกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาตัวอย่างข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ เพื่อนำมาวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยดูแลอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารเคมี รวมทั้งพี่ ๆ และเพื่อน ๆ นักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ ใส่ใจ และให้โอกาสทางด้านการศึกษา ประโยชน์ทั้งหมดที่รับจากงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากทุกท่านที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างมาก

กนกวรรณ จิตต์พงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 1

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว..... 4

2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ข้าว..... 6

2.3 การผลิตข้าวงอก..... 8

2.4 การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการงอก..... 13

2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว..... 19

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย..... 21

3.1 วัตถุดิบ..... 21

3.2 อุปกรณ์..... 21

3.3 สารเคมี..... 22

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 23

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 23

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 27

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก..... 27

4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้ง..... 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของแป้งข้าวงอก..... 39

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 44

5.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก..... 44

5.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอก..... 44

5.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของแป้งข้าวงอก..... 45

5.4 ข้อเสนอแนะ..... 45

บรรณานุกรม..... 46

ภาคผนวก

ก. กระบวนการผลิตแป้งข้าวเปลือกงอก การหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและการหาร้อยละการงอก..... 51

ข. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าว..... 56

ค. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้ง..... 85

ง. Chromatogram ของ GABA ในตัวอย่างข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ..... 90

จ. ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด ร้อยละการงอก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ..... 97

ประวัติผู้เขียน..... 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ.....	7
4.1	ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการเพาะงอกที่ระยะเวลาต่างๆ.....	32
4.2	สมบัติทางเคมีของแป้งข้าวงอกที่ได้จากข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ.....	37
4.3	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ.....	37
4.4	สมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกในข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ.....	40
4.5	อุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลาติไนส์ และความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวหรือแป้งข้าวงอกในรูปของเพส (paste) ระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราบนเดอร์.....	43
จ.1	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและอัตราการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....	97
จ.2	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำกับปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด ของข้าวเปลือกที่แช่น้ำเพียงอย่างเดียวโดยไม่ผ่านการเพาะงอก.....	99
จ.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการงอกของข้าวเปลือก กับร้อยละการงอกและปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด.....	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
2.2	ข้าวสังข์หยพัทลุง	6
2.3	ลักษณะของข้าวเหนียวดำ	7
2.4	ระยะต่างๆ ในการงอกของเมล็ดพืช	9
2.5	ปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุ คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขาว	14
2.6	โครงสร้างของ GABA	14
2.7	ความสัมพันธ์ของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในกระบวนกรเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของGABA	18
2.8	ความสัมพันธ์ของ GABA เมื่อเซลล์ได้รับความเครียด	18
3.1	กระบวนการผลิตข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี	26
3.2	กระบวนการผลิตแป้งข้าวงอก	27
4.1	กราฟปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและอัตราการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง	30
4.2	ผลของระยะเวลาในการแช่และระยะเวลาการเพาะงอกต่อร้อยละการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ	31
4.3	ภาพถ่าย SEM ของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำแบบตัดตามขวาง (cross section)	33
4.4	ภาพถ่าย SEM ของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำแบบตัดตามยาว (long section)	34
4.5	อะไมโลแกรมของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวหรือแป้งข้าวงอก ของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำพัทลุงที่ความเข้มข้น 8% (น้ำหนัก/ปริมาตร, นนแห้ง)	42
ก.1	การแช่ข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียดำ	52
ก.2	การบรรจุข้าวเปลือกใส่กระสอบ	52
ก.3	ขั้นตอนการเพาะงอก	53
ก.4	ขั้นตอนการอบแห้งแบบถาด	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.5	ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกงอก	54
ก.6	เครื่องบดแป้งแบบ Hammer mill	54
ก.7	แป้งข้าวงอกในถุง PE ที่ปิดสนิท	54
ข.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	59
ข.2	กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	70
ข.3	กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH	73
ข.4	กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์	77
ข.5	แผนผังการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF)	82
ข.6	Chromatogram of standard GABA	84
ค.1	จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ	87
ง.1	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก (ซ้ำ 1 และ 2)	91
ง.2	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 36 ชม. (ซ้ำ 1 และ2)	92
ง.3	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 24 ชม. และเพาะงอก 24 ชม. (ซ้ำ 1 และ2)	93
ง.4	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก (ซ้ำ 1 และ 2)	94
ง.5	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 48 ชม. (ซ้ำ 1 และ2)	95
ง.6	Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 24 ชม. และเพาะงอก 24 ชม. (ซ้ำ 1 และ2)	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆ ประเทศไทยมีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีน และพม่า ตามลำดับ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ข้าวพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทยมีมากมายหลายสายพันธุ์ ซึ่งมีสายพันธุ์ที่มีคุณค่าทางอาหารอยู่มากมาย แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย และยังไม่เป็นที่นิยมในการนำมาแปรรูปเป็นแป้งและทำเป็นผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างข้าวพื้นเมือง เช่น ข้าวสังข์หยดพัทลุง (Songyod Phatthalung) ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุงเป็นข้าวเจ้าที่ข้าวกล้องมีสีแดง ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนสีขาว นอกจากนี้ข้าวสังข์หยดพัทลุงยังได้รับคำประกาศรับรองให้เป็น "สินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์" หรือข้าวจีไอ (GI) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ.2546 โดยใช้ชื่อว่า "ข้าวสังข์หยดพัทลุง" นับเป็นข้าวจีไอพันธุ์แรกของประเทศไทย (กรมการข้าว, 2548) และข้าวเหนียวดำหรือข้าวก่ำ เป็นข้าวเหนียวที่มีข้าวกล้องเป็นสีดำ ปลูกได้ทั่วทุกภาคในประเทศไทย คุณค่าทางอาหารของข้าวสังข์หยดและข้าวเหนียวดำคือมีสารอาหารในเมล็ดเป็นเม็ดสีของเปลือกหุ้มเมล็ดคือ "สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และสารแกมมาโอริซานอล (Gamma Oryzanol)" ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิตให้ดีขึ้นชะลอความเสื่อมของเซลล์ร่างกายโดยเฉพาะสารแอนโทไซยานินชนิดที่พบในข้าว มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอด สารแกมมาโอริซานอลเป็นสารที่ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเช่นเดียวกันสามารถลดไขมันในเส้นเลือด (Cholesterol Triglyceride) และเพิ่มระดับของ High Density Lipoprotien (HDL)ในเลือด นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมองยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือดลดน้ำตาลในเลือดและเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลินของผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน (Awika and Rooney, 2004; Ichiyanagi et al, 2001; Ling et al, 2001; Noctor and Foyer, 1998.) การเพิ่มมูลค่าของข้าวพันธุ์พื้นเมืองให้มีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น โดยการนำข้าวเปลือกมาเพาะให้งอกซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้บริโภครู้จักข้าวพันธุ์พื้นเมือง และหันมาบริโภคข้าวพันธุ์พื้นเมืองกันมากขึ้น เนื่องจากการเพาะข้าวเปลือกให้งอกเป็นกระบวนการที่เพิ่มสารอาหารด้านสุขภาพมากมาย จากงานวิจัยหลายๆ งานวิจัย รายงานว่าในระหว่างการแช่และการงอกของข้าว เอนไซม์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดข้าวจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจึงส่งผลให้องค์ประกอบของข้าวเปลี่ยนแปลง โดยมีสารอาหารบางชนิดเพิ่มขึ้น เช่น สารกาบา วิตามินอี เส้นใยอาหาร แร่ธาตุบางชนิด และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (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 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของกาบา และสารอาหารที่เพิ่มขึ้นของข้าวในระหว่างการแช่และการงอกมาแล้วก็ตาม แต่โดยส่วนใหญ่จะเป็นการงอกของข้าวกล้องซึ่งการศึกษาจากข้าวเปลือกงอกยังมีน้อยมาก จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวเปลือกงอกและข้าวกล้องงอกพบว่าปริมาณโปรตีน กรดอะมิโนอิสระ α-tocopherol, γ-oryzanol, thiamine, niacin และpyridoxine ในข้าวเปลือกงอกและแป้งข้าวเปลือกงอกมีค่าสูงกว่าข้าวกล้องงอก แต่ระดับของไขมัน คาร์โบไฮเดรตและเถ้าไม่แตกต่างกัน ปริมาณเกรดอะมิโนในข้าวเปลือกงอกที่ตรวจสอบพบว่ากาบา (GABA) ไกลซีน ไลซีน และลิวซีน มีมากที่สุดในข้าวเปลือกงอกและแป้งข้าวงอก (Anuchita and Nattawat, 2010)

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสีจากจังหวัดพัทลุง ซึ่งนอกจากจะได้สาร GABA วิตามินต่างๆ ที่สูงกว่าข้าวโดยทั่วไปแล้วยังมีสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย และข้อมูลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้อ้างอิงในงานวิจัยอื่นๆ และเป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการนำแป้งข้าวงอกไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี โดยการนำข้าวเปลือกที่มีสี 2 สายพันธุ์คือ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำมาแช่น้ำและนำไปเพาะให้งอกที่ระยะเวลาต่างๆ จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกาบา สมบัติทางเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สมบัติทางกายภาพ และศึกษาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวงอกในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาระยะเวลาการแช่และการเพาะงอกที่เหมาะสม

1.3.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และฤทธิ์ด้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเพิ่มมูลค่าข้าวสังข์หยดและข้าวเหนียวดำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น เป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค และเป็นอีกทางเลือกในการจัดการข้าวเปลือกในระดับอุตสาหกรรม

1.4.2 เกษตรกรหรือผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าข้าว และนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นธัญพืชอาหารที่มีความสำคัญที่สุดของเขตร้อน (tropical) และเขตกึ่งร้อน (sub-tropical) ของโลกถึงแม้ว่าข้าวถูกจัดให้เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า แต่ว่าในความเป็นจริงแล้วข้าวเป็นพืชที่มีการปลูกแพร่หลายทั่วโลกทั้งในบริเวณเขตร้อนและเขตอบอุ่น (temperate) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในสภาพนิเวศวิทยาและสภาพทางภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยมและมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้ (อรรควุฒิ และคณะ, 2526 อรอนงค์, 2550)

กลุ่มที่ 1 อินดิคา (Indica) เมล็ดยาวเรียว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองปุ๋ยน้อยแต่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย

กลุ่มที่ 2 จาปอนิคา (Japonica) เมล็ดป้อมสั้น ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหรืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ

กลุ่มที่ 3 จาวานาคา (Javanica) เมล็ดอ่อนค่อนข้างป้อมอ้วน ผลผลิตต่ำ ปลูกมากในอินเดีย

2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเปลือกเป็นธัญพืชที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด (covered caryopsis) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ของเมล็ดดังนี้ (อรรควุฒิ และคณะ, 2526; อรอนงค์, 2550)

2.1.1 เปลือกนอก (hull หรือ husk) คือส่วนที่เรียกว่าแกลบ เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmae)

2.1.2 เปลือกเมล็ด (caryopsis) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มแป้ง อยู่ในแกลบประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เพอริคาร์พ (pericarp) เยื่อหุ้มเปลือก (seed coat) และชั้นของนูเซลลัส (nucellus) เมื่อกะเทาะเปลือกนอกของเมล็ดออกจะได้ข้าวที่เรียกว่าข้าวกล้อง

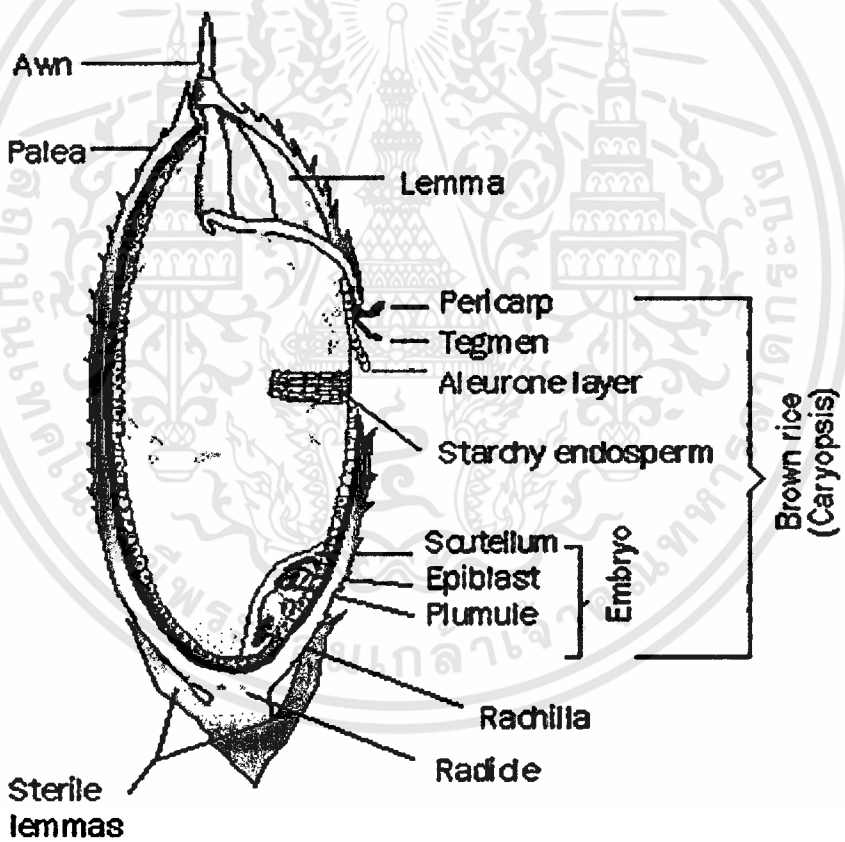
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 แป้ง (endosperm) ส่วนที่เป็นแป้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1.3.1 ชั้นของอะลูโลน (aleurone layer) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของส่วนที่เป็นแป้ง จำนวนชั้นของเนื้อเยื่ออะลูโลนขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสิ่งแวดล้อม อาจมีถึง 3 ชั้น โดยชั้นของอะลูโลนมีธาตุฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียมอยู่มาก

2.1.3.2 ส่วนที่เป็นเนื้อแป้ง (starchy endosperm) เนื้อแป้งนี้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดแป้งและโปรตีน โปรตีนในเมล็ดข้าวจะอยู่รอบนอกใกล้ๆ กับชั้นในของชั้นอะลูโลนส่วนเซลล์เม็ดแป้งจะอยู่ในชั้นถัดเข้าไป

2.1.4 คัพภะ (embryo) คือส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว (germ) เป็นตำแหน่งรวมของส่วนที่จะงอกเป็นต้นข้าวใหม่ คัพภะประกอบด้วยส่วนที่เป็นยอดอ่อน (plumule) ส่วนที่จะงอกเป็นรากและรากแรกกำเนิด (radical) ทั้งสองส่วนยึดติดกับปล้องที่สั้นมากเรียกว่ามีโซคอททิล (mesocotyl) ยอดอ่อนจะห่อหุ้มด้วยลักษณะที่คล้ายใบเรียกว่า เยื่อหุ้มยอดอ่อน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : http://ikisan.com/links/ap_ricemorp.shtml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ข้าว

2.2.1 ข้าวสังข์หยดพัทลุง (Sangyod Phatthalung)

ข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุงเป็นข้าวเจ้าไวต่อแสง ข้าวกล้องมีสีแดง รูปร่างเรียว ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนสีขาวข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่นข้าวหุงสุกนุ่ม เป็นข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (15±2%) ระยะพักตัวของเมล็ด 8 สัปดาห์ นอกจากนี้เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2549 ข้าวสังข์หยดพัทลุงยังได้รับคำประกาศรับรองให้เป็น "สินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์" หรือข้าวจีไอ (GI) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ.2546 โดยใช้ชื่อว่า "ข้าวสังข์หยดพัทลุง" นับเป็นข้าวจีไอพันธุ์แรกของประเทศไทย

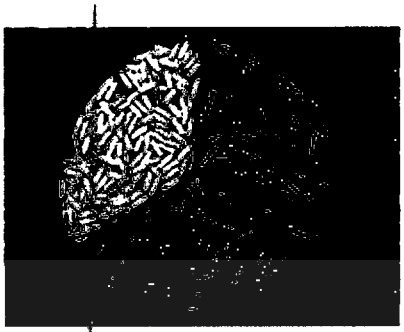
รูปที่ 2.2 ข้าวสังข์หยดพัทลุง
ที่มา : กรมการข้าว (2548)

2.2.2 ข้าวเหนียวดำหรือข้าวก่ำ

ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวพันธุ์ไวแสง และเป็นข้าวเหนียวที่ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ทนแล้งและฟื้นตัวจากแล้งได้ดี ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปคือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น อาทิเช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด ข้าวเหนียวดำมีสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสูงมีสารอาหารในเมล็ดเป็นสารสีม่วงของเปลือกหุ้มเมล็ด "สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และสารแกมมาโอไรซานอล (Gamma Oryzanol)" จากการวิเคราะห์สารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ พบว่าในข้าวเหนียวดำมีสารแอนโทไซยานินที่สำคัญ 2 ชนิด คือ cyanidin-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิตให้ดีขึ้น ชะลอความเสื่อมของเซลล์ร่างกายปริมาณของสารชีวภาพที่สำคัญในเมล็ดข้าวเหนียวดำ (ข้าวกล้อง) มีสารแอนโทไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 1.18–16.83 มิลลิกรัม/100 กรัมสารแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 39.83–72.94 มิลลิกรัม/100 กรัม (Abdel-Aal et al., 2006)



รูปที่ 2.3 ลักษณะของข้าวเหนียวดำ

ที่มา http://www.google.co.th/imglanding.

2.2.3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ (สายสนม, 2551)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ

คุณค่าทางโภชนาการต่อน้ำหนักข้าว 100 กรัม	ข้าวเหนียวดำ [1]	ข้าวสังข์หยดพัทลุง [2]
พลังงาน (Kcal)	361	366
โปรตีน (g)	8.2	8.3
ไขมัน (g)	3.0	1.4
คาร์โบไฮเดรต (g)	75.2	80
ใยอาหาร (g)	0.9	0.9
แคลเซียม (mg)	26	-
ฟอสฟอรัส (mg)	65	165
เหล็ก (mg)	2.3	0.52
วิตามิน B1 (mg)	0.04	0.18
วิตามิน B2 (mg)	0.83	0.06
ไนอาซีน (mg)	0.6	3.97

ที่มา : [1]กองโภชนาการกรมอนามัย 2547

[2]ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงโครงการผลิตข้าวคุณภาพดีครบวงจรตามยุทธศาสตร์พัฒนาข้าวจังหวัดพัทลุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิตข้าวงอก

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

2.3.1 การแช่ข้าว (soaking process) มีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ด และเกิดการกระจายตัวเข้าไปในส่วนต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ด และการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมขององค์ประกอบทางเคมีในเนื้อเมล็ด การดูดน้ำของข้าวแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

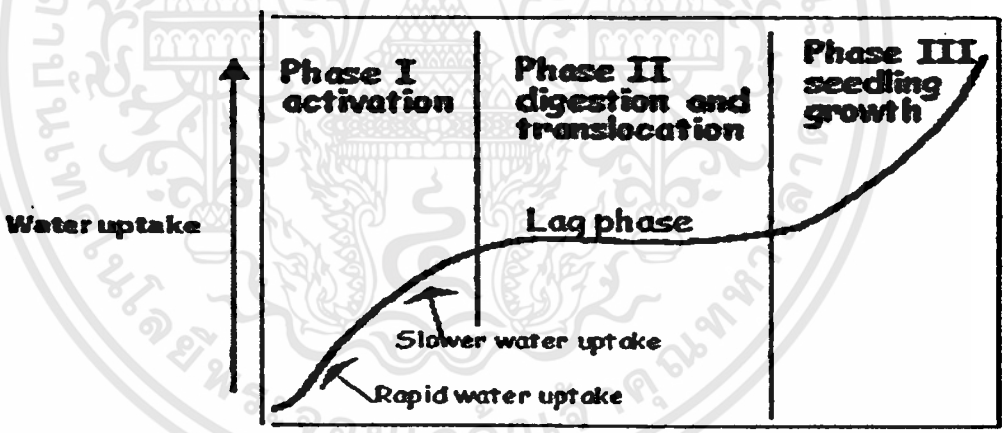
ระยะแรก เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยกระบวนการแพร่ (diffusion) เพียงอย่างเดียว จนกระทั่งได้ความชื้นประมาณร้อยละ 32 โดยน้ำหนักการเพิ่มขึ้นของความชื้นในระยะนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ข้าว ดังนั้นระยะเวลาในการดูดน้ำจนได้ความชื้นตามที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

ระยะที่สอง เป็นช่วงที่มีการดูดน้ำลดลง (lag phase)

ระยะสุดท้าย มีอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้ความชื้นคงที่ประมาณร้อยละ 45 อัตราเร็วของการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดและระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่แช่ ขนาดของเมล็ด ชนิดและสายพันธุ์ของข้าว ตลอดจนลักษณะของส่วนประกอบในเนื้อเมล็ด ผลของอุณหภูมิต่อการแช่ พบว่าอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดได้อย่างรวดเร็วทำให้เกิดการกระจายตัวของความชื้นในส่วนต่างๆ ของเมล็ดไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะในส่วนเนื้อเมล็ดและคัพภะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ในการผลิตเอนไซม์ การเจริญของรากและลำต้นมีประสิทธิภาพต่ำ ในทางตรงกันข้ามหากใช้อุณหภูมิในการแช่ต่ำเกินไป การดูดน้ำของเมล็ดจะเป็นไปอย่างช้าเกิดการกระจายตัวของเมล็ดได้ดี แต่จะใช้ระยะเวลานานเป็นการเพิ่มโอกาสในการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของเมล็ดและทำให้ประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดต่ำลง ในช่วงการแช่ข้าวมีความสัมพันธ์กับการงอกของเมล็ด ส่วนเนื้อของเมล็ด (endosperm) และคัพภะหรือจมูกข้าว (embryo) มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งได้ความชื้น 60-65 % ภายในเวลา 24 ชั่วโมง และจะเริ่มเกิดการงอกของรากเทียมออกมา (coleorhizae) เป็นจุดเริ่มต้นของการงอก การสร้างรากเทียมนี้เกิดขึ้นในส่วนที่เจริญเป็นใบเลี้ยงอ่อน (scutellum) ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมสารอาหารต่างๆ ไว้สำหรับการงอกเป็นรากและลำต้น ความชื้นที่เหมาะสมในการสร้างรากเทียมของใบเลี้ยงเริ่มต้นที่ 55% และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดการกระจายความชื้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งเนื้อเมล็ด เป็นการปรับสภาพความชื้นให้เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ในขั้นตอนการงอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การเพาะงอก (germination process) มีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่สะสมในเนื้อเมล็ดให้อยู่ในรูปโครงสร้างที่สลายได้ง่ายโดยการทำงานของเอนไซม์ ในขั้นตอนการงอกเมล็ดจึงมีการผลิตเอนไซม์ย่อยสตาร์ชที่มีปริมาณสูง โดยทั่วไปในเมล็ดข้าวมีเอนไซม์เบต้า-อะไมเลส (β-amylase) สะสมอยู่แล้ว เอนไซม์เหล่านั้นถูกสร้างขึ้นมาพร้อมกับการพัฒนาของเมล็ดจนกลายเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ดังนั้นในขั้นตอนการงอกของเมล็ดจึงเป็นการผลิตเอ็นไซม์เบต้า-อะไมเลสเป็นหลัก การสร้างเอนไซม์เบต้า-อะไมเลสเกิดขึ้นในส่วนคัพภะ โดยการกระตุ้นของฮอร์โมนจิบเบอเรลลิกที่ถูกสร้างในขณะเกิดการงอก นอกจากเอนไซม์เบต้า-อะไมเลสและกรดจิบเบอเรลลิกยังเป็นตัวกระตุ้นให้เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดผลิตเอนไซม์ชนิดอื่นๆ เช่น เบต้ากลูแคนเนส (β-glucanase) แพนโตแซนเนส (pentosanase) เป็นต้น หลังจากคัพภะและเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดมีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมา ซึ่งเอนไซม์จะมีกิจกรรมในการสลายสารอาหารต่างๆ ที่สะสมในเนื้อเมล็ด โดยการย่อยแป้งและโปรตีนในเนื้อเมล็ดได้น้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส มอลโตส ฟรุคโตส และกรดอะมิโน สิ่งที่บ่งบอกว่าเกิดการงอกของเมล็ดคือการเกิดจุดขาว (white chit) เป็นส่วนของรากเทียม (root sheet) และแทงทะลุส่วน pericarp และ testa ออกมาจากนั้นจึงเกิดการสร้างรากแท้ (acrospires) การงอกของเมล็ดพืชแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังรูปที่ 2.4 (Manna et al., 1995)



รูปที่ 2.4 ระยะต่างๆ ในการงอกของเมล็ดพืช

ที่มา : Manna et al. (1995)

ระยะแรก การดูดซึมของน้ำเข้าสู่เมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งกระตุ้นการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่างๆ และมีการย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ภายในเมล็ดบางส่วน

ระยะที่สอง การดูดน้ำเข้าสู่เมล็ดลดลงจนอิ่มตัวและมีการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ของชั้นแอลิวโรน เช่น เบต้า-อะไมเลส เบต้ากลูแคนเนส เมื่อเกิดการย่อยของผนังเซลล์จะทำให้เอนไซม์ชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นซึมผ่านเข้าไปสู่เนื้อเมล็ดเพื่อย่อยสตาร์ชให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสหรือโอลิโกแซ็คคาไรด์อื่นๆ เมื่อเกิดการย่อยผนังเซลล์แล้วเอนไซม์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดก็จะทำงานโดยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ

ระยะสุดท้าย เกิดการเพิ่มปริมาณของเซลล์และเกิดการเจริญของต้นพืช

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและการเพาะงอก รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ต่อการงอกของข้าว พบว่าการผลิตข้าวงอกสามารถแบ่งวิธีการผลิต จากวิธีการเพาะข้าวให้งอกได้ 2 วิธี ต่อไปนี้ คือ

2.3.2.1 วิธีการเพาะงอกจากข้าวกล้อง (brown rice)

ธิราพร และคณะ (2548) ศึกษาสภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 28 °ซ และ 32 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ที่แช่น้ำ ณ อุณหภูมิห้อง จะเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรงและเกิดฟองแก๊ส ในชั่วโมงที่ 10 จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 32 °ซ จะเกิดฟองแก๊สและมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นเร็วกว่า จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าการแช่ข้าวกล้องไว้เกินระยะเวลาที่กำหนดจะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีคุณภาพลดลง

พิษณุ และเจตน์สุดา (2549) ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกโดยใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำ 6 ชั่วโมงและ 15 ชั่วโมงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก 0, 1, 2, และ 3 เดือน พบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำที่ 6 ชั่วโมงทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณโอรีซานอลต่ำกว่าการแช่น้ำที่ 15 ชั่วโมง และการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ปริมาณโอริซานอลลดลง

Komatsuzaki et al. (2007) ศึกษาผลของการแช่น้ำและสภาวะบรรยากาศที่มีต่อปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดข้าวกล้องแช่ในน้ำนาน 3 ชั่วโมงและงอกในสภาวะที่ไม่มีอากาศนาน 21 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 °ซ พบว่ามีปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก (24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการควบคุมสภาพบรรยากาศ (10.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) จำนวนจุลินทรีย์บนผิวของข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นระหว่างการแช่น้ำ แต่การใช้ไอน้ำร้อนเป็นเวลา 20 นาที และใช้เอธานอลเป็นเวลา 3 นาที จะทำให้ฆ่าเชื้อได้อย่างสมบูรณ์และไม่มีการลดลงของปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาดเล็กลง และรวมเป็นเนื้อเดียวกันเล็กน้อย นอกจากนี้การงอกทำให้สายโซ่ของอะมิโลเพกตินและอะมิโลสสั้นลง

Banchuen et al. (2009) ศึกษาข้าว 3 พันธุ์ (เหนียวดำเผือก สังข์หยดพัทลุง และเฉี้ยงพัทลุง) โดยการแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 2, 3, 5, 7 และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °ซ) นาน 5 ชั่วโมงแล้วผ่านกระบวนการเพาะงอกในภาชนะระบบปิดที่เวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณ GABA มากที่สุด คือการแช่ในสารละลายเกลือซิตริกที่ pH 3 ในภาชนะระบบปิด 36 ชั่วโมง สำหรับพันธุ์สังข์หยดพัทลุง และพันธุ์เฉี้ยงพัทลุง 48 ชั่วโมง ในขณะที่ข้าวพันธุ์เหนียวดำเผือก มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น 16.74-9.43 เท่าจากข้าวกล้องธรรมดา กรดเฟอร์รูริก 1.12-1.43 เท่า แต่ปริมาณไฟเตท (phytate) ลดลง และแกมมาออริซานอลของข้าวกล้องและข้าวงอกมีค่าไม่แตกต่างกัน

Chung et al. (2009) ศึกษาสภาวะการแช่ที่อุณหภูมิ 5, 15, 35 °ซ เวลา 16 ชั่วโมง ในน้ำและสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6 (50 m mole/L sodium acetate) และสภาวะการงอกในภาชนะระบบเปิดและปิดต่อปริมาณ GABA ของข้าวบาร์เลย์ จากการแช่ แล้วนำมางอกที่ 15 °ซ เวลา ต่างๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกคือ มีปริมาณน้ำ 36-44 gm/100 gmโดยมีการแช่ที่ 5 °ซ เวลา 16 ชั่วโมง หรือ 15 °ซ เวลา 8 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิ 35 °ซ ทำให้ปริมาณน้ำมากขึ้น การแช่ในบัฟเฟอร์ทำให้ได้ปริมาณ GABA มากกว่าการแช่ในน้ำ ทั้งนี้ GAD มีกิจกรรมเปลี่ยน GABA มากที่สุดที่ pH 5 และเก็บไม่มีออกซิเจนแต่มีไนโตรเจนในที่มืด ทำให้มีปริมาณ GABA 14.3 gm/100 gm หลังการงอก 12 ชั่วโมงซึ่งมากกว่า 4 เท่าของข้าวกล้องทั่วไป (3.7 gm/100 gm)

3.2.2.2 วิธีการเพาะงอกจากข้าวเปลือก (paddy rice)

Ayernor et al. (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวเนื่องจากการงอกของข้าวเปลือก โดยเพาะข้าวเปลือกเป็นเวลา 0, 5, 7 และ 9 วัน ที่อุณหภูมิ 32 °ซ ผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเพาะนานขึ้นน้ำหนักต่อ 1000 เมล็ด ปริมาณสตาร์ชและความหนืดของแป้งลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้น โดยเพาะในวันที่ 9 มีกิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุดเมื่อเทียบกับวันที่ 0, 5 และ 7

วรนุช และคณะ (2550) ศึกษาการทำข้าวงอกจากข้าวเปลือก และข้าวกล้องหอมมะลิ 105 โดยผ่านกระบวนการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 5) และผ่านการงอกที่อุณหภูมิ 35-40 °ซ เวลา 20-40 ชั่วโมง พบว่าการงอกข้าวเปลือกของข้าวหอมมะลิ105 ที่ 35 °ซ 36 ชั่วโมง (ข้าวฮาง) มีปริมาณ GABA 202.82 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อผ่านการสีและนำไปหุงสุกพบว่ามีปริมาณ GABA เหลือ 72.97 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิ105 งอกที่ 35 °ซ 36 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA 194.55 มิลลิกรัม/100 กรัม และเมื่อผ่านการสีและนำไปหุงสุกพบว่ามีปริมาณ GABA เหลือ 89.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิกรัม/100 กรัม เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 100 คน โดยมีข้าวกล้อง (ไม่ผ่านการงอก) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของข้าวกล้องงอกต่ำกว่าข้าวกล้องข้าวฮางและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆของข้าวฮางมากกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก ($P<0.05$) แต่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ของข้าวกล้องและข้าวฮางใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

วรนุช และคณะ (2552) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบาจากข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยด โดยศึกษาการแช่ในสารละลายแต่ละชนิด 3 ชนิด น้ำ RO (Reverse osmosis) และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ pH 3 และ 5 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิการแช่ 35 °ซ ใช้ระยะเวลาในการแช่ 12, 18, 24 และ 30 ชั่วโมง พบว่าการแช่ข้าวเปลือกสังข์หยดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ pH 5 ที่อุณหภูมิ 35 °ซ นาน 24 ชั่วโมง (ความชื้น 34-36 %) มีปริมาณ GABA สูงสุด คือ 1.72 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง และเมื่อนำข้าวเปลือกที่ผ่านสภาวะการแช่ดังกล่าวมาเพาะงอกที่อุณหภูมิ 30 35 และ 40 °ซ เวลา 25 30 35 และ 40 ชั่วโมง ในระบบเปิดและปิด พบว่าในระบบปิดข้าวเปลือกสังข์หยดที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ pH 5 ที่สภาวะการงอกที่ให้ปริมาณ GABA มากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 40 °ซ นาน 40 ชั่วโมง (11.96 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณ GABA มากกว่าข้าวสังข์หยดที่ไม่งอก (0.80 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) 13.95 เท่า ส่วนระบบเปิดที่ให้ปริมาณ GABA มากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 40 °ซ นาน 40 ชั่วโมง (9.68 มิลลิกรัม/100 กรัมแห้ง) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณ GABA 11.10 เท่า

Jitpong and Narkrugsa (2011) ศึกษาผลของการแช่และการเพาะงอกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและปริมาณ GABA ของแป้งข้าวเปลือกงอกที่มีสีในประเทศไทย (ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำที่ปลูกในจังหวัดพัทลุง) โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำ (ช.ม.)/เพาะงอก (ช.ม.)ในระยะเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง เลือกตัวอย่างที่มีร้อยละการงอกมากกว่า 80 และมีระยะเวลาในการแช่น้ำ(ช.ม.)/เพาะงอก(ช.ม.)ที่สั้น โดยตัวอย่างที่เลือกคือสังข์หยดพัทลุงที่สภาวะ 12/36 และ 24/24 ข้าวเหนียวดำ 12/48 และ 24/24 จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและปริมาณ GABA พบว่าในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่เลือก เมื่อเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกจะมีอัตราการงอก ปริมาณ GABA และความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ความหนืด และความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และระยะเวลาในการแช่น้ำและเพาะงอกที่เหมาะสมสำหรับการทำแป้งข้าวงอกที่มีสีคือ ข้าวสังข์หยดแช่น้ำ 12 ชม./เพาะงอก 36 ชม. (12/36) และข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 24 ชม./เพาะงอก 24 ชม. (24/24) โดยในแป้งข้าวงอกจะมีปริมาณ GABA เท่ากับ 445 และ 715 มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัมเอมบริโอ (นน.เปียก) ตามลำดับ

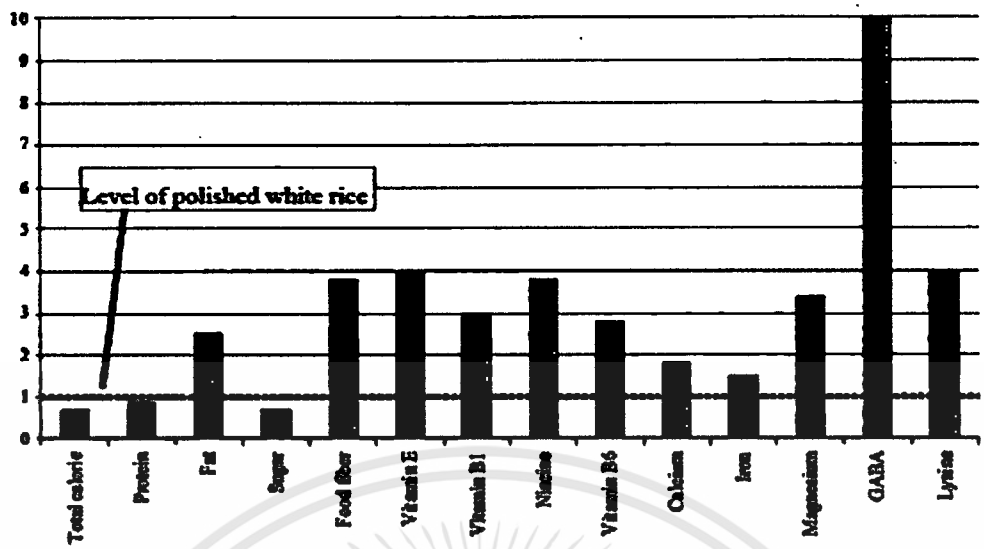
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Juyjaihoem and Narkrugsa (2011) ศึกษาผลของการแช่ต่อลักษณะการงอกของข้าวเปลือก องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณ GABA ในข้าวเปลือกงอก โดยศึกษาในข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 และพิษณุโลก2 ทดลองโดยนำข้าวเปลือกแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 วัน โดยไม่เปลี่ยนน้ำ และเปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวที่แช่น้ำแล้วใส่กระสอบป่านนำไปเพาะงอกเป็นเวลา 12, 24, 36 และ 48 ช.ม. เลือกตัวอย่างข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่น้ำ (วัน)/เพาะงอก(ช.ม.) ที่สั้น มีอัตราการงอกมากกว่า 80% และไม่มีกลิ่นเหม็นมาศึกษาต่อไป โดยเลือกข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาการแช่(วัน)/เพาะงอก(ชม.) ดังนี้ ในการทดลองที่มีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชม. ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี1 คือ 1/24 และ 3/12 ในขณะที่การทดลองของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 1/24 และ 3/24 ส่วนการทดลองที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำของข้าวเปลือกทั้งพันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 1/24 และ 3/24 จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกงอกเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการเพาะงอกหลังจากกะเทาะเปลือกออกแล้วในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกงอกที่ผ่านการแช่น้ำและมีการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชม.จะมีผลทำให้ได้แป้งข้าวที่มีปริมาณ GABA สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกงอกที่ผ่านแช่น้ำแต่ไม่ได้เปลี่ยนน้ำ

2.4 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของข้าวระหว่างการงอก

ในระหว่างกระบวนการงอกของข้าว องค์ประกอบในข้าวกล้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก โดยสารอาหารหลักที่เพิ่ม ขึ้นในข้าวที่งอก คือ GABA เส้นใยอาหาร อินโนซิทอล กรดเฟอรูลิค (ferulic acid) กรดไฟติก (phytic acid) โทโคฟีรอล (tocopherol) แกมมาออริซานอล (gamma oryzanol) แมกนีเซียม (Magnesium) โพแทสเซียม (potassium) และสังกะสี (zinc) คุณค่าทางโภชนาการที่มีในข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาวพบว่าข้าวกล้องงอกมี GABA มากกว่า 10 เท่า มีเส้นใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน และไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่า และวิตามินบี1 วิตามินบี6 มากกว่าประมาณ 3 เท่า (Kayahara and Tsukahara., 2000; Lestienne et al., 2005; Komatsuzaki et al., 2007; Chung et al., 2009; Liang et al. 2009) การเปลี่ยนแปลงสารอาหารมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

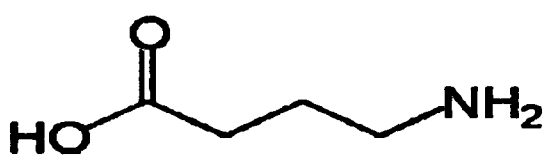


รูปที่ 2.5 ปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุ คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวขาว

ที่มา : Kayahara and Tsukahara. (2000)

2.4.1 สารแกมมาอะมิโนบิวทีริคแอซิด (Gamma amino butyric acid, GABA)

GABA เป็นกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน กล่าวคือเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยหมู่อะมิโน (NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล (COOH) อย่างละ 1 หมู่ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม ในโครงสร้างประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม มีหมู่อะมิโนตรงตำแหน่งแอลฟาคาร์บอน มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ในเมล็ดข้าวกล้องงอก GABA สร้างโดยปฏิกิริยา decarboxylation ของ L-glutamic acid โดยมีเอนไซม์ glutamate decarboxyleas (GAD) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการสร้างหรือสังเคราะห์ GABA (Chung et al., 2009) ปริมาณ GABA ในข้าวเจ้าชนิดอะมิโลสต่ำอยู่ระหว่าง 31.0-37.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมดัพภะ ข้าวเจ้าชนิดอะมิโลสสูงมี 21.4-28.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมดัพภะ ส่วนข้าวเหนียวมีปริมาณ GABA ในช่วง 29.6-72.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมดัพภะ (พัชรี, 2550 อ้างโดย รสพร, 2551)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ GABA

ที่มา : Shelp et al. (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horino et al. (1994) ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณ GABA ในหลายสายพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการแช่ประกอบกับมีการลดลงของกลูตาเมต ทั้งนี้เนื่องจากมีเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (Glutamate decarboxyleas (GAD)) ในจมูกของข้าวสามารถเปลี่ยนกลูตาเมตเป็น GABA จึงทำให้มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นพร้อมกับมีการลดลงของกลูตาเมตในจมูกข้าวของหลายสายพันธุ์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการแช่ที่ 1 และ 4 ชั่วโมง โดยการลดลงของกลูตาเมตมีความสัมพันธ์กันเพียงเล็กน้อยกับการเพิ่มขึ้นของ GABA ในช่วงระยะเวลาเดียวกันทั้งนี้อาจมีการเพิ่มขึ้นของกลูตาเมตโดยผ่านกระบวนการย่อยโปรตีน (proteolysis) ลักษณะดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นชัดเจนในข้าวพันธุ์ Hokkai 269

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

2.4.2 โปรตีนและกรดอะมิโน

โปรตีนในเมล็ดจะพบโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein bodies) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ½ ถึง 10 มิลลิเมตร เมื่อมีการงอกโปรตีนในใบเลี้ยงจะมีปริมาณลดลงเพราะถูกย่อยสลายไปด้วยเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนนี้จะเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เจริญเติบโต ซึ่งจะมีการสร้างโปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนขึ้นใหม่อีกด้วย โปรติโอไลติกเอนไซม์เกิดขึ้นได้โดยมีในโปรตีนที่มีรูปร่างอยู่แล้ว หรืออาจถูกส่งมาจากส่วนอื่นของเมล็ด อย่างไรก็ตามในการที่ย่อยสลายโปรตีนในเมล็ดได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องมีเอนไซม์โคเปปทิเดสด้วย จึงต้องมีการสังเคราะห์ขึ้นมา เอนไซม์ชื่อ vivilinpeptidohydrolase ถูกสังเคราะห์ในไซโตพลาสซึมในช่วง 3 วันแรกของการงอกในวันที่ 4 จะมีการเคลื่อนย้ายเอนไซม์นี้ไปในโปรตีนที่มีรูปร่าง (วันชัย, 2537 อ้างโดยรสพร, 2551)

ในเมล็ดธัญชาติ โปรตีนส่วนใหญ่จะสะสมไว้ในเมล็ดในระหว่างการงอกโปรตีนที่สะสมไว้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น (Taylor, 1983 อ้างโดย รสพร, 2551) ได้ศึกษาการงอกของเมล็ดข้าวฟ่างพบว่าในขณะที่เมล็ดพืชกำลังงอก จะมีการผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีน (โปรติเนส และเปปติเดส) เอนไซม์เหล่านี้จะย่อยสลายโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนให้มีขนาดของโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กลง และพบว่าข้าวฟ่างหลังการงอก 7 วัน มีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีนมากกว่าร้อยละ 60 และพบว่า กรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นในระหว่าง การงอก กรดอะมิโนบางตัวจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อสังเคราะห์โปรตีน

2.4.3 เอนไซม์

คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในเมล็ดส่วนใหญ่จะเป็นอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ในขณะที่เมล็ดงอกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์อัลฟาอะมิเลสเพิ่มขึ้นเพื่อย่อยอะมิเลสและอะมิโลเพคตินให้มีโมเลกุลเล็กลง คือ เด็กซ์ทริน และโมโนแซคคาไรด์เพื่อส่งไปเลี้ยงบริเวณตัพภะของเมล็ดการเปลี่ยนรูปของคาร์โบไฮเดรตจะมีผลต่อความหนืดของแป้งเนื่องจากโมโนแซคคาไรด์ และเด็กซ์ทรินไม่พองตัวในน้ำร้อน ทำให้อาหารที่ผลิตจากข้าวกล้องงอก มีความหนืดต่ำกว่าอาหารที่ผลิตจากข้าวธรรมดา (อัมพร, 2543 อ้างโดย รสพร, 2551) ได้นำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาเพาะให้งอก พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะมิเลสมีค่าสูงขึ้นจากเมล็ดปกติ (0.32 หน่วย) โดยเมล็ดข้าวที่เพาะที่ 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เป็น 10.30, 11.02, 11.70 และ 11.70 หน่วย ตามลำดับ

Premsuda et al. (2008) ศึกษาการงอกของข้าวเหนียว (กข 6) และที่ไม่ใช่ข้าวเหนียว (กข 17) โดยหาปริมาณ reducing sugars, free amino nitrogen, pH และกิจกรรมของเอนไซม์ ศึกษาในระยะเวลามากกว่า 7 วัน จากการทดลองพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของ amylolytic enzymes และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ และพบว่า กข 6 มีระดับน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่า และกิจกรรมของ amylolytic enzymes สูงกว่าซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ซึ่งมีระดับสูงสุดในวันที่ 3 ของการงอก อย่างไรก็ตาม free amino nitrogen ใน กข 6 มีต่ำกว่าใน กข 17 จากการวิเคราะห์น้ำตาลทำให้รู้ว่า กข 6 มีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส และโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด เคยมีรายงานว่าการงอกของข้าวพันธุ์ กข 6 ที่เวลาต่างๆ ถูกนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ malted rice syrup โดยผ่านการบดหลังจากที่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล malted rice syrup จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส และมีโอลิโกแซ็กคาไรด์แตกต่างกัน โดยเฉพาะ isomaltose, panose และ isomaltrotriose ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น prebiotic ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 กลไกการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการผลิต GABA ในข้าวงอก

การสังเคราะห์ปริมาณ GABA เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์-บอกซีเลสซึ่งจะเปลี่ยนกลูตาเมตเป็น GABA แต่กระบวนการเมตาบอลิซึมของ GABA มีกลไกที่เกี่ยวข้องหลายขอย่าง (Shelp et al., 1999) ดังแสดงรูปที่ 2.7 มีการเปลี่ยนและผันกลับของกลูตาเมตไปเป็นซักซิเนทโดยผ่านทาง GABA

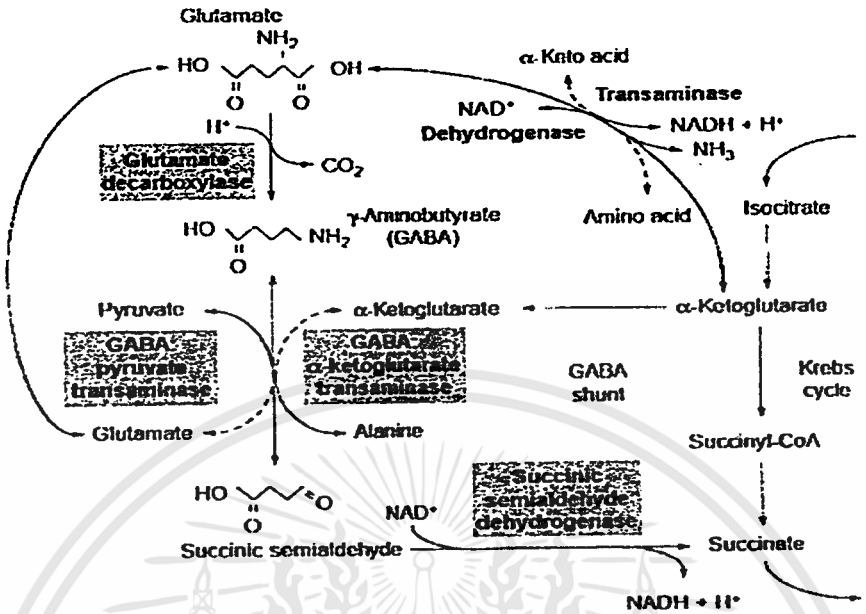
ลำดับที่หนึ่ง การเปลี่ยนและผันกลับโดยกระบวนการแอลฟา-ดีคาร์บอกซิเลชัน (α-decarboxylation) ของกลูตาเมต โดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (GAD, EC 4.1.1.15) มีความจำเพาะกับกลูตาเมต เปลี่ยนกลูตาเมตเป็นสาร GABA และความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์นี้ ประมาณ 5.5-5.8 (Shelp et al., 1999)

ลำดับที่สอง เอนไซม์ GABA-ทรานสมิเนส (GABA-transaminase) (GABA-T;EC 2.6.1.19) จะกระตุ้นการผันกลับของ GABA ไปเป็นซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ (Succinic semialdehyde) โดยมีไพรูเวท (pyruvate) หรือแอลฟา-คีโตกลูตาเลท (α-ketoglutarate) เป็นตัวรับ (acceptor) ซึ่งมีกิจกรรมเอนไซม์ GABA-แอลฟา-คีโตกลูตาเลท ทรานสมิเนส (GABA-α-ketoglutaratetransaminase) และ GABA-ไพรูเวท ทรานสมิเนส (GABA-pyruvate transaminase) ตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 8-10 (รูปที่ 2.7)

ลำดับสุดท้าย เอนไซม์ซักซินิกเซมิแอลดีไฮด์ดีไฮโดรจิเนส (succinic semialdehyde dehydrogenase ; SSADH; EC 1.2.1.16) จะเปลี่ยนซักซินิกเซมิแอลดีไฮด์ไปเป็นซักซิเนท (succinate) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ผันกลับ กิจกรรมของเอนไซม์นี้อยู่ในช่วงที่เป็นด่างโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมประมาณ 9

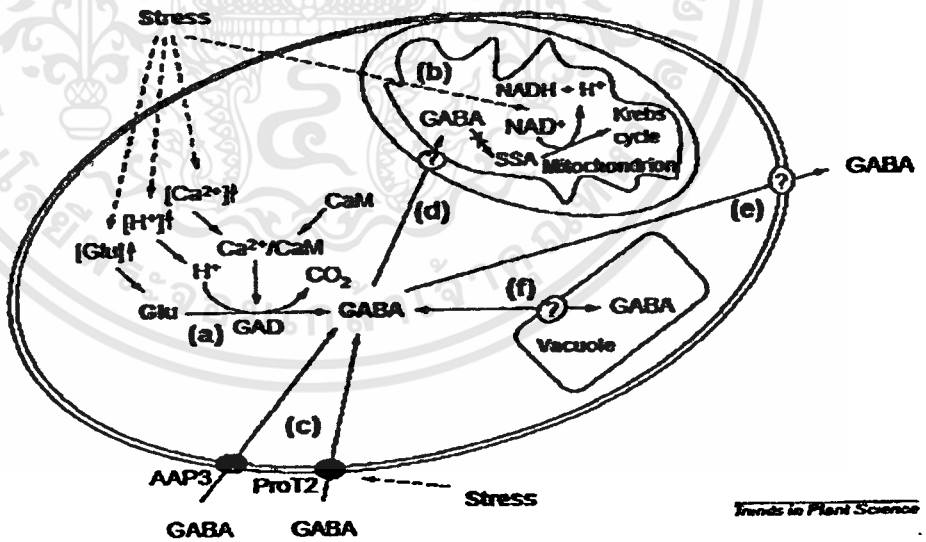
122980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของ GABA

ที่มา : Shelp et al. (1999)



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ของ GABA เมื่อเซลล์ได้รับความเครียด

ที่มา : Shelp et al. (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่พืชได้รับความเครียดจะส่งผลให้ระดับของแคลเซียมอิออนต่อแคลโมดูลิน (Ca^{2+}/ calmodulin) หรือไฮโดรเจนอิออน (H^+) และกลูตาเมตทำให้เกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์ GABA โดยกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.8

2.4.4 สารต้านคุณค่าทางโภชนาการ

สารต้านคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในเมล็ดธัญพืชคือกรดไฟติกและแทนนิน สารดังกล่าวมีปริมาณลดลงเมื่อเมล็ดงอก (Elmaki และคณะ1990 อ้างโดย รสพร, 2551) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวพันธุ์ที่มีสารแทนนินระดับต่ำ (ร้อยละ 0.32) และสูง (ร้อยละ 1.44) ที่นำมาเพาะให้งอกที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีน เส้นใยหยาบ ไขมัน และเถ้าลดลงน้อยหลังจากแช่น้ำ ในขณะที่สตาร์ชถูกย่อยมากขึ้นส่วนปริมาณแทนนินมีการสูญเสียร้อยละ 55-66 และ 98-99 ระหว่างการงอก 72 ชั่วโมง ในพันธุ์ที่มีแทนนินต่ำและสูงตามลำดับ จากการศึกษาสามารถลดปริมาณแทนนินลงได้ด้วยการเพาะเมล็ดให้งอก ทั้งนี้เนื่องจากสารแทนนินมีผลในการชะลอการย่อยโปรตีนและแป้ง

2.5 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการงอกของเมล็ดมีหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายในและภายนอก ปัจจัยภายนอกที่สำคัญคือ น้ำ อากาศ และอุณหภูมิ โดยสภาวะที่จะใช้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเมล็ด (Copeland and McDonald, 2001)

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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ คุณภาพของเมล็ด และระยะเวลาจากการเก็บรักษา อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 15-30 °ซ และอุณหภูมิที่สูงสุดในหลายสายพันธุ์ 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

การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าว-เหนียวดำ ที่เพาะปลูกในหมู่ 8 ตำบลมะกอกเหนือ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เก็บเกี่ยวในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ 2553

3. 2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องสีข้าว

3.2.2 เครื่องบด (Retsch, ZM1000 Germany)

3.3.3 ตู้อบแห้งแบบถาด (Path OV663, Thailand)

3.3.4 เครื่องปิดผนึกด้วยสุญญากาศ (Worakulchai, Thailand)

3.3.5 ตู้อบลมร้อน (Path OV663, Thailand)

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

3.3.7 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (Dietary Fiber Analysis) (Model FIWE, VELP Scientefica, Italy)

3.3.8 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง Spectrophotometer (Shimadzu, 1700, Japan)

3.3.9 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืด (Brabender Viscograph E 2.4.6, USA)

3.3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope) JEJOL Model JSM-5,900LV

3.3.11 เครื่องผสม Rotor mixer (R2R 2. Heidolph KG Germany)

3.3.12 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)

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

3.3.14 ตู้แช่แข็ง (Deep freezer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.15 ตู้เพาะงอก

3.3.16 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดค่าง (Suntex SP701, Taiwan)

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

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

3.3 สารเคมี

3.3.1 Gamma-aminobutyric acid (Sigma, USA)

3.3.2 Amylose from potato (Sigma, USA)

3.3.3 Iron (III) chlorides (Sigma, USA)

3.3.4 Ethanol 95% (Italmar, Thailand)

3.3.5 Ferulic acid (Sigma, USA.)

3.3.6 Acetronitrile (Sigma, USA)

3.3.7 Acetic acid (Merck, Germany)

3.3.8 Phosphoric acid (Merck, Germany)

3.3.9 Folin-Cocialteu reagent (Sigma, USA)

3.1.10 Sulfuric acid (Merck, Germany)

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

3.1.12 Gallic acid (Sigma, USA)

3.1.13 Sodium chloride (Ajax Finechem, Australia)

3.1.14 Sodium hydroxide (Ajax Finechem, Australia) 20

3.1.15 Trihydroxymethylaminomethane (Merck, Germany)

3.1.16 Phosphoric acid (Merck, Germany)

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

3.1.18 Protease (Sigma, USA)

3.1.19 Amyloglucosidase (Sigma, USA)

3.1.20 Acetic acid (Merck, Germany)

3.1.21 Potassium sulpate (Merck, Germany)

3.1.22 Boric acid (Ajax Finechem, Australia)

3.1.23 Petrolem ether (Ajax Finechem, Australia)

3.1.24 Glucoamylase (Sigma, USA)

3.1.25 Sodium carbonate (Ajax Finechem, Australia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.26 Hydrochloric acid (Merck, Germany)

3.1.27 Potassium phthalate (Sigma, USA)

3.1.28 Potassium sodium tartrate (Sigma, USA)

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.4.1 ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 ตึก Processing คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบในการทดลอง ได้แก่ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ จากหมู่ 8 ตำบลมะกอกเหนือ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เก็บเกี่ยวในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ 2553 เก็บไว้ในกระสอบพลาสติกสีขาวบรรจุถุงละ 25-30 กิโลกรัม เก็บรักษาในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 10 -15 องศาเซลเซียส

3.5.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะข้าวเปลือกให้งอก

ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกกับปริมาณน้ำที่สามารถดูดซับได้ โดยนำข้าวเปลือกสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ อย่างละ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง แช่ในน้ำปริมาตร 300 มิลลิลิตร แช่ที่ระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้องโดยเปลี่ยนน้ำทุกๆ 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแช่ตามที่กำหนดแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง จนไม่มีหยดน้ำ แล้วแบ่งนำมาหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกทั้ง 2 พันธุ์ ตามวิธี AOAC (1995) จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่แล้วมาเพาะให้งอก โดยใส่ข้าวเปลือกในกระสอบป่านแล้วเย็บปิดให้สนิทเพาะในตู้บ่มที่ทึบแสง ควบคุมอุณหภูมิที่ 34-35 องศาเซลเซียส และมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% โดยตรวจสอบร้อยละการงอกของข้าวทุก 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง และหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือก ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ 5×5 Factorial in CRD คือ ระยะเวลาแช่ 5 ระดับ × ระยะเวลางอก 5 ระดับ Factorial experiment แบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design, CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมด้วย SPSS version 11.5 เลือกระยะเวลาการแช่น้ำและระยะเวลาการเพาะงอกที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด มีร้อยละการงอก 80 ขึ้นไป และไม่มีกลิ่นเหม็นเพื่อเป็นสภาวะที่ใช้ในการทำแป้งข้าวงอกต่อไป

3.5.3 การผลิตแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี

นำข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ อย่างละ 10 กิโลกรัม มาแช่ตามระยะเวลาที่ได้เลือกไว้ และเมื่อแช่น้ำครบกำหนดแล้วนำข้าวเปลือกใส่ในกระสอบป่านที่เปียกแล้วเย็บปิดให้สนิท จากนั้นนำมาเพาะในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 34-35 องศาเซลเซียส โดยมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% หลังครบเวลาการเพาะตามกำหนดแล้วนำข้าวเปลือกงอกที่ได้ไปลดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยตู้อบแบบถาด (Tray dryer Path OV663, Thailand) ที่ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ระหว่าง 14-15 % และสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อไปถ่ายภาพ SEM ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) (JEOL, JSM-6301F, Japan) ส่วนที่เหลือนำมากะเทาะเปลือกออก และนำไปบดด้วยเครื่องบดแป้ง (แบบ Hammer mill) พร้อมร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุแป้งข้าวงอกที่ได้ในถุงพลาสติก PE (polyethylene bag) เพื่อนำมาวิเคราะห์ และศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพต่อไป

3.5.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอก

3.5.4.1 ความชื้น ตามวิธี AOAC. (1995)

3.5.4.2 ปริมาณสาร GABA ตามวิธี Liu et al. (1995)

3.5.4.3 วิตามินบี2 ตามวิธี AOAC. (2000)

3.5.4.4 วิตามินบี3 ตามวิธี AOAC. (1980)

3.5.4.5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) โดยวิธี DNS method ตามวิธี Neilson. (1998)

3.5.4.6 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound) ตามวิธี Singleton and Lamuela-Raventos (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.7 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธี Brand-William et al. (1995)

3.5.4.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ตามวิธี Benzie and Strain. (1999)

3.5.4.9 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber, TDF) ตามวิธี AOAC. (1995)

3.5.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของแป้งข้าวงอก

3.5.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index : WAI) ตามวิธี Narkrugsa. (1996)

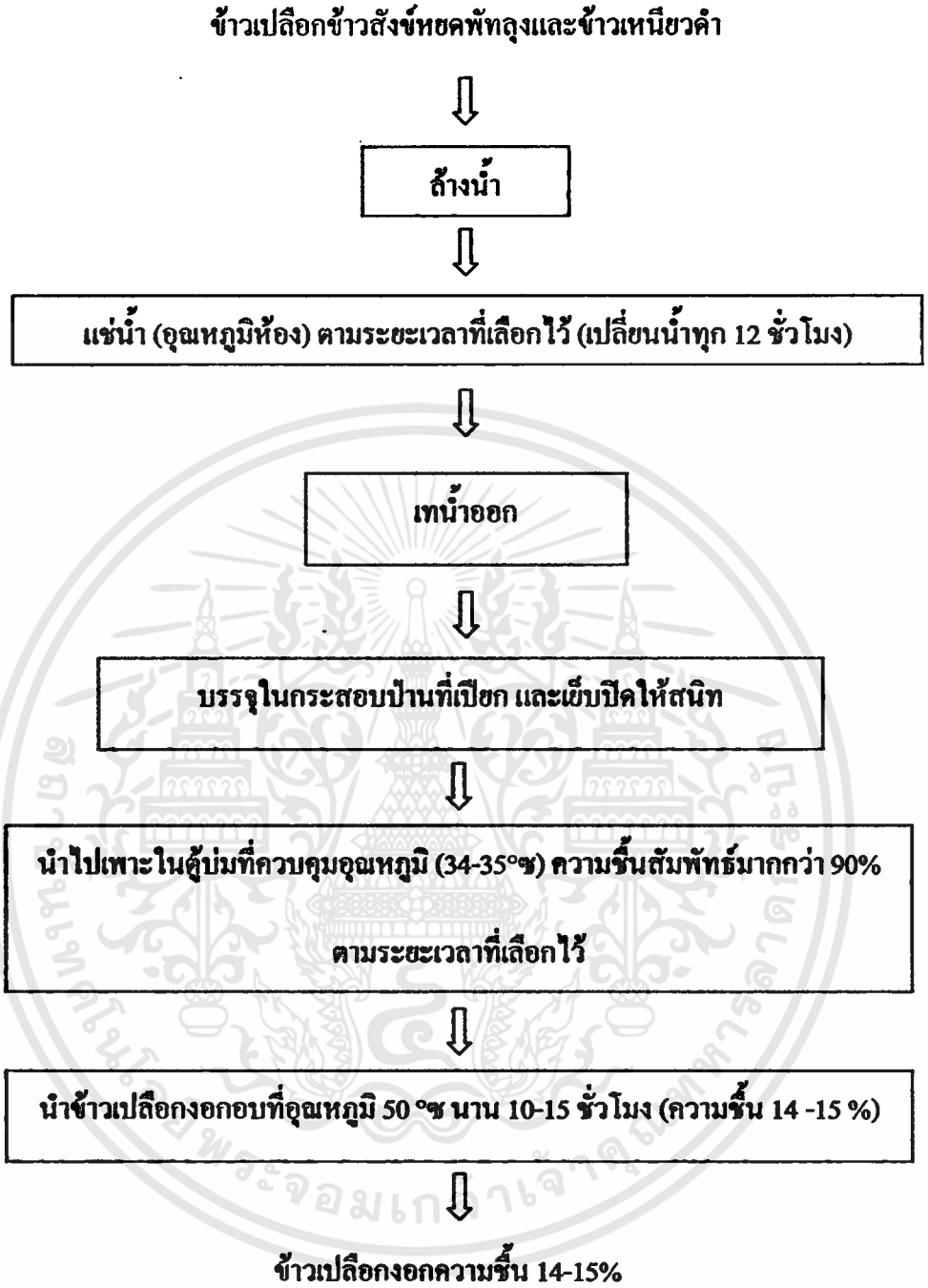
3.5.2 ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index : WSI) ตามวิธี Narkrugsa. (1996)

3.5.3 ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw stability) ตามวิธี Narkrugsa. (1996)

3.5.4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสระหว่างการทำให้ร้อนและเย็น (โดยการใช้ เครื่องบราเบนเดอร์) ที่ 700 cmg ตามวิธี Narkrugsa (1996)

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

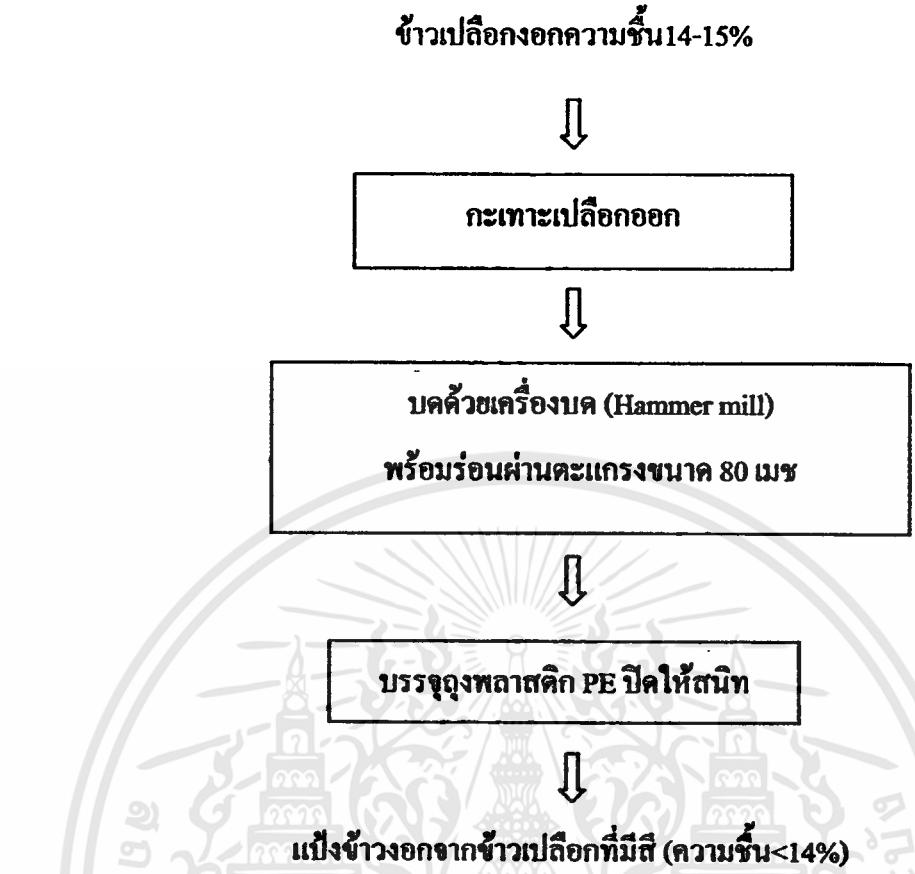
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตข้าวงอกจากข้าวเปลือกที่มีสี

ที่มา: ดัดแปลงจากวิธีของ Komatsuzaki et al. (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตแป้งข้าวงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก โดยแช่ข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ในน้ำเป็นระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเพาะให้งอกเป็นระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำมานับและคำนวณหาร้อยละการงอก และหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่ภายในเมล็ดข้าวเปลือก จากการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก กับปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอก พบว่าถ้าแช่ข้าวเปลือกนานขึ้นปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเป็นแนวโน้มเดียวกัน ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงอยู่ระหว่าง 13-40% และข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวเหนียวดำอยู่ระหว่าง 13-41% (ตารางผนวกที่ จ.1) แสดงให้เห็นว่าการที่เมล็ดข้าวเปลือกแช่อยู่ในน้ำนั้น ข้าวเปลือกสามารถดูดซึมน้ำเข้าไปได้ 2-3 เท่า เมื่อเทียบข้าวเปลือกที่ไม่ได้แช่น้ำ ซึ่งเพียงพอที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคัพภะในสภาวะที่ขาดออกซิเจน (anoxia condition) ทำให้มีการงอกเกิดขึ้นในส่วนของคัพภะ โดยทั้ง 2 สายพันธุ์จะเริ่มงอกเมื่อนำเมล็ดข้าวเปลือกแช่น้ำ 12 ชั่วโมงไปเพาะงอกที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puangwerakul (2007) และ Maisont and Narkrugsa (2010) ที่กล่าวไว้ว่าข้าวเปลือกจะงอกได้ต้องมีปริมาณน้ำที่ดูดซึมเอาไว้ประมาณ 30-40% จากการทดลองหาอัตราการงอกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าร้อยละการงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงอยู่ระหว่าง 69-97% (แช่น้ำ 12 ชม./เพาะงอก 24 ชม. - แช่น้ำ 48 ชม./เพาะงอก 48 ชม.) และในข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวเหนียวดำมีร้อยละการงอกอยู่ระหว่าง 75-98% (แช่น้ำ 12 ชม./เพาะงอก 24 ชม. – แช่น้ำ 48 ชม./เพาะงอก 48 ชม.) ดังตารางผนวกที่ จ.1 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อนำข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ไปแช่น้ำและเพาะให้งอกเป็นระยะเวลานานขึ้นร้อยละการงอกก็จะเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.2) จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำกับปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดของข้าวเปลือกที่แช่น้ำเพียงอย่างเดียวโดยไม่ผ่านการเพาะงอก พบว่ามีค่า 0.965 และ 0.486 ในข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำร่วมกับระยะเวลาในการเพาะงอกกับร้อยละการงอก พบว่ามีค่า 0.576 และ 0.616 ในข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ จ.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

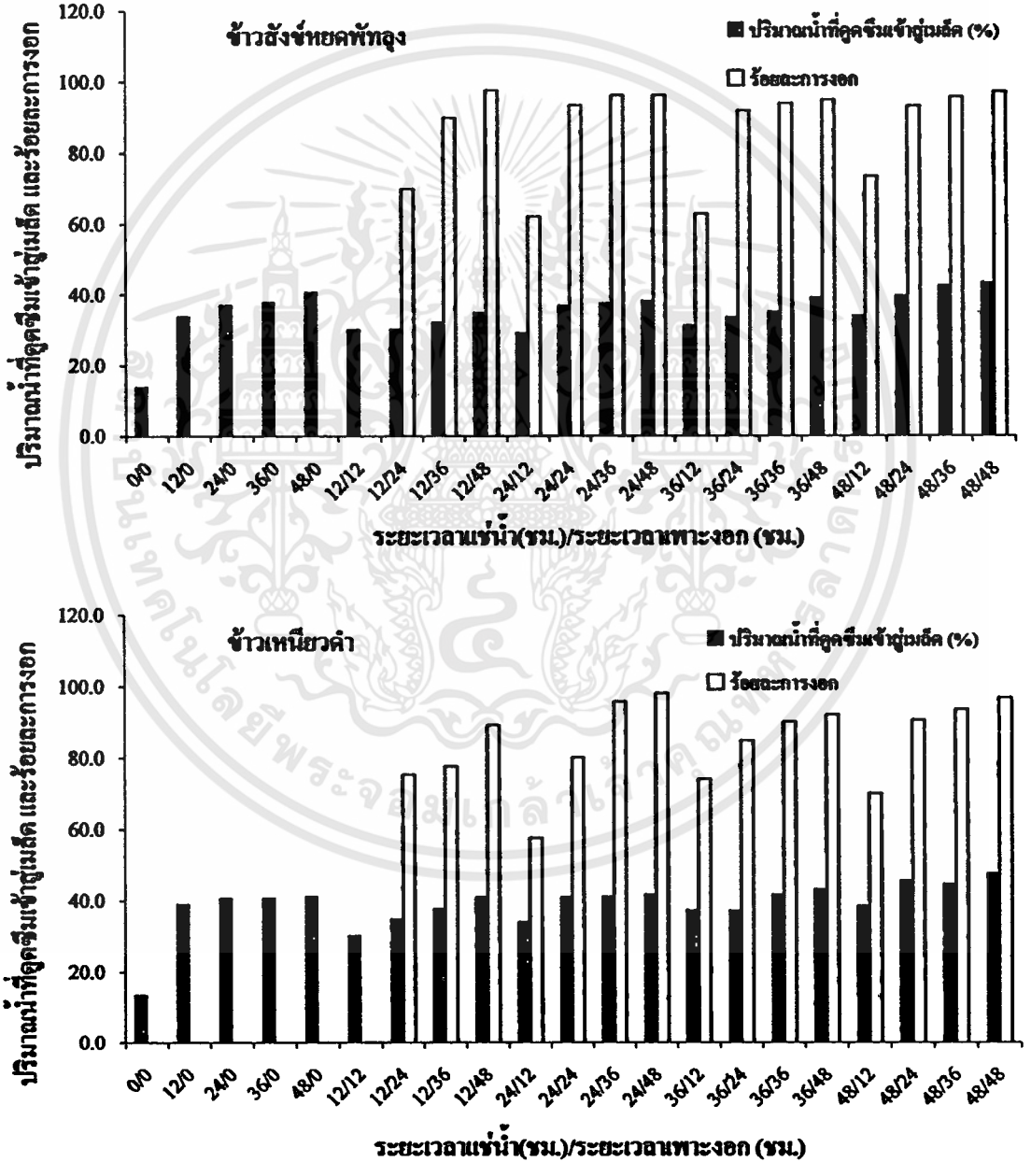
เมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกตามระยะเวลาที่เลือกมาถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM (Scanning Electron Microscope) โดยนำเมล็ดข้าวมาตัดตามขวางเพื่อตรวจสอบช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์ม และตัดตามยาวเพื่อดูขนาดของเอมบริโอ แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °ซ.ก่อนนำตัวอย่างไปยึดติดบนแท่น (stuff) แล้วถ่ายภาพของเอมบริโอ ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านแช่น้ำ จากผลการทดลองเมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ทั้งที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาต่างๆ มาตัดตามขวาง (รูปที่ 4.3) พบว่าเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกช่องว่างระว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวเปลือกเกิดการงอกมีการผลิตเอนไซม์ และย่อยสลายสารอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นแป้งในเอนโดสเปิร์ม โดยเอนไซม์ α-amylase จะย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ส่วนที่เป็นเอนโดเสปิร์มมีขนาดลดลง ทำให้เกิดช่องว่างระว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มมากขึ้น และเมื่อนำเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาต่างๆ มาตัดตามยาว (รูปที่ 4.4) พบว่าเมื่อข้าวเปลือกผ่านการแช่น้ำขนาดของเอมบริโอจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับเอมบริโอของข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก แสดงว่าเกิดกิจกรรมในเมล็ดข้าวเปลือก ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเอมบริโอ และเกิดช่องว่างระหว่างเอนโดสเปิร์มกับเปลือก คล้ายกับงานของ Ayenor and Ocloo (2007) และ Maisont and Narkrugsa (2010) พบว่าจากการงอกที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่ขาดออกซิเจนของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก ภายในเมล็ดจะมีกิจกรรมการย่อยสลายแป้งในส่วนของเอนโดสเปิร์มในเมล็ดข้าวเปลือกเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ทำให้เอนโดสเปิร์มมีขนาดเล็กลง และเกิดช่องว่างระหว่างเพอริคาร์ปกับส่วนของเมล็ดมากขึ้น

จากการถ่ายภาพด้วย SEM ของข้าวเปลือกที่ตัดตามยาว และตัดตามขวาง เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์ม และขนาดของเอมบริโอที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ในข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาต่างๆ ยังเห็นผลไม่ชัดเจน ไม่ควรนำมาใช้ในการพิจารณาความแตกต่าง ควรใช้การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีในการติดตามกิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งในการทดลองนี้เมื่อแช่ข้าวนานขึ้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มสูงขึ้น

ดังนั้นในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้พิจารณาจากระยะเวลาการแช่น้ำและการเพาะงอกที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด มีร้อยละการงอก 80 ขึ้นไป และไม่มีกลิ่นเหม็น จึงได้เลือกข้าวเปลือกพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำ(ชม.)/เพาะงอก(ชม.) ดังนี้ ข้าวสังข์หยดพัทลุงสภาวะที่เหมาะสมคือ 12/36 ชม.และ 24/24 ชม. และข้าวเหนียวดำสภาวะที่เหมาะสมคือ 12/48 ชม. และ 24/24 ชม. เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

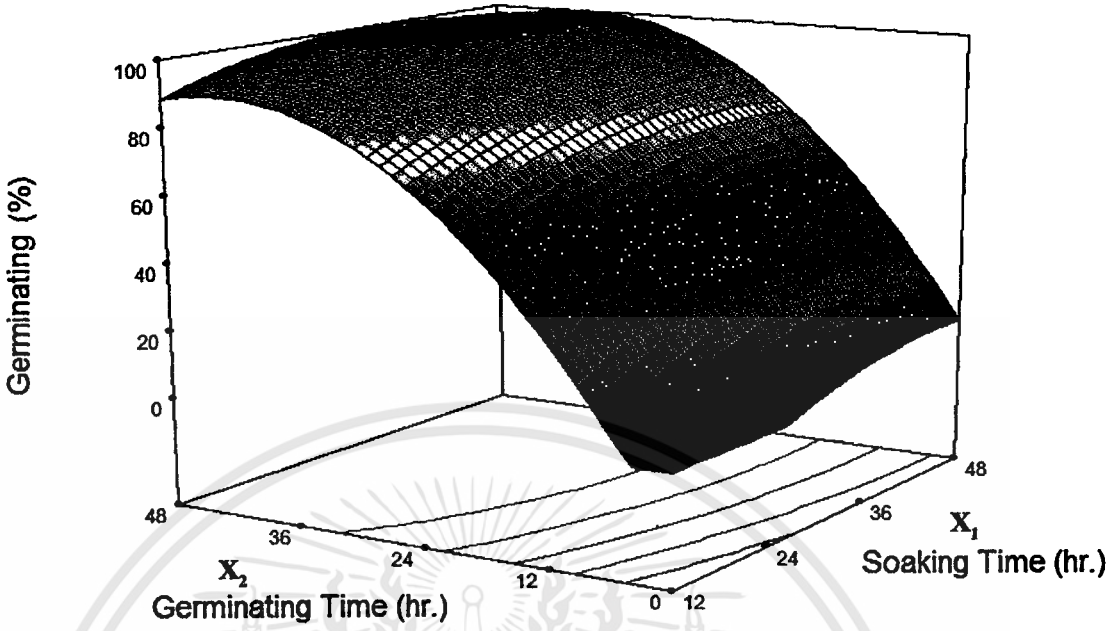
ลักษณะของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการเพาะงอกตามระยะเวลาที่เลือกมีลักษณะดังตารางที่ 4.2 พบว่าข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 36 ชม. และข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 48 ชม. ลักษณะรากที่งอกออกมายาวกว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. อาจเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเพาะงอกนานกว่า จึงทำให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมในการงอกของเมล็ดข้าวได้ดีกว่าสภาวะที่ใช้ระยะเวลาการเพาะน้อยจึงทำให้เกิดรากที่ยาวกว่าหรือเรียกว่าเกิดรากแท้



รูปที่ 4.1 กราฟปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ ที่แช่น้ำและเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

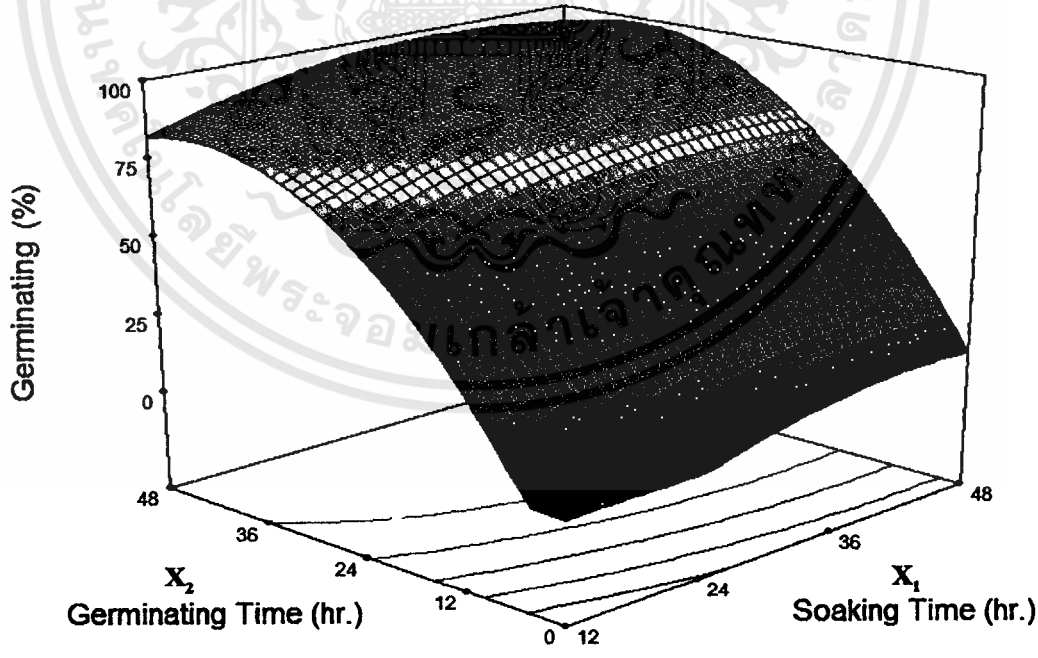
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = -44.086 + 2.405\ X_1 + 5.378\ X_2 - 0.015\ X_1X_2 - 0.026\ X_1^2 - 0.062\ X_2^2\ (r^2 = 0.92)$$



ข้าวสังข์หยดพัทลุง

$$Y = -43.005 + 2.467\ X_1 + 4.985\ X_2 - 0.010\ X_1X_2 - 0.028\ X_1^2 - 0.058\ X_2^2\ (r^2 = 0.91)$$

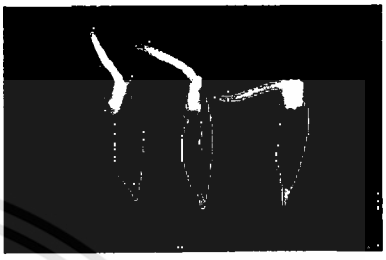
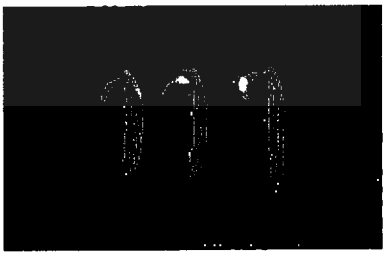


ข้าวเหนียวดำ

รูปที่ 4.2 ผลของระยะเวลาในการแช่และระยะเวลาการเพาะงอกต่อร้อยละการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

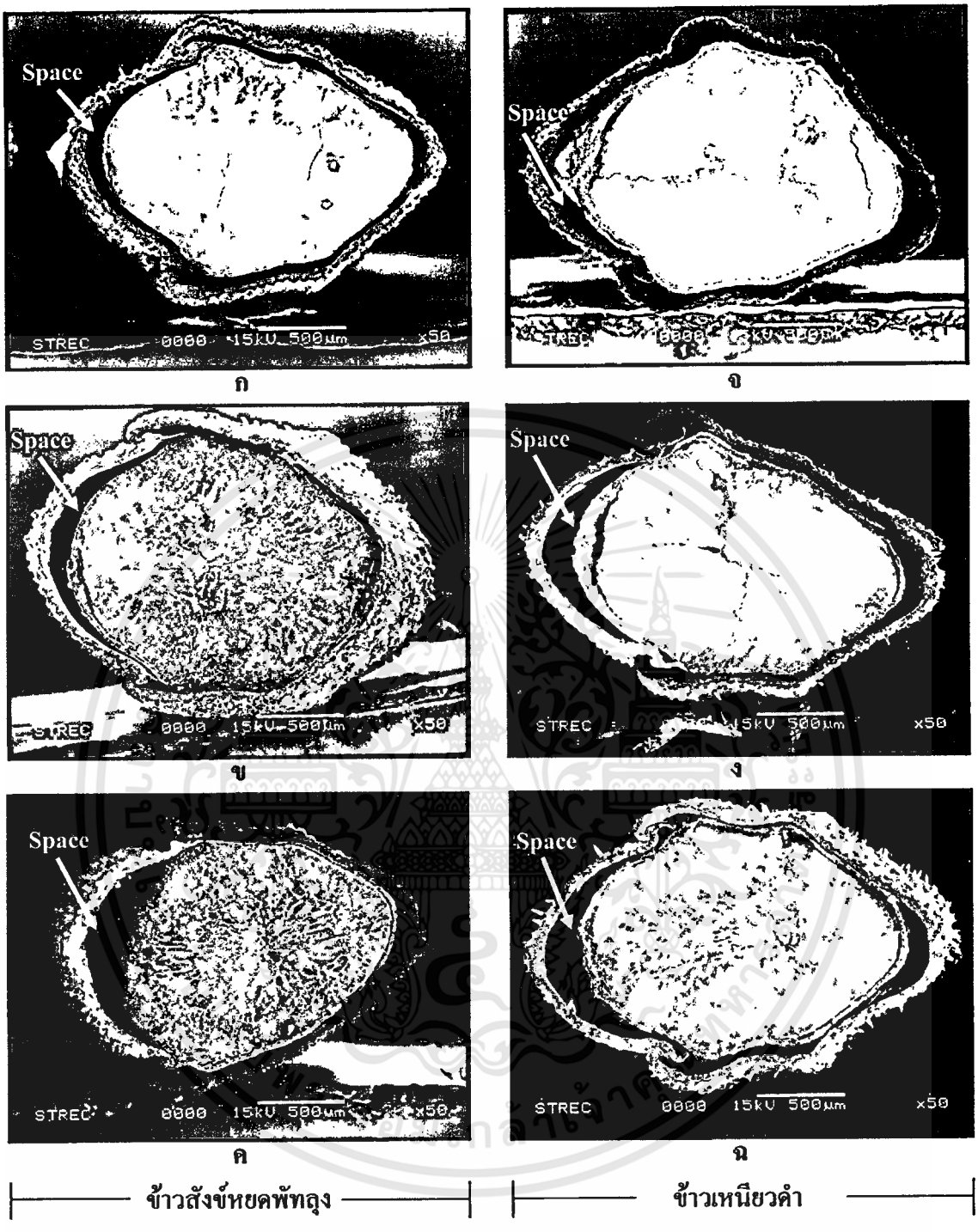
ตารางที่ 4.1 ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและผ่านการเพาะงอกที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (แช่น้ำ, ชม. / เพาะงอก, ชม.)	ร้อยละการงอก	ลักษณะของเมล็ดข้าวงอก
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36	89.75±3.89	
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24	93.25±1.77	
ข้าวเหนียวดำ 12/48	89.00±0.00	
ข้าวเหนียวดำ 24/24	80.00±2.12	

หมายเหตุ 1. ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 24 ชม. และผ่านการเพาะงอก 24 ชม.

2.ร้อยละการงอก ตัวเลขที่แสดงคือ ค่า Mean ± SD

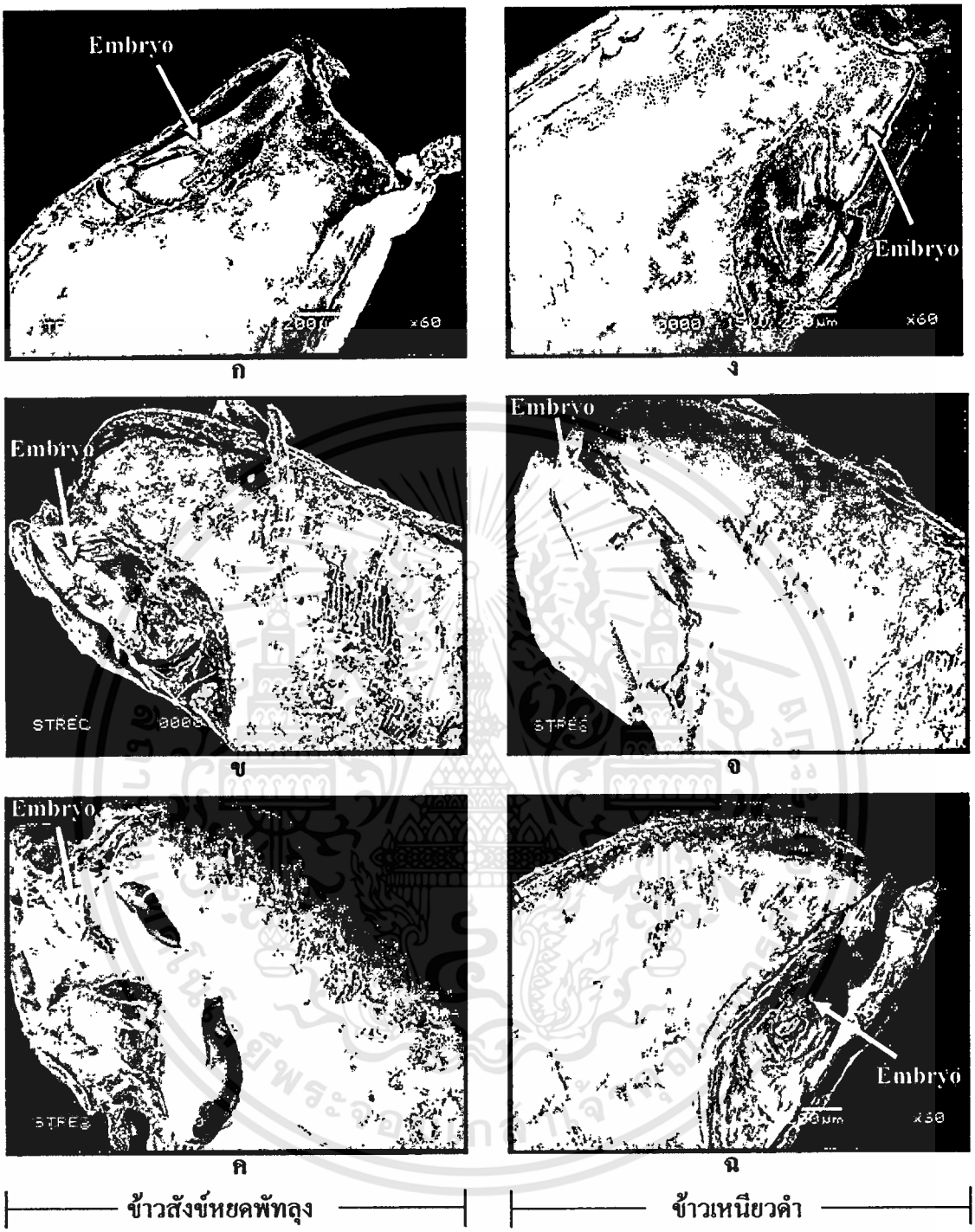
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ภาพถ่าย SEM ของข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำแบบตัดตามขวาง (cross section

หมายเหตุ ก = ข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก ข = ข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 36 ชม. ค = ข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่น้ำ 24 ชม.และเพาะงอก 24 ชม. ง = ข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก จ = ข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 48 ชม. ฉ = ข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 24 ชม.และเพาะงอก 24 ชม. Space = ช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ภาพถ่าย SEM ของข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำแบบตัดตามยาว (long section)

หมายเหตุ ก = ข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก ข = ข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 36 ชม. ค = ข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่น้ำ 24 ชม.และเพาะงอก 24 ชม. ง = ข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก จ = ข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 48 ชม. ฉ = ข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 24 ชม.และเพาะงอก 24 ชม. Embryo = คัพภะของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอก

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ดังตารางที่ 4.2 พบว่า แป้งข้าวงอกพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีความชื้นอยู่ระหว่าง 9.26-12.07% ส่วนแป้งข้าวงอกพันธุ์ข้าวเหนียวดำมีความชื้นอยู่ระหว่าง 9.07-11.77%

จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี2 และวิตามินบี3 ในแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าแป้งข้าวงอกที่ได้จากข้าวสังข์หยดพัทลุง มีวิตามินบี2 อยู่ในช่วง 0.052-0.062 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยปริมาณวิตามินบี2 ในแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำที่ 12 ชั่วโมงและเพาะงอกที่ 36 ชั่วโมง มีปริมาณวิตามินบี 2 ลดลงเล็กน้อย แต่แป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชั่วโมง มีปริมาณวิตามินบี 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก อาจเนื่องจากวิตามินบี2 สามารถละลายน้ำได้ จึงละลายออกมากับน้ำที่ใช้ในการแช่จึงทำให้ปริมาณวิตามินบี2 ลดลง คล้ายกับงานวิจัยของ Moongngarm and Saetung (2010) พบว่าในข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีปริมาณวิตามินบีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก เนื่องจากมีเปลือกห่อหุ้มเมล็ดอยู่ช่วยป้องกันการละลายของวิตามินบีได้ ในขณะที่แป้งข้าวเหนียวดำที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะมีปริมาณวิตามินบี2 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณวิตามินบี2 อยู่ในช่วง 0.08-0.12 มิลลิกรัม/100 กรัม สำหรับปริมาณวิตามินบี3 ในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก โดยแป้งข้าวสังข์หยดมีปริมาณวิตามินบี3 อยู่ในช่วง 4.56-11.82 มิลลิกรัม/100 กรัม ขณะที่ข้าวเหนียวดำมีปริมาณวิตามินบี3 อยู่ในช่วง 4.39-5.89 มิลลิกรัม/100 กรัม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก เปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกในระยะเวลาต่างๆ พบว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ระหว่าง 1.72-33.32 มิลลิกรัมกลูโคส/กรัม และแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ระหว่าง 4.92-68.25 มิลลิกรัมกลูโคส/กรัม จะเห็นว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกเพิ่มขึ้นจากแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอกประมาณ 19.37 และ 13.87 เท่า ตามลำดับ คล้ายกับงานวิจัยของ Moongngarm and Saetung (2010) พบว่าข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอกประมาณ 17.25 เท่า (863%) เนื่องจากในขณะที่เมล็ดงอกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์แอลฟาอะมิเลส เบต้าอะมิเลสเพิ่มขึ้นเพื่อย่อยอะมิโลส และอะมิโลเพคตินให้มีโมเลกุลเล็กลงได้เป็นเด็กซ์ตรินและโมโนแซคคาไรด์ จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น เช่นกลูโคส และฟรัคโทส (Ayernor and Ocloo, 2007)

ปริมาณเส้นใยอาหาร (Total dietary fiber, TDF) ของแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะมีปริมาณเส้นใยอาหารไม่แตกต่างกันซึ่งมีประมาณ 5.87-6.03% และในข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะไม่แตกต่างกันซึ่งมีประมาณ 6.22-6.36% เมื่อข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 เท่า ปริมาณเส้นใยอาหารที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากในสภาวะที่ดัพภะและเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดมีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมา เพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่สะสมเอาไว้ในส่วนของเอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดข้าว ทำให้เกิดการงอกในบริเวณดัพภะของเมล็ด มีการสร้างราก (radical) และยอดอ่อน (plumule) ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ (Manna et al., 1995) จึงทำให้แป้งข้าวงอกมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ และไม่ผ่านการเพาะงอก

ส่วนปริมาณ GABA ในข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่พบปริมาณ GABA ส่วนในข้าวงอกพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีปริมาณ GABA อยู่ระหว่าง 370-445 มิลลิกรัม/100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก) และในข้าวเหนียวดำมีปริมาณ GABA อยู่ระหว่าง 440-715 มิลลิกรัม/100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก) คล้ายกับรายงานของ Maisont and Narkrugsa (2010) พบว่าหลังจากการแช่ข้าวเปลือกเป็นเวลา 12-60 ชั่วโมง ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นจาก 80-120 มก./100 ก. เอมบริโอ (น้ำหนักเปียก) จากรายงานของ Howell et al. (2009) พบว่าหลังจากการแช่ข้าว 1 ชั่วโมง เอมบริโอของข้าวจะมีการเปลี่ยนแปลงเมทาบอลิซึมอย่างรวดเร็ว รวมถึงการเพิ่มขึ้นของแกรมม่า-อะมิโนบิวทิริกเอซิด (γ-aminobutyric acid) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในขณะที่นำข้าวเปลือกแช่น้ำและนำมาเพาะให้งอกจะเกิดปฏิกิริยา decarboxylation ของ L-glutamic acid มีเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (Glutamate decarboxylase ,GAD) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้กลูตามิกเอซิด (glutamix acid) ลดลง ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตสาร GABA จึงทำให้ปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้น (Oh, 2003; Komatsuzaki et al., 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีของแป้งข้าวงอกที่ได้จากข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ

พันธุ์ (ระยะเวลาแช่น้ำ, ชม. / เพาะงอก, ชม.)	ความชื้น (%) (นน.แห้ง)	วิตามินบี 2 (มก./100 ก.) (นน.แห้ง)	วิตามินบี 3 (มก./100 ก.) (นน.แห้ง)	น้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส/ 1 ก.) (นน.แห้ง)	เส้นใยอาหาร (%) (นน.แห้ง)	GABA (มก./100 ก. เอมบริโอ, นน.เปียก)
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0	12.07±0.13^{a}	0.058±0.00^{a}	4.56±0.03^{c}	1.72±0.06^{c}	4.18±0.34^{b}	-
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36	9.26±0.29^{c}	0.052±0.00^{b}	11.82±1.12^{a}	21.13±0.91^{b}	5.87±0.40^{a}	445±0.02^{b}
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24	9.81±0.02^{b}	0.062±0.00^{a}	9.24±0.19^{b}	33.32±1.20^{a}	6.03±0.31^{a}	370±0.01^{b}
ข้าวเหนียวดำ 0/0	11.77±0.05^{a}	0.08±0.00^{c}	4.39±0.16^{b}	4.92±0.09^{c}	4.46±0.45^{b}	-
ข้าวเหนียวดำ 12/48	9.07±0.08^{c}	0.10±0.00^{b}	5.72±0.24^{a}	68.25±0.59^{a}	6.22±0.08^{a}	440±0.04^{c}
ข้าวเหนียวดำ 24/24	9.27±0.05^{b}	0.12±0.00^{a}	5.89±0.36^{a}	40.24±1.72^{b}	6.36±0.34^{a}	715±0.04^{a}

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างที่ใช้ เช่น ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0 คือ ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ

พันธุ์ (ระยะเวลาแช่น้ำ, ชม. / เพาะงอก, ชม.)	TPC มก.แกลลิกเอซิด/ กรัมแป้ง	ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน	
		DPPH มก.โทลอกซ์/กรัมแป้ง	FRAP มก.โทลอกซ์/กรัมแป้ง
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0	1.74±0.11^{a}	2.63±0.07^{a}	3.05±0.18^{a}
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36	0.90±0.05^{b}	1.91±0.07^{b}	1.65±0.10^{c}
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24	0.81±0.02^{c}	1.81±0.18^{b}	1.86±0.05^{b}
ข้าวเหนียวดำ 0/0	4.24±0.36^{a}	2.29±0.26^{a}	3.80±0.16^{a}
ข้าวเหนียวดำ 12/48	2.85±0.26^{c}	2.02±0.05^{b}	2.34±0.12^{c}
ข้าวเหนียวดำ 24/24	3.50±0.18^{b}	2.25±0.09^{a}	2.97±0.17^{b}

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างที่ใช้ เช่น ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0 คือ ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยพบว่าในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 36 ชม. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (0.90 และ 0.81 ม.ก./ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ) และแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอกที่ 48 ชม. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (2.85-3.50 ม.ก./ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง อาจเนื่องจากในขั้นตอนการแช่น้ำมีสารประกอบฟีนอลิกละลายออกมากับน้ำด้วย

สำหรับการวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า ในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะให้งอก โดยพบว่าในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอกที่ 36 ชม. มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (1.91 และ 1.81 ม.ก.โทลอกซ์/ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ) ส่วนแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอกที่ 48 ชม. มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH น้อยกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (2.02-2.25 ม.ก.โทลอกซ์/ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ)

สำหรับการวิเคราะห์หาความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) พบว่า ในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยพบว่าในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอกที่ 36 ชม. มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกน้อยกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (1.65 และ 1.86 ม.ก.โทลอกซ์/ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ) และแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอกที่ 48 ชม. มีความสามารถในการรีดิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟอร์ริกน้อยกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (2.34-2.97 ม.ก. โทลอกซ์/ก.แป้ง นน.แห้ง ตามลำดับ)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก FRAP ในแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก อาจเนื่องจากข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวที่มีสีซึ่งมีสีม่วงและสีแดงโดยมีสารแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สารแอนโทไซยานินสามารถละลายน้ำได้ (Abdel-Aal el-SM et al., 2006; Castaeda et al., 2009) เมื่อข้าวเปลือกผ่านกระบวนการแช่น้ำ จะทำให้สีดังกล่าวสามารถละลายออกมาได้ซึ่งอาจจะเป็นสารประกอบฟีนอลิกหรือสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่นสารแอนโทไซยานิน เป็นต้น จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก FRAP ลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก

4.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของแป้งข้าวงอก

จากการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกโดยนำข้าวเปลือกที่งอกตามสภาวะที่เลือกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ มาผลิตเป็นแป้งข้าวงอกและตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวงอก

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าแป้งข้าวงอกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการงอกของเมล็ดข้าวเปลือกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์อัลฟาอะมิเลสเพิ่มขึ้นเพื่อย่อยอะมิโลสและอะมิโลเพคตินให้มีโมเลกุลเล็กลง แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือโอลิโกแซ็คคาไรด์อื่นๆ (รสพร 2551, Manna et al. 1995) ปริมาณแป้งลดลงจึงทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงด้วย โดยแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดมีความสามารถในการดูดซับน้ำอยู่ในช่วง 56.86-57.56% ส่วนแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำมีความสามารถในการดูดซับน้ำ 55.61-56.06%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวงอกในข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ

พันธุ์ (ระยะเวลาแช่น้ำ, ชม. / เพาะงอก, ชม.)	ความสามารถในการดูดซับน้ำ (%)	ความสามารถในการละลายน้ำ (%)	ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (%)
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0	66.84±1.32^{a}	1.35±0.08^{b}	78.67±0.58^{b}
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36	56.86±0.85^{b}	3.27±0.13^{a}	82.67±1.15^{a}
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24	57.56±0.98^{b}	3.15±0.23^{a}	76.67±1.15^{c}
ข้าวเหนียวดำ 0/0	58.77±0.54^{a}	1.75±0.33^{c}	72.00±1.00^{b}
ข้าวเหนียวดำ 12/48	55.61±0.31^{b}	5.77±0.42^{a}	85.33±1.15^{a}
ข้าวเหนียวดำ 24/24	56.06±0.62^{b}	4.67±0.10^{b}	84.67±1.15^{a}

หมายเหตุ 1. ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0 คือ ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$

สำหรับค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวงอกในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าทุกสภาวะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านเพาะงอก โดยแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะมีความสามารถในการละลายน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอกที่ 48 ชม.มีความสามารถในการละลายน้ำมากกว่าแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. (5.77 และ 4.67 % ตามลำดับ)

ในการตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายของแป้งข้าวงอก พบว่าในแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 36 ชม. มีค่าความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายน้อยกว่าแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยปริมาณน้ำที่แยกตัวจากของผสมระหว่างแป้งข้าวงอกกับน้ำเพิ่มขึ้นจาก 78.67% เป็น 82.67% แต่แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกที่ 24 ชม. มีค่าความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายดีกว่าแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยปริมาณน้ำที่แยกตัวจากของผสมระหว่างแป้งข้าวงอกกับน้ำลดลงจาก 78.67% เป็น 76.67% ส่วนแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะมีค่าความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทาง

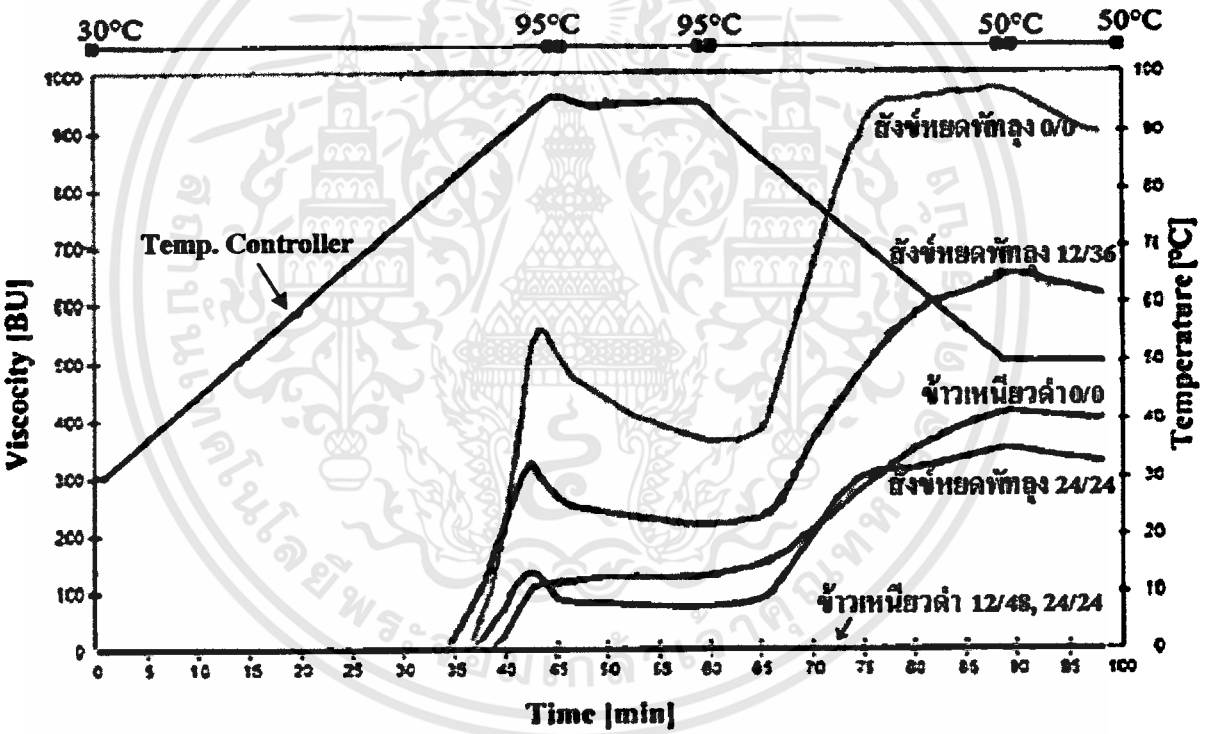
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยแป้งข้าวงอกข้าวเหนียวดำมีค่าความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายอยู่ในช่วง 84.67-85.33% ส่วนแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและการเพาะงอกมีค่าความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย 72% จากผลการตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายของแป้งข้าวสามารถบอกได้ว่าแป้งข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับการแช่แข็งและการละลาย เพราะไม่คงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งที่ความเข้มข้น 8% (นน./ปริมาตร, นน.แห้ง) ในรูปของเพส (paste) ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ที่อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 30°ซ. โดยเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ 1.5°ซ ต่อนาที ซึ่งจากตารางจะเห็นว่า แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม.และเพาะงอก 36 ชม. มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนส์ (51.75°ซ) ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนส์ของแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก (54.63°ซ) แต่แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอก 24 ชม. มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนส์ (55.50°ซ) สูงกว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนส์ของแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก นอกจากนี้แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดทั้ง 2 สภาวะมีค่าความหนืดสูงสุด (maximum peak viscosity) ลดลงอยู่ในช่วง (138–322 BU.) ในทำนองเดียวกันมีค่า Break down (61-103 BU.) และมีค่า Set back (271-429 BU.) ลดลงเช่นกัน (รูปที่ 4.5) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ซึ่งมีค่าความหนืดสูงสุดที่ 558 BU. ค่า Break down 187 BU. และมีค่า Set back (603 BU.) (รูปที่ 4.5) สำหรับแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกทั้ง 2 สภาวะไม่สามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนส์ ค่า Break down และ ค่า Set back ได้ แสดงว่าแป้งข้าวงอกที่ได้นี้ไม่เกิดเจลหรือเกิดได้น้อยมาก ไม่มีความคงทนต่อความร้อน และไม่เกิดการรีโทรกราเดชัน เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติ-ไนส์ 58.76 °ซ. มีค่าความหนืดสูงสุด 129 BU. และ ค่า Set back 282 BU. ส่วนค่า Break down ไม่สามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวดำมีโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชที่มีความแข็งแรงน้อย เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลเพคตินสูงซึ่งมีโครงสร้างเป็นโซ่กิ่งทำให้ง่ายต่อการทำลายโครงสร้าง จึงทำให้ขณะที่เกิดการเจลาติไนส์โครงสร้างของเม็ดสตาร์ชมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำและเพาะงอกแล้วเกิดการงอก จะมีผลต่อโครงสร้างของสตาร์ชในแป้งข้าวงอก โดยสตาร์ชจะถูกย่อยสลายด้วยการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสทำให้โครงสร้างของสตาร์ชมีขนาดเล็กลง เกิดการเจลาติไนส์เร็วขึ้น หรือเกิดการเจลาติไนส์ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อพิจารณาจากค่า Break down และค่า Set back จะเห็นได้ว่า แป้งข้าวงอกที่ผลิตได้มีความคงทนต่อความร้อนลดลง และเกิดการรีโทรกราเดชันได้น้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากมีโครงสร้างที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วิเคราะห์ได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดลองที่ข้าวเปลือกมีอัตราการงอกสูงๆ และในตัวอย่างข้าวงอกที่มีรากยาว (ตารางที่ 4.1) ดังนั้นแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickening agent)



รูปที่ 4.5 อะไมโลแกรมของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวหรือแป้งข้าวงอกของข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำพัทลุงที่ความเข้มข้น 8% (น้ำหนัก/ปริมาตร, นน.แห้ง)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับในกราฟคือ ระยะเวลาที่ข้าวเปลือกแช่น้ำ(ชม.) / เพาะงอก(ชม.) เช่น

0/0 คือ แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก

12/36 คือ แป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 36 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 อุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลาติไนส์ และความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวหรือแป้งข้าวงอกในรูปของเพส (paste) ระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

พันธุ์ (ระยะเวลาแช่น้ำ, ชม. / 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
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0	54.63	558.0	558.0	371.0	974.0	891.0	187.0	603.0
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36	51.75	322.0	305.0	218.0	649.0	616.0	103.0	429.0
ข้าวสังข์หยดพัทลุง 24/24	55.50	138.0	128.0	77.0	349.0	326.0	61.0	271.0
ข้าวเหนียวดำ 0/0	58.76	129.0	116.0	129.0	411.0	401.0	0.0	282.0
ข้าวเหนียวดำ 12/48	←			Not detected			→	
ข้าวเหนียวดำ 24/24	←			Not detected			→	

หมายเหตุ : 1. Breakdown = Maximum viscosity – Start of cooling period, Setback = End of cooling period – Start of cooling period

2. เพสความเข้มข้น 8% (นน./ปริมาตร, นน.แห้ง)

3. ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เช่น ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0 คือ ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือ ข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอก กับปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอก พบว่า ถ้าแช่ข้าวเปลือกนานขึ้นปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเป็นแนวโน้มเดียวกัน ดังนั้นในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่น้ำและเพาะข้าวเปลือกให้งอกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ได้พิจารณาจากระยะเวลาการแช่น้ำและการเพาะงอกที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด มีร้อยละการงอก 80 ขึ้นไป และไม่มีกลิ่นเหม็น จึงได้เลือกข้าวเปลือกพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำ(ชม.)/เพาะงอก(ชม.) ดังนี้ ข้าวสังข์หยดพัทลุงสภาวะที่เหมาะสมคือ 12/36 ชม.และ 24/24 ชม. และข้าวเหนียวดำสภาวะที่เหมาะสมคือ 12/48 ชม. และ 24/24 ชม. เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

5.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของแป้งข้าวงอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี พบว่าแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีปริมาณวิตามินบี2 วิตามินบี3 น้ำตาลรีดิวซ์ เส้นใยอาหาร และกาบา เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน พบว่าในแป้งข้าวงอกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการรีดิวซ์กรดเฟอร์ริก (FRAP) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ในขณะที่ปริมาณ GABA ในข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่สามารถตรวจพบปริมาณ GABA แต่ในข้าวงอกของข้าวสังข์หยดพัทลุงมีปริมาณ GABA อยู่ระหว่าง 370-445 มิลลิกรัม/100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก) และในข้าวเหนียวดำมีปริมาณ GABA อยู่ระหว่าง 440-715 มิลลิกรัม/100 กรัมของเอมบริโอ (นน.เปียก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของแป้งข้าวงอก

แป้งข้าวงอกของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการดูดซับน้ำ ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายลดลง แต่ความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก จากศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งที่ความเข้มข้น 8% (นน./ปริมาตร, นน.แห้ง) ในรูปของเพส (paste) ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ พบว่าแป้งข้าวงอกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความหนืด และความคงทนต่อความร้อนลดลง และเกิดการรีโทรกราเดชันได้ลดลง เมื่อเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก โดยเฉพาะแป้งข้าวงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำซึ่งไม่มีความคงทนต่อความร้อนและไม่เกิดการรีโทรกราเดชัน เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้าวเปลือกที่ได้จากการแช่น้ำและเพาะงอก สามารถที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ในรูปของข้าวเปลือกงอก เช่น นำมาทำข้าวพอง กะเทาะเปลือกเป็นข้าวกล้องนำมาหุงต้มเป็นข้าวกล้องหุงสุก ซึ่งจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 เส้นใยอาหาร และกาบา เป็นต้น

2. แป้งข้าวงอกที่ผลิตได้จากการทดลองนี้น่าจะเหมาะกับการนำแป้งข้าวงอกไปทดแทนหรือเสริมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ซีเรียล สแน็ค แคร็กเกอร์ อะราเร่ เซมเบ่ เป็นต้น หรือใช้เสริมในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตจากแป้งข้าวได้ เช่นน้ำข้าวกล้อง เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารต่างๆที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณสารกาบา เส้นใยอาหาร วิตามินบี2 วิตามินบี3 และน้ำตาลรีดิวซ์ เป็นต้น

3. ในการทดลองนี้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สามารถที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดร่วมกับร้อยละการงอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. 2548. ความรู้เกี่ยวกับข้าว-ชาวนา. กรมการค้าข้าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . เข้าถึงได้จาก http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/pedigree/0 1 / Sangyod_pattalung.html. (1 สิงหาคม 2553)

ข่าวสารการเกษตร. 2551. ข้าวเหนียวหอม ข้าวเหนียวดำ พืชสมุนไพรไทย. ศูนย์รวมข่าวสารการเกษตร. เข้าถึงได้จาก http://www.google.co.th/imglanding. (1 สิงหาคม 2553)

ธิราพร ผุยหนองโพธิ์ คุณากช พรรณะ และ ฐาปณี จงสืบโชค. 2548. ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวงอก. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

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

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

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

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2552. การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบาจากข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยด. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2551. ข้าวในมิติของอาหารด้านโรค. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. การค้าข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เข้าถึงได้จาก http://th.wikipedia.org/wiki. (26 เมษายน 2553)

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2526. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abdel-Aal el-SM, Young, J.C., Rabalski, I. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 4696-4704.

Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). 1980. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. Washington, D.C. USA.

Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). 1995. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington, D.C. USA.

Anuchita, M. and Nattawat, S. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. Food Chemistry. 122: 782–788.

Awika, J.M. and Rooney, L.W. 2004. Are cereals a viable source of phytochemical antioxidants In 2004 IFT Annual Meeting, July 12-16.

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. 2009. Optimization of germination condition and bio-active compound of germinated brown rice. Songklanakarin Journal of Science and Technology.

Benzie, F.F. and Strain, J.J. 1999. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The Frap Assay. Anal. Biochem. 239: 70-76.

Brand-Williams, W., Cuvelier. M.E. and Berset. C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. J. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologies. 28: 25-30.

Castaeda-Ovando. A., Pacheco-Hernndez. L., Pez-Hernndez. E., Jos A. Rodrguez, Galn-Vidal. C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins. A review Food Chemistry. 113: 859–871.

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: 95-100.

Chung, H.J., Jang, S.H., Cho, H. Y., Lim, S.T. 2009. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (gamma-aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. LWT - Food Science and Technology. 42: 1712–1716.

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

Howell, K.A., Narsai, R., Carrol, A., Ivanova, A., Lohse, M., Usadel, B., Millar, A.H. and Whelan, J. 2009. Mapping metabolic and transcript temporal switches during germination in rice highlights specific transcription factors and the role of RNA instability in the germination process. Plant Physiol. 149: 961-980.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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. and 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.

Ichiyanagi, T., Xu, B., Yoshii, Y., Nakajima, M. and Konishi, T. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. Journal of Medicinal Food. 4: 211-218.

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.

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 Nutrition Quality of Pre-germinated Brown rice. International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii.

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. Journal of Food Engineering. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 International. 78: 736-744.

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

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 Yagasaki, K. 2006. Hypocholesterolemic action of pre-germinated brown rice in hepatoma-bearing rats. J. Life Sci. 76: 259-264.

Moongngarm, A. and Saetung, N. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. Food Chemistry. 122: 782–788.

Narkrugsa, W. 1996. Changes in Some Physicochemical Properties of Tapioca and Glutinous Rice Starches after Microwave Heating. Kasetsart J. (Nat.Sci.). 30: 532-538.

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

Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 49: 249-279.

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.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. Journal of Food Composition and Analysis. 18: 303–316.

Premsuda, S., Vázquez, J.A. and Pandiella, S.S. 2008. Controlled germination to enhance the functional properties of rice. Process Biochemistry. 43: 1377–1382.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Riboflavin (Vitamin B_2) in Foods and Vitamin Preparations In : Cunniff P. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Virginia : AOAC International. 45: 9-10.

Rice Morphology. 2008. Available at: http://ikisan.com/links/ap_ricemorp.shtml. last accessed (accessed 25 November 2010)

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: 2291-2292.

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.

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

Shelp, B.J., Bown, A. W. and Mclean, M.D. 1999. Metabolism and function of γ -aminobutylic acid. Trends Plant Sci. 4: 446-452.

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

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.

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

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

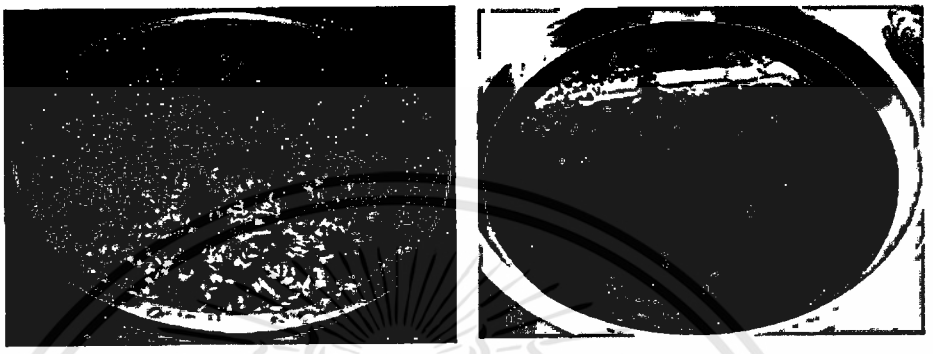
กระบวนการผลิตแป้งข้าวเปลือกงอก

การหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและการหาร้อยละการงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบวนการผลิตแป้งข้าวเปลือกงอกพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ

1.1 นำข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ อย่างละ 10 กิโลกรัม มาล้างน้ำและแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องตามเวลาที่กำหนด (เปลี่ยนน้ำทุก 12 ชั่วโมง)



ก.ข้าวสังข์หยดพัทลุง ข.ข้าวเหนียวดำ

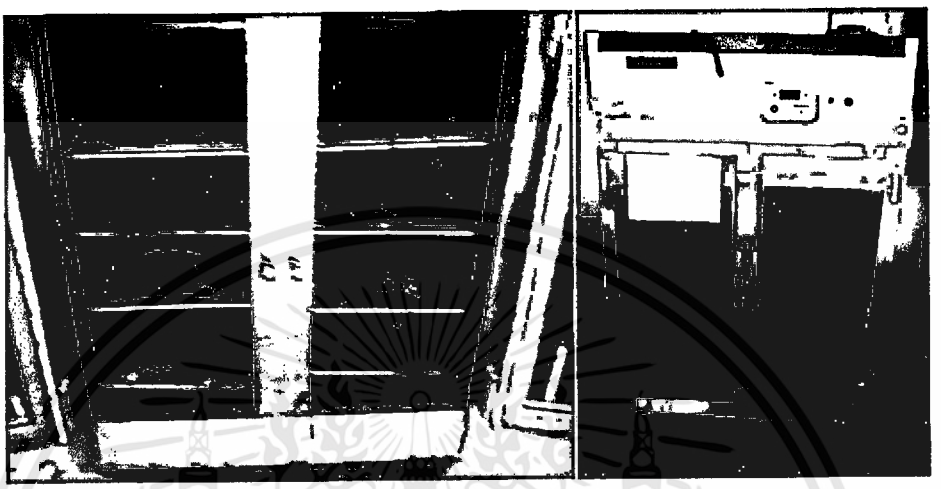
รูปผนวกที่ ก.1 การแช่ข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ

1.2 เมื่อแช่น้ำครบระยะเวลาที่กำหนด เทน้ำออก และบรรจุข้าวเปลือกใส่กระสอบป่านที่เปียกแล้วปิดให้สนิท

รูปผนวกที่ ก.2 การบรรจุข้าวเปลือกใส่กระสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นำกระสอบป่านที่บรรจุข้าวเปลือกที่แช่น้ำครบตามระยะเวลาที่กำหนดมาเพาะให้งอกในตู้บ่มที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 34-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด



รูปผนวกที่ ก.3 ขั้นตอนการเพาะงอก

1.4 เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการเพาะงอกแล้ว นำข้าวเปลือกงอกที่ได้ไปลดความชื้น โดยการอบแห้งด้วยตู้อบแบบถาด (Tray dryer Path OV663, Thailand) ที่ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ระหว่าง 14-15 % (ระยะเวลา 10-15 ชั่วโมง)

รูปผนวกที่ ก.4 ขั้นตอนการอบแห้งแบบถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระบวนการผลิตแป้งข้าวงอกจากข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ

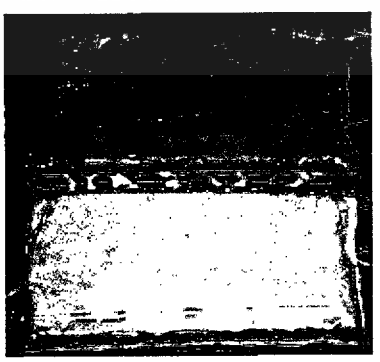
2.1 นำข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งความชื้น 14- 15 % กะเทาะเอาเปลือก ด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก

รูปผนวกที่ ก.5 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกงอก

2.2 นำข้าวกล้องงอกที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดแป้ง (แบบ Hammer mill) พร้อมร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

รูปผนวกที่ ก.6 เครื่องบดแป้งแบบ Hammer mill

2.3 บรรจุใส่ถุงพลาสติก PE (polyethylene bag) ที่ปิดสนิท



รูปผนวกที่ ก.7 แป้งข้าวงอกในถุง PE ที่ปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือกและการหาอัตราการงอก

3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซึมน้ำของข้าวเปลือก (AOAC. 1995)

3.1.1 นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.1.2 ชั่งตัวอย่างข้าวเปลือกงอกประมาณ 2 กรัม ด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง ใส่ใน Aluminium can

3.1.3 นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130 ± 3 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.1.4 ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desssicator)

3.1.5 ชั่งน้ำหนัก

3.1.6 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

3.2 การหาร้อยละการงอกของข้าวเปลือก

3.2.1 สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกมา 2 กรัม (น้ำหนักเปียก)

3.2.2 นับจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกที่งอกทั้งหมด

3.2.3 คำนวณหาร้อยละการงอกของข้าวเปลือก

สูตรคำนวณหาร้อยละการงอก

$$\text{ร้อยละการงอกของข้าวเปลือก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดข้าวเปลือกที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแป้งข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวงอก (Moisture content) (AOAC. 1995)

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 ± 2 °ซ. จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130 ± 2 °ซ. เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์โดย DNS method จะใช้วิธีซึ่งรายงานโดย Neilson. (1998)

1. สารเคมี

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

1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)

1.3 โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรท (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 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรทลงไป 30 กรัม คนให้ละลายปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.2 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (MW = 180.2) โดยละลายกลูโคส 0.0901 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

3. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

3.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกลูโคส (ความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร) 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 มิลลิลิตร

3.2 เติม DNS reagents หลอดละ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

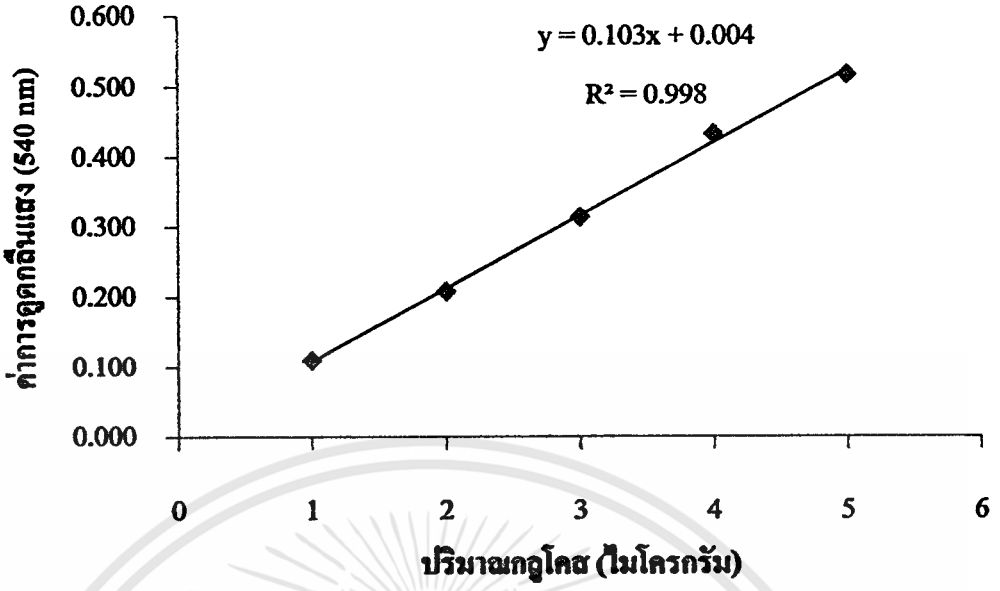
3.3 นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดโดยใช้แผ่นเพจทำความร้อนนาน3นาทีแล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

3.4 เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

3.6 บันทึกผลการทดลองและนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคสใน แต่ละความเข้มข้น จะได้กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส แสดงดังรูปที่ ข.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ช.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

4. การสกัดตัวอย่าง

4.1 ชั่งตัวอย่างข้าว 7.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร

4.2 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

4.3 เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

4.4 นำมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์

5. การวิเคราะห์

5.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด 0.2 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 0.8 มิลลิลิตรและเติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

5.2 นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาทีแล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

5.3 เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5.4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร คำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างโดยใช้กราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

สมการจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

$y = 0.1038x + 0.0048$; $R2 = 0.998$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

x = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ไมโครโมล/ 0.2 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.2 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เท่ากับ 0.034

แทนค่าในสูตรจะได้

$0.034 = 0.1038x + 0.0048$

$x =$ 0.281 ไมโครโมล / 0.2 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.281 ไมโครโมล

สารสกัดตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $\frac{0.281 \times 50}{0.2}$ =70.328 ไมโครโมล

โดยที่ตัวอย่างสารสกัด 50 มิลลิลิตร เตรียมจากแป้งข้าวเปลือกงอก 7.5 กรัม ดังนั้น

แป้งข้าวงอก 7.5 กรัม มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ = 70.328 /7.5 = 9.365 ไมโครโมล/กรัม

1 กรัม-โมลของกลูโคสหนัก 180.2 กรัม

1 ไมโครกรัม-โมลของ กลูโคสหนัก 180.2 ไมโครกรัม

ดังนั้น 9.365 ไมโครกรัม-โมล =180.2 × 9.365 = 1687.49 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง

= 1.687 มิลลิกรัมกลูโคส/กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีสอง (Fluorometric method)

หลักการวิเคราะห์

นำตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์ย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกใน Autoclave หลังจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์มังเนต ($KMnO_4$) เพื่อเป็นการ Oxidize สารอื่นๆที่ไม่ใช่Riboflavin แล้วจึงนำไปวัดค่าความเข้มของ Fluorescence ที่เกิดจาก Riboflavin ด้วยเครื่อง Spectrofluorometer ที่ Wavelength Excitation 440 nm และ Emission 565 nm คำนวณค่า Riboflavin จากค่าความแตกต่างของ Fluorescence ก่อนและหลังทำปฏิกิริยา chemical reduction

1. สารเคมี

1.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)

1.2 Standard Riboflavin

1.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)

1.4 โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate)

1.5 โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium hydrogen carbonate)

1.6 โพแทสเซียมเปอแมงกาเนต (Potassium permanganate)

1.7 เอนไซม์ (Enzyme)

2. การเตรียมสารสารละลาย

2.1 การเตรียม 0.1 M HCl

2.1.1 เตรียมน้ำกลั่นปริมาณ ¾ ส่วน ใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml

2.2.2 pipette กรด Hydrochloric เข้มข้น ปริมาตร 8.5 ml ปรับปริมาตร ให้ครบ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

2.2.3 เก็บใส่ขวด ปิดฉลากข้างขวดโดยระบุชื่อสาร วันเดือนปีที่เตรียมสารละลายนั้น

2.2.4 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.2 การเตรียม 3 % $KMnO_4$

2.2.1 ชั่งสาร Potassium permanganate น้ำหนัก 1.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 ml

2.2.2 เก็บใส่ขวด ปิดฉลากข้างขวดโดยระบุชื่อสาร วันเดือนปีที่เตรียมสารละลายนั้น

2.2.3 เก็บไว้ในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเตรียม 5 % $Na_2S_2O_4$ ใน 2 % $NaHCO_3$

2.3.1 ชั่งสาร Sodium hydrogen carbonate น้ำหนัก 0.4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 ml

2.3.2 นำสารละลาย ที่เตรียม แช่ในน้ำที่อยู่กระป๋องพลาสติก (เพื่อทำเป็น ice bath) แล้วนำไปแช่ในตู้เย็น จะทำให้ได้สารละลายที่เย็นจัด

2.3.3 ชั่งสาร Sodium dithionite น้ำหนัก 1.0 กรัม ที่เตรียมในข้อ 2 ใช้แท่งแก้วกวนสารให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (สารละลายตัวนี้ต้องแช่ใน ice bath ตลอดเวลาที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์)

2.3.4 Fresh prepare

2.4 การเตรียม 3% H_2O_2

2.4.1 pipette 30% Hydrogen peroxide ปริมาตร 5 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

2.4.2 Fresh prepare

2.5 การเตรียม 2.5 M Sodium Acetate

2.5.1 ชั่งสาร Sodium acetate anhydrous น้ำหนัก 205 กรัม (Sodium acetate trihydrate = 345 กรัม) ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตร ให้ครบ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน

2.5.2 เก็บใส่ขวด ปิดฉลากข้างขวดโดยระบุชื่อสาร วันเดือนปี ที่เตรียมสารละลาย

2.5.3 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.6 การเตรียม Enzyme Solution

2.6.1 ชั่งสาร Enzyme Takadiastase น้ำหนัก 6 กรัม ละลายด้วย 2.5 M. Sodium Acetate ปรับมาตรให้ครบ 100 ml ด้วย 2.5 M. Sodium Acetate ผสมให้เข้ากัน

2.6.2 Fresh prepare

3. การเตรียม Standard solution

3.1 Stock Riboflavin standard (ความเข้มข้น 100 µg / ml)

3.1.1 ชั่งสารมาตรฐาน Riboflavin น้ำหนัก 0.05 กรัม

3.1.2 ละลายด้วย Glacial acetic acid ปริมาตร 2 ml (สารมีสีเหลืองขุ่น) เทใส่ใน Beaker ขนาด 1000 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เจือจางด้วยน้ำกลั่น ประมาณ ¾ ส่วน ตั้งภาชนะที่เตรียมสาร บน stirring hot plate โดยใช้ความร้อนไม่เป็นการทำให้สารนั้นละลายได้ดี รอจนสารละลายนั้นเป็นน้ำสีเหลืองใสและเป็นเนื้อเดียวกัน

3.1.4 เทสารละลายที่เตรียมได้ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 500 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

3.1.5 เก็บใส่ขวดสีน้ำตาลภายใต้ toluene ปิดฉลากข้างขวด โดยระบุชื่อสาร วันเดือนปีที่เตรียมสารละลาย

3.1.6 เก็บไว้ในตู้เย็น

3.2 Intermediate Standard Riboflavin (ความเข้มข้น 10 µg / ml)

3.2.1. pipette สารละลาย Stock Riboflavin standard ปริมาตร 10 ml เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

3.2.2 เก็บใส่ขวดสีน้ำตาลภายใต้ toluene ปิดฉลากข้างขวด โดยระบุชื่อสาร วันเดือนปีที่เตรียมสารละลาย

3.2.3 เก็บไว้ในตู้เย็น

3.3 Working Standard Riboflavin solution (ความเข้มข้น 0.5 µg / ml)

3.3.1 pipette สารละลาย Intermediate Standard Riboflavin ปริมาตร 5 ml เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน

3.3.2 Fresh prepare

4. วิธีการวิเคราะห์

4.1 ชั่งตัวอย่างแป้ง 1-5 กรัม

4.2 เติม 0.1 N HCl ปริมาตร 50 ml ย่อยใน Autoclave ที่ 120 °ซ นาน 30 นาที ทำให้เย็นทันที

4.3 เติม Enzyme Takadiastase solution ปริมาตร 5 ml

4.4 Incubate ที่ 45 °ซ นาน 3 ชั่วโมง หรือ 38 °ซ ข้ามคืน ทำให้เย็นทันที

4.5 เจือจางด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตร ~ 200 ml

4.6 กรองผ่านกระดาษกรอง No.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

	สารตัวอย่าง	Test Tube A (ml)	Test Tube B (ml)	
1	Sample solution	10	10	
2	น้ำกลั่น	1	-	เขย่าเบา
3	Working std. riboflavin	-	1	เขย่าเบา
4	Glacial acetic acid	1	1	เขย่าเบา
5	สารละลาย 3% $KMnO_4$	500 µL	500 µL	เขย่าเบา
6	สารละลาย 3% H_2O_2	500 µL	500 µL	เขย่าเบา

หมายเหตุ : 1. การเติมสารในข้อ 5 และ ข้อ 6 เว้นระยะห่างกัน 2 นาที

2. เมื่อเติมสารในข้อ 5 (สารตัวอย่างที่ได้จะเป็นสีม่วง)

3. และเมื่อเติมสารใน ข้อ 6 (สารตัวอย่างที่ได้จะกลับมาเป็นสีของสารตัวอย่างครั้งแรก)

การอ่านค่า Spectrofluorometer

ชุด A

1. ค่า A ได้จากการ pipette สารตัวอย่าง จาก Test Tube ของชุด A ปริมาตร 2.6 ml ด้วย Autopipette ใส่ใน cuvette นำไปอ่านค่า Fluorescenes ค่าที่อ่านได้เป็นค่า A
2. ค่า C ได้จากการนำสารตัวอย่างที่อ่านค่า A แล้ว โดยการ pipette สารละลาย 5 % $Na_2S_2O_4$ ใน 2% $NaHCO_3$ ปริมาตร 100 µl ด้วย Micropipette ใส่ใน cuvette เขย่าเบาๆ นำไปอ่านค่า Fluorescenes ค่าที่อ่านได้ใช้ เป็นค่า C

ชุด B

ได้จากเทสารตัวอย่างจาก Test Tube ของชุด B ใส่ใน cuvette แล้วนำไปอ่านค่า Fluorescenes ค่าที่อ่านได้ใช้แทนเป็นค่า B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การคำนวณ

โดยใช้สูตรดังนี้

$$\mu g/ml = \frac{(A-C) \times \text{Riboflavin increment} \times \text{dilution factor} \times 1}{(B-A) \quad 10\ ml\ aliquot \quad sample\ weight}$$

$$mg/100\ g = \frac{(A-C) \times 0.5 \times 200 \times 100 \times 1}{(B-A) \quad 10 \quad sample\ weight \quad 1000}$$

$$= \frac{(A-C) \times 1}{(B-A) \quad sample\ weight}$$

สูตร

$$mg/100\ g = \frac{(A-C) \times 1}{(B-A) \quad wt.}$$

สัญลักษณ์

A = reading from assay solution

B = reading from standard solution

C = reading from sample

wt. = sample weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีสาม (AOAC. 1980)

1. สารเคมี

1.1 น้ำยามาตรฐาน (Standard)

1.2 แอลกอฮอล์ 25 %

1.3 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)

1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

2. การเตรียมสารละลาย

2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

2.1.1 น้ำยามาตรฐาน (Standard) : Stock (100 mcg / ml) : ชั่ง 50 mg (โดยใช้เครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง) nicotinamide ละลายในน้ำกลั่น 500 ml หรือละลายในแอลกอฮอล์ 25 % (AOAC)

2.1.2 Intermediate (1 mcg / ml) : pipette 1 ml จากสารละลาย stock และเจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 ml

2.1.3 Working (20 ng/ml) : ดูดสารละลายจาก Intermediate 2 ml ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml และเจือจางให้ครบ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.1.4 Working (50 ng/ml) : ดูดสารละลายจาก Intermediate 5 ml ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml และเจือจางให้ครบ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 การเตรียม Reagent

2.2.1 สารละลายกรด Sulfuric acid 1 N : เท conc. sulfuric acid 55.4 ml ลงในน้ำกลั่นซึ่งบรรจุอยู่ใน volumetric flask ขนาด 2 ลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.2.2 สารละลายด่าง 15 % Sodium hydroxide : ชั่งเกล็ด Sodium hydroxide 15 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 ml

3. การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โดยทั่วไปใช้แบบ Single composite sampling คือ เก็บตัวอย่างจาก 3 จุดมารวมกัน แล้วนำมาผสมให้เข้ากันเก็บไว้ใน Freezer หรือ deep freez เมื่อต้องการวิเคราะห์หากตัวอย่างอยู่ในสภาพแข็งด้วยน้ำแข็งที่เกาะอยู่ให้นำมาอุ่นใน water bath เพื่อหลอมละลายก่อนนำมาชั่งและใช้วิธีปฏิบัติ (procedure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีวิเคราะห์

จุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ (Test organism) : Lactobacillus plantarum ATCC 8014

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์ : Bacto Niacin Assay Medium (Difco)

4.1 ชั่ง 3 – 10 กรัม (การชั่งให้ดูตามความเหมาะสมของตัวอย่างแต่ละชนิดที่จะวิเคราะห์) จากตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml

4.2 เติม 80 – 100 ml ของ 1 N H_2SO_4 ลงใน erlenmeyer flask

4.3 ทำการ Extract และฆ่าเชื้อในตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ใน Flasks โดยการนึ่งใน Autoclave ที่ 121 °ซ นาน 30 นาที

4.4 ทำให้เย็น แล้วนำมาปรับ pH 6.8 ด้วย สารละลาย 15 % NaOH

4.5 เจือจางสารละลายตัวอย่างทั้งหมดด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 500 ml ใน volumetric flask กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41

4.6 สารละลายตัวอย่างที่ได้กรองแล้วควรจะใสและมีความเข้มข้นประมาณ 20 ng / ml

4.7 สำหรับ assay tube ดูดน้ำยามาตรฐาน (Working) ลงใน assay standard tube 0 , 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 ml (triplicate หรือ duplicate แล้วแต่กรณี) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 5 ml ในแต่ละ tube ต่อจากนั้นเติม assay medium 5 ml ให้ครบ 10 ml ในแต่ละ tube ส่วนสารละลายตัวอย่าง assay sample tube ใช้ 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 ml แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 5 ml ต่อจากนั้นเติม assay medium อีก 5 ml เพื่อให้แต่ละ tube เป็น 10 ml ทั้งนี้ assay sample tube ให้ใช้สารละลายตัวอย่างที่กรองได้ในข้อ 6 ทำ duplicate uninoculated blank ทำเช่นเดียวกันด้วย

4.8 นำไปนึ่งใน Autoclave ที่ 121 °ซ นาน 10 นาที

4.9 ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำ และเติม 1 หยด ด้วย Inoculum ของ Lactobacillus plantarum

4.10 บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ใน Inocubator

4.11 ทำการหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อ ด้วยการนำมาต้มที่ 100 °ซ นาน 5 นาที นำไปอ่านค่า OD ด้วยเครื่อง UV - VIS Spectrophotometer ที่ 620 nm

4.12 ความเข้มข้นของปริมาณ Niacin ในอาหารตัวอย่าง คำนวณได้จาก Standard curve ของ niacin (0 – 100 ng / tube) ซึ่ง standard (working std) จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำ assay จาก stock ที่มีอยู่เก็บไว้ที่ 4 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมกราฟมาตฐาน

ความเข้มข้นของไนอะซิน (ng / tube)	0	25	50	75	100
Working standaed (ml)	0	0.5	1	1.5	2
น้ำกลั่น (ml)	5	4.5	4	3.5	3
Niacin assay medium (ml)	5	5	5	5	5

Blank : 2 ชุด (ไม่ต้องฉีดตัวอย่าง มีค่าเป็น 0)

Sample set : pipette in duplicate

Diluted sample extract (ml)	0.5	1	1.5	2	2.5
น้ำกลั่น (ml)	4.5	4	3.5	3	2.5
Niacin assay medium (ml)	5	5	5	5	5

4.13 บันทึกผลการวิเคราะห์

ขณะที่วัดค่า absorbance ให้บันทึกผลลงในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำขึ้นไว้แล้วเพื่อความสะดวกในการคำนวณค่าไนอะซินในตัวอย่างอาหาร โดยแสดงค่าเป็น mg / 100 g ของอาหารตัวอย่างนั้น (FM-05-024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. 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 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัมจะได้กราฟมาตรฐาน แสดงดังรูปที่ ข.2

3. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างแป้งข้าวงอก

3.1 ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวงอก 2 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2 เติมเอทานอล 80% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3.3 เซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.4 ดูดส่วนใส่ที่แยกออกมาใส่ขวดที่ปิดสนิท แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างแป้งข้าวงอก

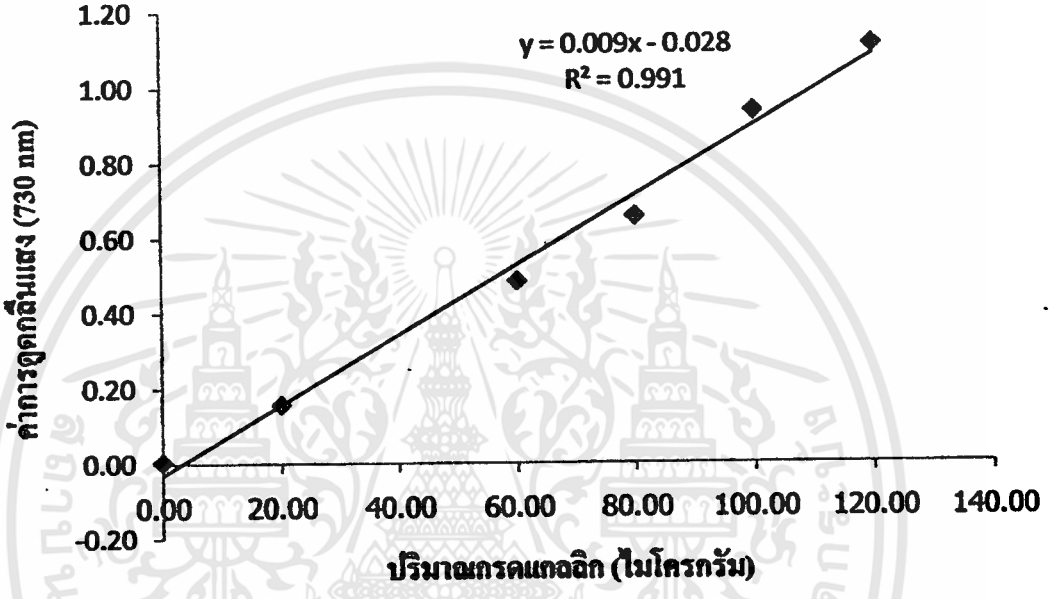
4.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 10 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

4.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที

4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank



รูปผนวกที่ ข.2 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

5. การคำนวณ

การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้สมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

$$y = 0.009x - 0.028 \quad (R^2 = 0.991)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัม/ 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.785

แทนค่าในสูตรจะได้

$$0.785 = 0.009x - 0.028$$

$$x = 87.5161 \text{ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง}$$

สารสกัดตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 87.5161 ไมโครกรัม

สารสกัดตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 3500.6451 ไมโครกรัม

ในสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 20 มิลลิลิตร เตรียมได้จากตัวอย่างแป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม

ดังนั้น แป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 3500.6451 ไมโครกรัม

ถ้าแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 1731.62 ไมโครกรัม/1กรัมแป้ง

ดังนั้นแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 1.731 มิลลิกรัม / 1 กรัมแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical) วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Brand-William et al. (1995) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโน เมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีจะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH จางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

1. สารเคมี

1.1 สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.2 เอทานอลความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลาย DPPH โดยให้ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 0.0158 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลายโทรลอกซ์โดยให้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรโดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12 และ 0.14 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับ ปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.2 มิลลิลิตร

2.3 ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 5.4 มิลลิลิตร

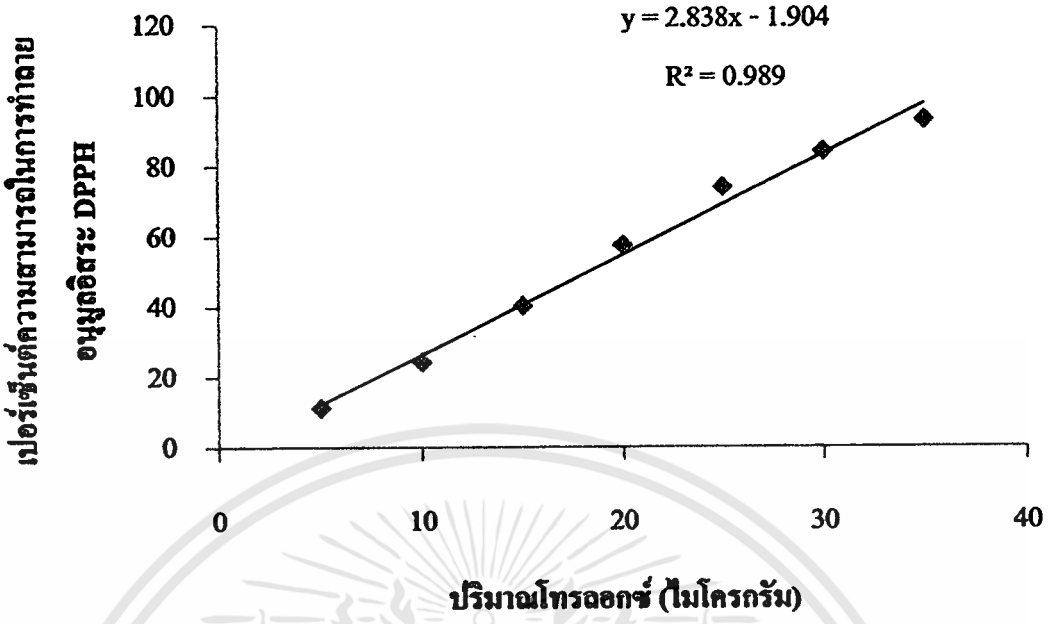
2.4 เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร

2.5 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีในที่มืด

2.6 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ข.3 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

3. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างแป้งข้าวงอก

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 ^{o}ซ เป็นเวลา 30 นาที

3.4 ดูดส่วนใส่ที่แยกออกมาใส่ขวดที่ปิดสนิท แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -4 ^{o}ซ เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

4. วิธีวิเคราะห์

4.1 ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ 0.12 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง

4.2 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร และเอทานอล ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์โดยให้ปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 1.2 มิลลิลิตร นั่นคือปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัด และเอทานอลความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์จะต้องเท่ากับ 1.08 มิลลิลิตร

4.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

4.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์เป็น blank

4.5 คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยแทนค่าในสมการดังนี้

{1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.การคำนวณ

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = {1 - (ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง / ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม)} x 100

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ดังรูปที่ ข.3

สมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

$y = 2.838x - 1.904$ $(R^2 = 0.989)$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x= ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (ไมโครกรัม/ 0.1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c= จุดตัดแกน y

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.1 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เท่ากับ 0.236 และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของตัวอย่างควบคุม เท่ากับ 0.96 แทนค่าในสมการจะได้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = {1 - (0.236/0.96)} x 100

= 75.4167

แทนค่าในสมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

75.4167 = 2.838x -1.904

X = 27.2402 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/0.1 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 27.2402 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์

สารสกัดตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 5448.05 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์

ในสารสกัดแป้งข้าวงอก 20 มิลลิลิตร เตรียมได้จากแป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม

ดังนั้นแป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH = 5448.05 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์

ถ้าแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH = 2694.92 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์

ดังนั้นแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH = 2.694 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์/1กรัมแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing ability power, FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะใช้วิธีที่รายงานโดย Benzie และ Strain 1999 มีหลักการคือ ดูความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย TPTZ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และสามารถ ดูดกลืนแสงได้ที่ 593 นาโนเมตร

1. สารเคมี

1.1 อะซิเตตบัฟเฟอร์ (acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ชั่งโซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต 3.1 กรัมผสมกับกรดแกลเชียลอะซิติก 16 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1ลิตร

1.2 สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ชั่ง TPTZ 0.156 กรัม ละลายใน HClความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ แล้วปรับ ปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.3 สารละลาย FeCl3.6H2O ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ชั่ง FeCl3.6H2O 0.27 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

1.4 FRAP reagent ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ :สารละลาย FeCl3.6H2O เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร ซึ่งจะต้อง เตรียมใหม่ทุกวัน

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

2.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรโดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอธานอลให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 และ 0.06 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยเอธานอลความ เข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.1 มิลลิลิตร

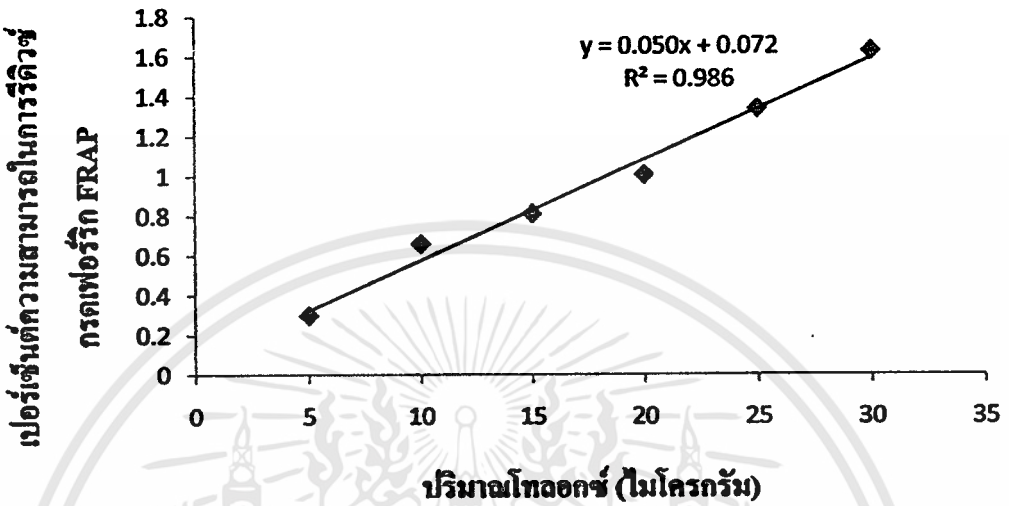
2.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

2.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

2.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วย ไมโครกรัม



รูปที่ ข.4 กราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของตัวอย่างสารสกัด

3.1 ปิเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตรประมาณ 0.1 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

3.3 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที

3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

4. การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของตัวอย่างสารสกัดโดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวิเคราะห์มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรอกซ์ ดังรูปที่ข.4

โดยมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

สมการจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ

$y = 0.050x + 0.072$; $R^2 = 0.986$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

x= ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (ไมโครกรัม/ 0.1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c= จุดตัดแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างสด โดยใช้กราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 0.1 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 1.603

แทนค่าในสูตรจะได้

1.603 = 0.050x + 0.072

x = 30.30297 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์/0.1มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์กรดเฟอร์ริก = 30.30297 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์

สารสกัดตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร มีความสามารถในการรีดิวซ์กรดเฟอร์ริก = 6060.594 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์

ในสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวงอก 20 มิลลิลิตร เตรียมได้จากตัวอย่างแป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม

ดังนั้น แป้งข้าวงอก 2.0216 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์กรดเฟอร์ริก = 6060.594 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์

ถ้าแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีความสามารถในการรีดิวซ์กรดเฟอร์ริก = 2997.919 ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์

ดังนั้นแป้งข้าวงอก 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 2.997919 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทลอกซ์ / 1 กรัมแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. 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

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 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.561 N

2.8 เอทธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% และ 78%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ในบิกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติม MES/TRIS buffer (pH8.2) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในแต่ละตัวอย่าง(ตัวอย่างละ 2 บีกเกอร์) เขย่าให้เข้ากัน

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

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

4.4 ทำตัวอย่างให้เย็นลงและใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.561 N ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตรวจสอบ pH ให้อยู่ในช่วง 4.1-4.8 ถ้าไม่ได้ให้ปรับ pH ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5% หรือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 5%

4.5 ใส่สารละลาย amyloglucosidase 200 ไมโครลิตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า 60 °ซ เป็นเวลา 30 นาที

4.6 ใส่เอทธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาตร 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 ล้างส่วนที่เหลือโดยใช้เอทธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 78% , 95% และอะซิโตน ตามลำดับ โดยใช้ปริมาตร 15 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 นำ Fritted crucible มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อนข้ามคืน หรือ 130 °ซ 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และนำไปชั่งน้ำหนัก (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

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)

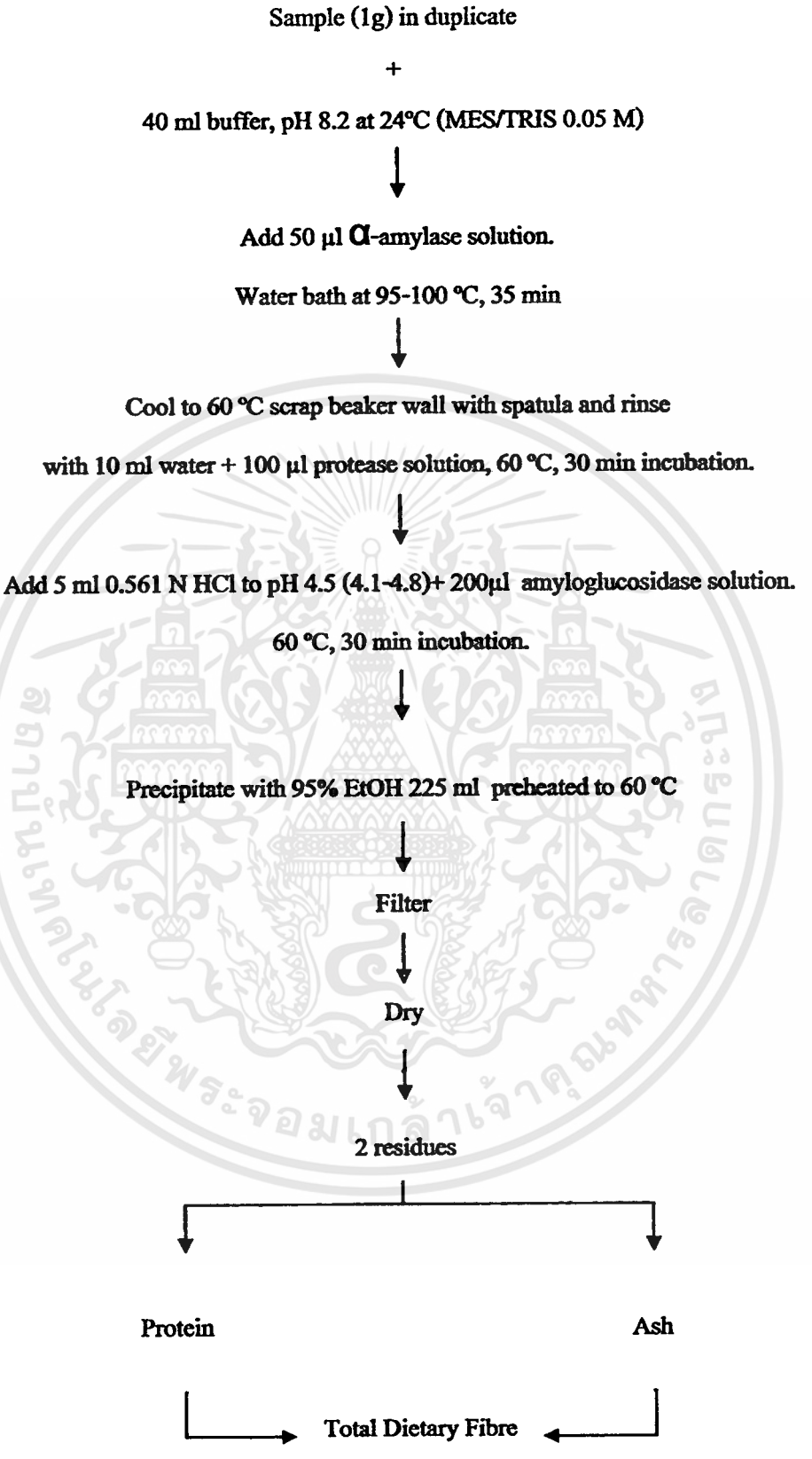
$$B = \frac{BR_1+BR_2}{2} - BP - BA$$

BR = กากของตัวควบคุม

BA = เถ้าของตัวควบคุม

BP = โปรตีนของตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ช.5 แผนผังการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. 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

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 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

3.3 ทำให้เย็น และเติมกรดอะมิโนมาตรฐาน เช่น γ-amino butyric acid (GABA) เป็น Internal standard ทำแห้งด้วยไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เจือจางตัวอย่างที่ย่อยด้วยน้ำ deionized และกรอง

3.3 ปิเปตตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ผสมกับ AccQ fluor derivatization buffer 70 ไมโครลิตร และเติม AccQ fluor reagent 20 ไมโครลิตร ให้ความร้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

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 (รูปผนวกที่ จ.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

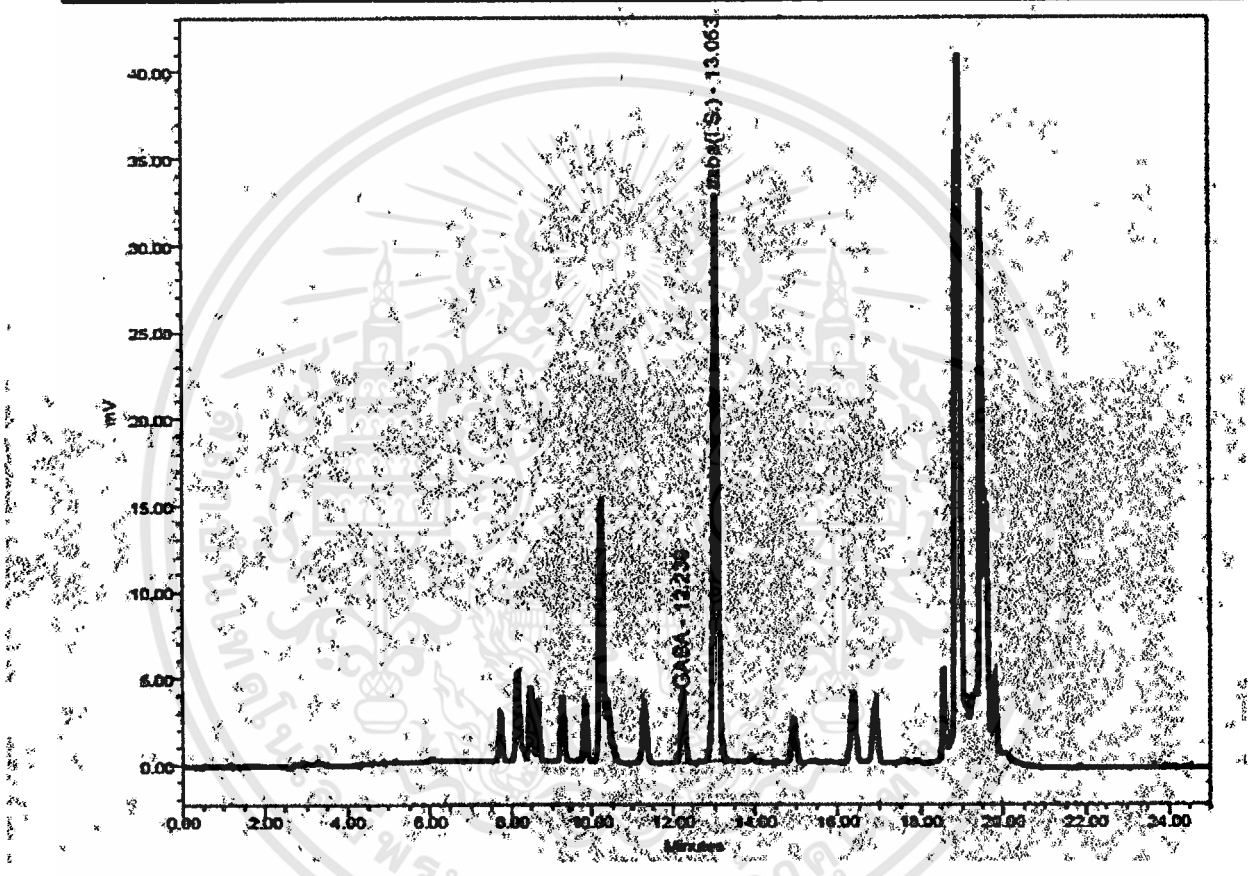
Individual Sample Report

Reported by User: System

Project Name: CIF010_2562

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 ข.6 Chromatogram of standard GABA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างแป้งข้าวงอกกับน้ำเมื่อได้รับความร้อนโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ (Brabender amylograph)

หลักการทำงานของเครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ คือการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขั้นการทำให้เย็น ติดตามผล และแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU) ความหนืดค่าต่างๆ จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญของแป้งแต่ละชนิด ดังรูปที่ ค.1

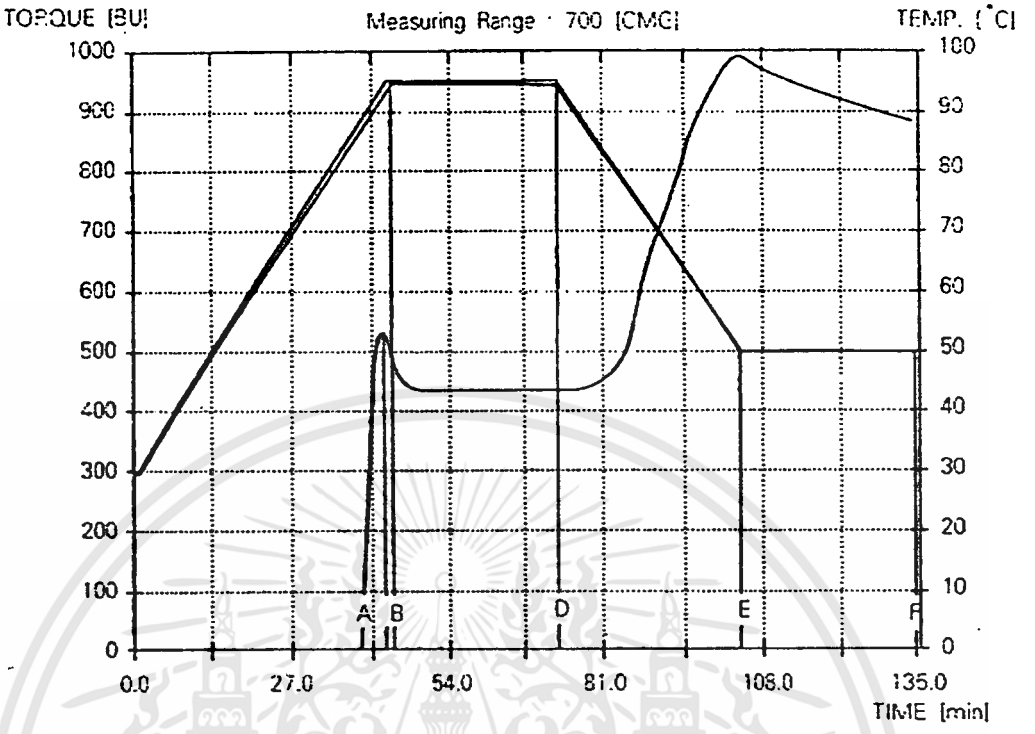
1. วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งแป้งผสมกับน้ำให้มีอัตราส่วน 8 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ใส่ในภาชนะบรรจุ (Measuring Vessel) ที่สะอาดของเครื่อง Brabender Viscograph - E

1.2 สอด Measuring probe ลงใน Measuring Vessel แล้วนำ Probe นี้เข้าติดกับแกน (Shaft) ของเครื่อง ในระหว่างการศึกษาภาชนะบรรจุจะหมุนตลอดเวลา (75รอบ/นาที) เพื่อทำให้เกิดแรงกวนต่อของผสมระหว่างแป้งกับน้ำ และเครื่องจะเพิ่มอุณหภูมิให้กับของผสมนี้ในอัตรา 1.5 °C/ นาที จนกระทั่งถึง 95 ° C จะปล่อยให้ของผสมนี้ได้รับความร้อนคงที่ที่ 95 °C เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับเครื่องให้ลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5 °C / นาที แล้วเปิดท่อน้ำเย็นให้น้ำเย็นไหลวนใน Cooling element ที่จุ่มลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ของผสมมีอุณหภูมิลดลง 50 °C และปล่อยให้ของผสมได้รับความร้อนที่ 50 ° C เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงปิดเครื่อง

1.3 เก็บข้อมูลจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ

จุด A แสดงความหนืดเริ่มต้นของการเกิดเจลาทิไนซ์

จุด B แสดงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นความหนืดสูงสุดในช่วงการให้ความร้อน เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

จุด C แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 °ซ ชี้ให้เห็นถึงความยากง่ายในการหุงต้ม

จุด D แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 °ซ ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของเม็ดแป้ง

จุด E แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 °ซ ชี้ให้เห็นถึงการเกิดรีโทรเกรเดชันเนื่องจากการทำให้เย็น

จุด F แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 °ซ ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของน้ำแป้งสุกที่ผ่านการหุงต้ม และทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจสอบความคงทนต่อการแช่แข็ง-การละลาย (Freeze-Thaw Stability Test)

(Nakrugsa, 1996)

1. วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่าง 15 กรัมผสมกับน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักสุดท้ายเป็น 300 กรัม ในถ้วย Stainless steel ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วย Rotor mixer ที่อัตราเร็ว 240 rpm เป็นเวลา 30 นาที

1.2 นำของผสมเทลงในถ้วยพลาสติก แช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 ℃ ใน Deep Freezer เป็นเวลา 7 วัน

1.3 นำของผสมมาละลายน้ำแข็งออกในอ่างน้ำ (water bath) ที่อุณหภูมิ 30 ℃ นาน 4 ชั่วโมง

1.4 นำของผสม 100 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเพื่อนำมาหมุนเหวี่ยงที่ 8000 rpm นาน 30 นาที

1.5 รายงานผลเป็นปริมาณน้ำที่แยกออกมา (%) โดยปริมาตรน้ำที่แยกออกมาจากของผสมมากจะหมายถึงความคงทนต่อการแช่แข็ง-การละลายไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ และ ความสามารถในการละลายโดยวิธีของ Nakrugsa (1996)

1. วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2.5 กรัม (นน.แห้ง, W_o) ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดหลอดหมุนเหวี่ยง ปิดฝาให้สนิท

1.2 เขย่าใน Water bath ที่มีอุณหภูมิ 30 ℃ นาน 30 นาที

1.3 นำของผสมมาชั่งน้ำหนัก (W_1,g) แล้วหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8000 rpm เป็นเวลา 10 นาทีชั่งน้ำหนักส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (W_2) หลังจากเทส่วนที่เป็นของเหลวแยกออกไป นำค่าที่ได้ไปคำนวณ WAI

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

2. 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

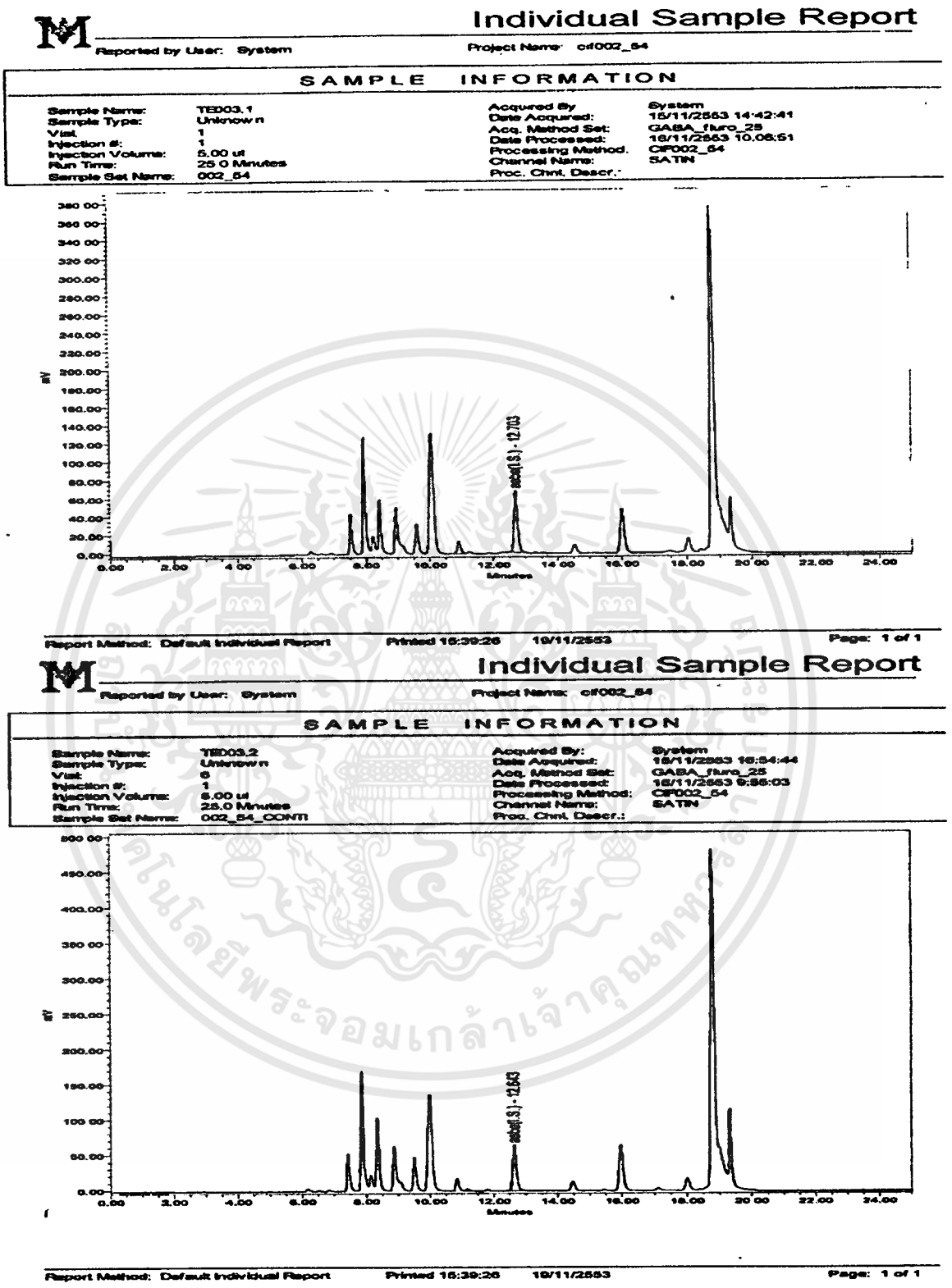
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

Chromatogram ของ GABA

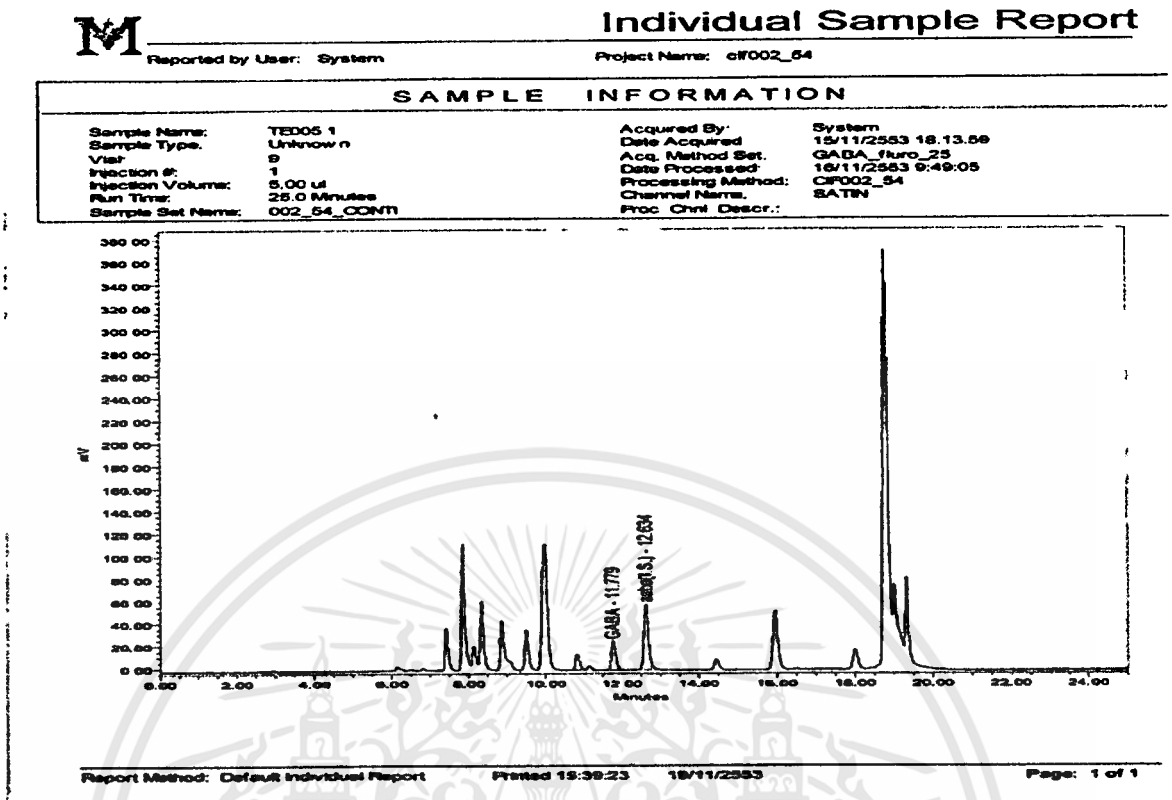
ในตัวอย่างข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวดำ

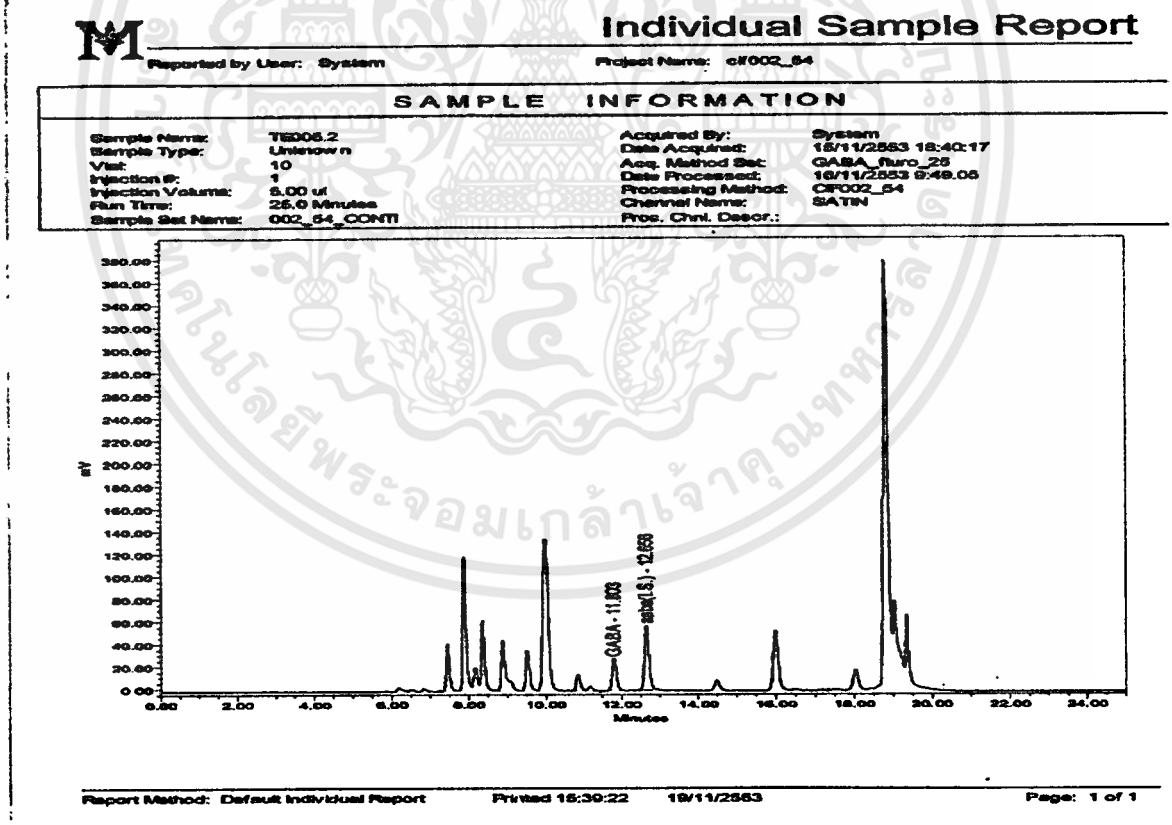
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ง.1 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก (ซ้ำ 1 และ 2)

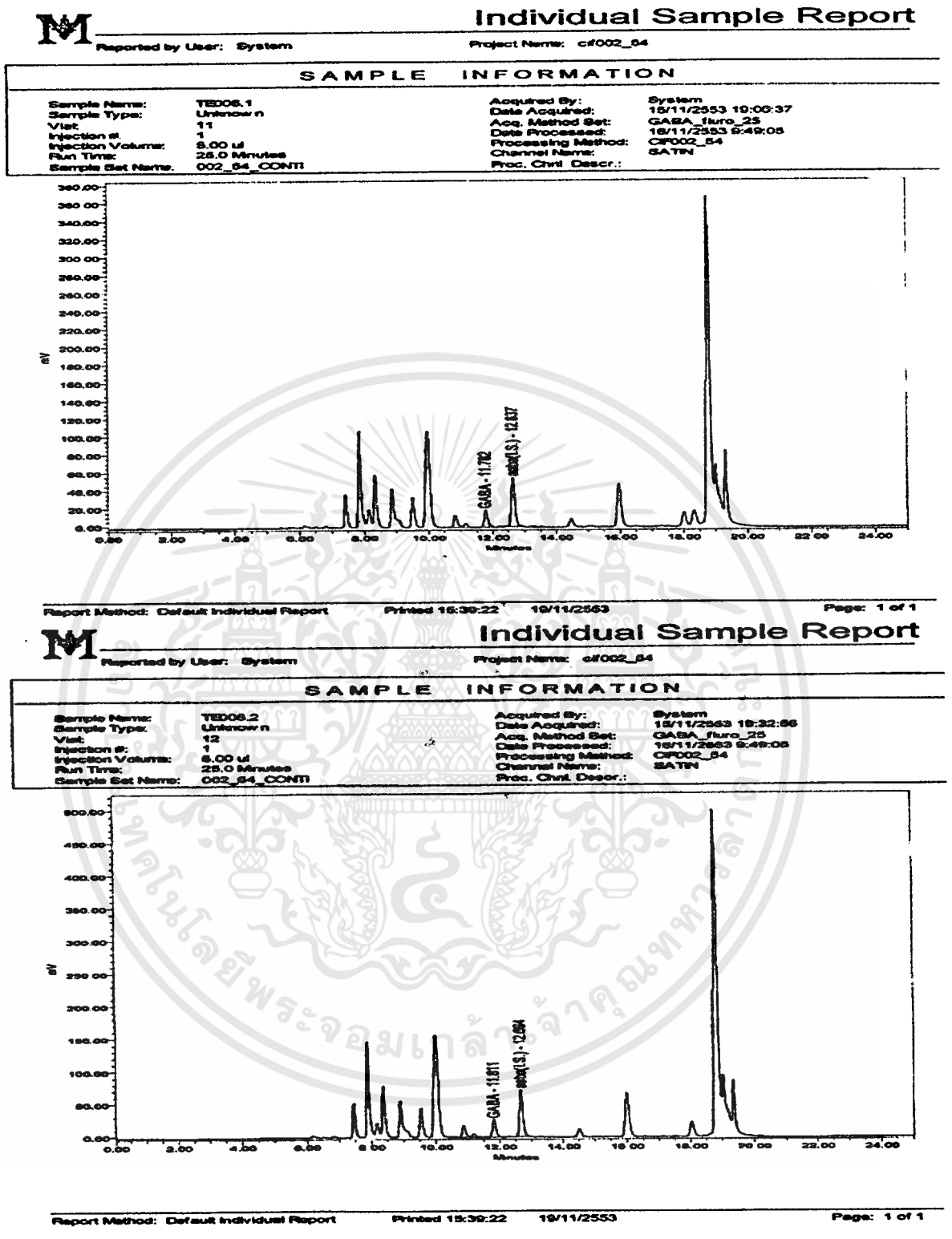
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





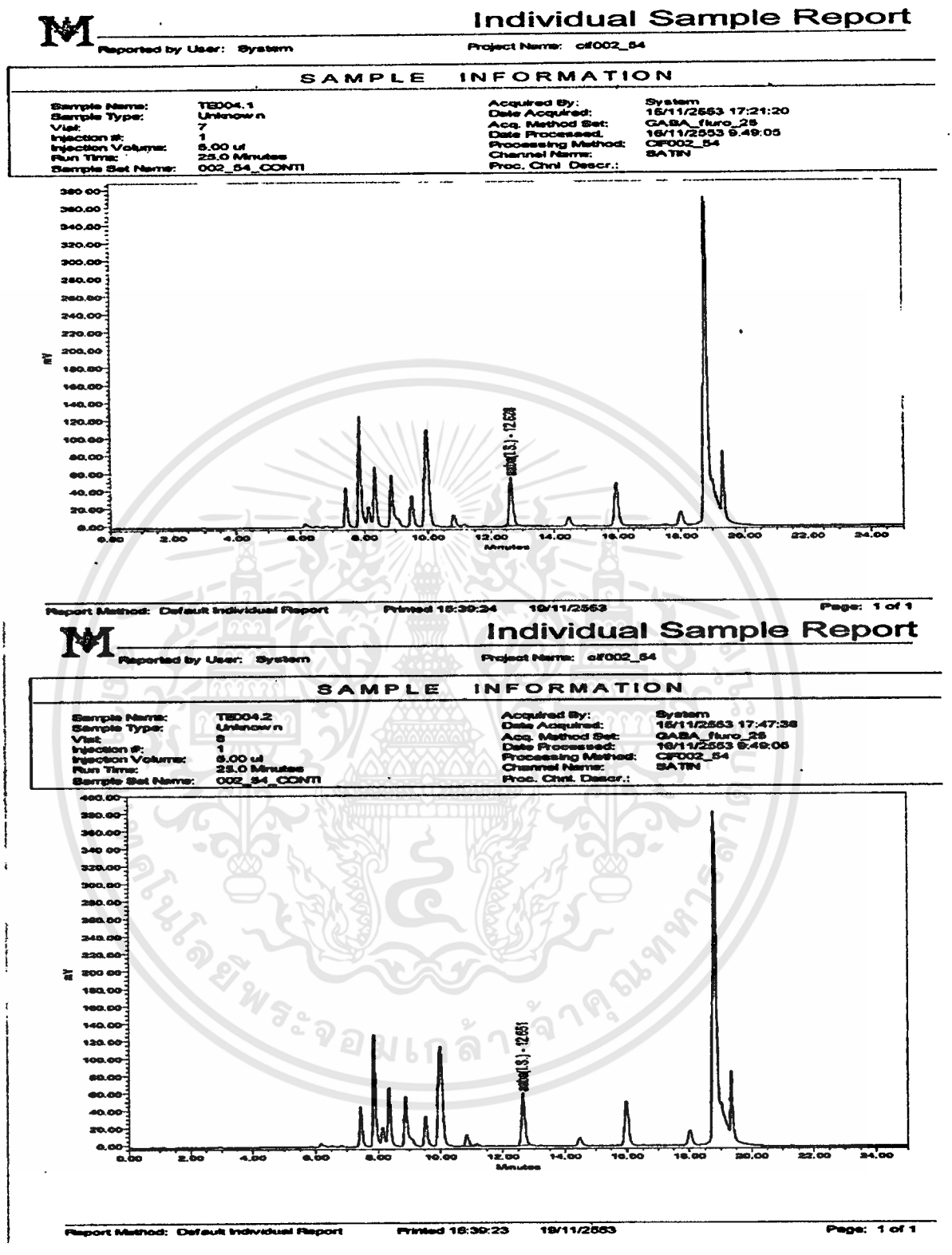
รูปผนวกที่ ง.2 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 36 ชม. (ซ้ำ 1 และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



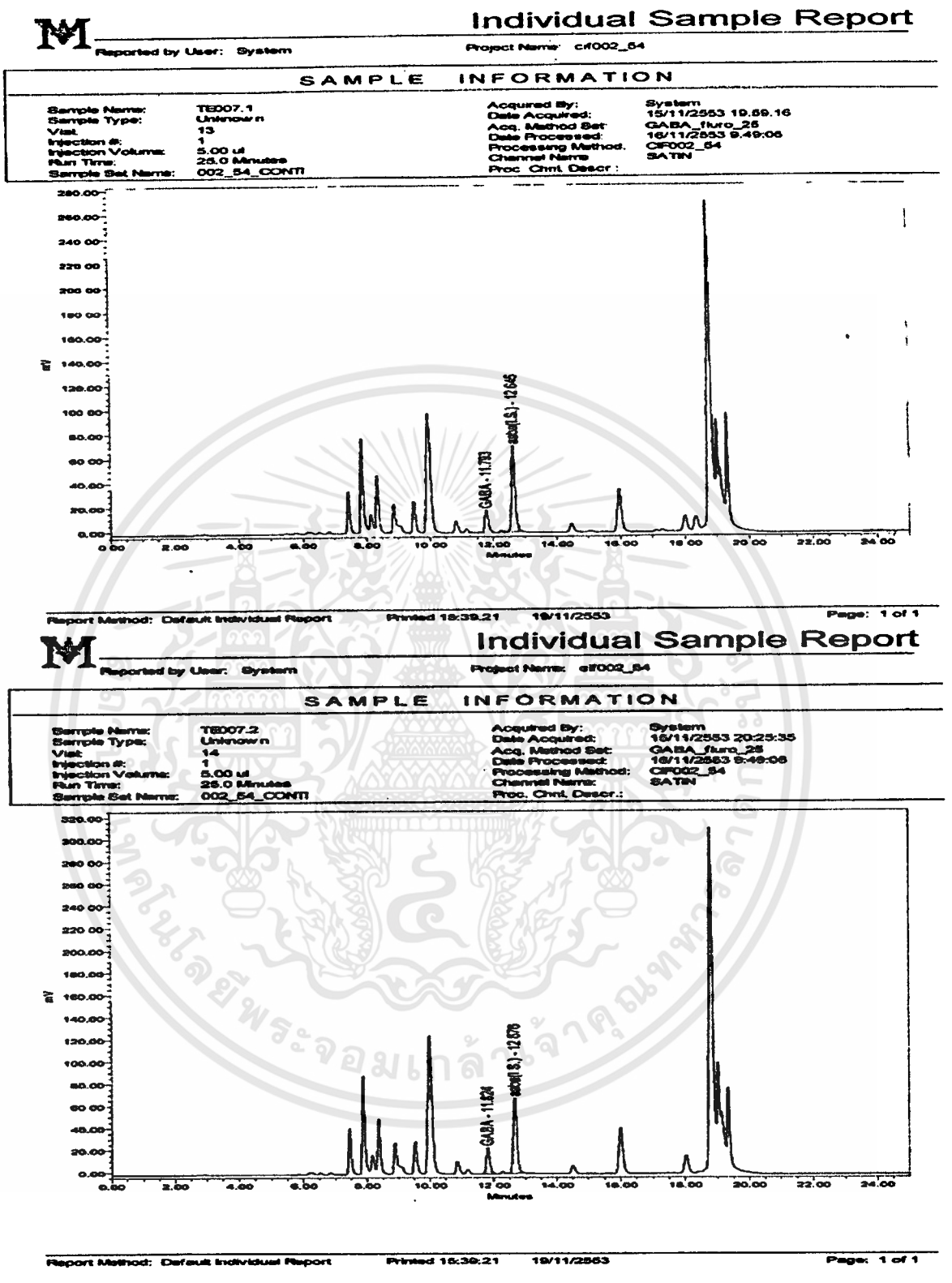
รูปผนวกที่ ง.3 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่น้ำ 24 ชม. และเพาะงอก 24 ชม. (ซ้ำ 1 และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



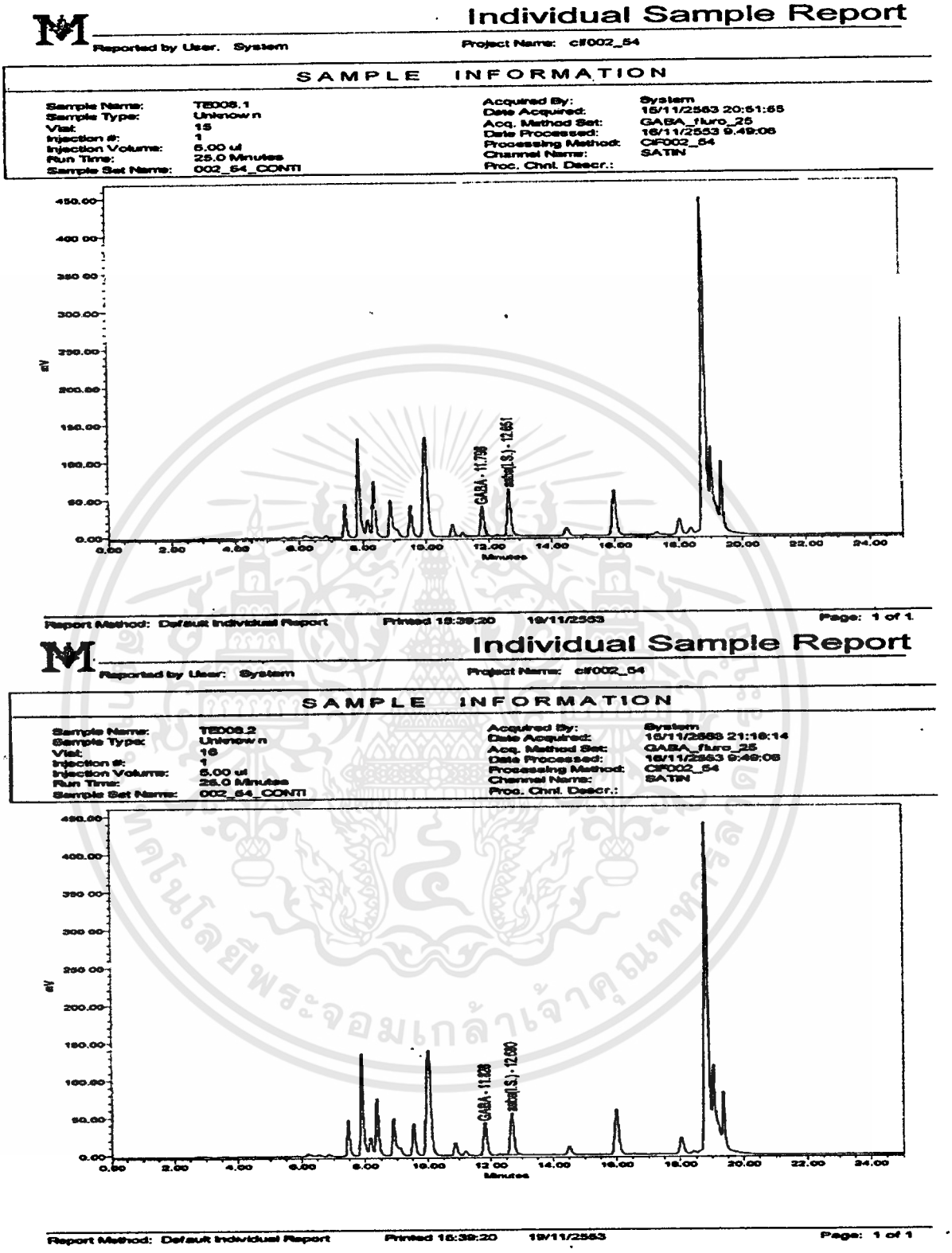
รูปผนวกที่ ง.4 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก (ซ้ำ 1 และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ง.5 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 12 ชม. และเพาะงอก 48 ชม. (ซ้ำ 1 และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ ง.6 Chromatogram ของ GABA จากข้าวเปลือกงอกที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำ 24 ชม. และเพาะงอก 24 ชม. (ซ้ำ 1 และ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด ร้อยละการงอก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ดและร้อยละการงอกของข้าวเปลือกข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวดำที่แช่น้ำและเพาะให้งอกที่ระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ระยะเวลา (แช่น้ำ, ชม. / เพาะงอก, ชม.)	ข้าวสังข์หยดพัทลุง		ข้าวเหนียวดำ	
	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด (%)	ร้อยละการงอก (%)	ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด (%)	ร้อยละการงอก (%)
0/0	13.924±0.119^{d}	0	13.526±0.293^{b}	0
12/0	33.811±0.412^{c}	0	39.036±1.668^{a}	0
24/0	37.057±0.783^{b}	0	40.718±2.654^{a}	0
36/0	37.779±0.480^{b}	0	40.750±1.258^{a}	0
48/0	40.825±0.450^{a}	0	41.196±1.048^{a}	0
12/12	30.105±0.497^{c}	0^{d}	30.302±0.376^{d}	0^{d}
12/24	30.302±0.376^{c}	69.75±0.35^{c}	34.967±0.104^{c}	75.25±0.35^{c}
12/36	32.174±0.218^{b}	89.75±3.89^{b}	37.810±0.567^{b}	77.50±0.00^{b}
12/48	35.001±0.243^{a}	97.50±0.00^{a}	41.004±0.704^{a}	89.00±0.00^{a}
24/12	29.300±0.641^{b}	62.00±2.83^{b}	34.168±0.582^{b}	57.50±3.53^{c}
24/24	36.987±0.793^{a}	93.25±1.77^{a}	41.098±0.837^{a}	80.00±2.12^{b}
24/36	37.482±0.089^{a}	96.00±1.41^{a}	41.192±2.203^{a}	95.75±1.77^{a}
24/48	38.145±1.134^{a}	96.00±2.83^{a}	41.734±0.174^{a}	98.00±1.41^{a}
36/12	31.341±0.366^{c}	62.75±4.60^{b}	37.266±0.775^{b}	74.00±0.00^{b}
36/24	33.617±1.361^{bc}	91.75±3.89^{a}	37.242±1.283^{b}	84.75±3.89^{a}
36/36	35.111±0.827^{b}	93.75±3.89^{a}	41.786±0.135^{a}	90.00±3.53^{a}
36/48	39.203±0.610^{a}	94.75±3.18^{a}	43.278±0.822^{a}	92.00±2.83^{a}
48/12	33.997±0.268^{c}	73.25±1.06^{b}	38.619±0.217^{b}	70.00±3.53^{b}
48/24	39.707±1.069^{b}	93.00±2.12^{a}	45.705±0.236^{a}	90.50±2.83^{a}
48/36	42.565±1.658^{ab}	95.50±2.83^{a}	44.646±2.152^{a}	93.50±4.24^{a}
48/48	43.333±0.900^{a}	97.00±2.12^{a}	47.623±2.948^{a}	96.75±1.77^{a}

หมายเหตุ 1. ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เช่น ข้าวสังข์หยดพัทลุง 0/0 คือ ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและไม่ผ่านการเพาะงอก ข้าวสังข์หยดพัทลุง 12/36 คือข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำ 12 ชม. และผ่านการเพาะงอก 36 ชม.

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ $P < 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่น้ำกับปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด ของข้าวเปลือกที่แช่น้ำเพียงอย่างเดียวโดยไม่ผ่านการเพาะงอก

พันธุ์ข้าว	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	
		ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด
ข้าวสังข์หยดพัทลุง	ระยะเวลาในการแช่น้ำ	0.965
ข้าวเหนียวดำ	ระยะเวลาในการแช่น้ำ	0.486

ตารางที่ จ.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการงอกของข้าวเปลือก กับร้อยละการงอก และปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด

พันธุ์ข้าว	ปัจจัยในการงอกของข้าวเปลือก	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	
		ปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าสู่เมล็ด	ร้อยละการงอก
ข้าวสังข์หยดพัทลุง	A	0.640	0.345
	B	0.673	0.675
	A*B	0.916	0.576
ข้าวเหนียวดำ	A	0.619	0.406
	B	0.665	0.662
	A*B	0.842	0.616

หมายเหตุ A คือ ระยะเวลาในการแช่

B คือ ระยะเวลาในการเพาะ

A*B คือ ระยะเวลาในการแช่*ระยะเวลาในการเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกนกวรรณ จิตต์พงษ์

ที่อยู่ 15/1 หมู่ 3 ต.นาชุมเห็ด อ.ย่านตาขาว จ.ตรัง 92140

(kabenobell@hotmail.com, Tel. 083-9753668)

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง ปีการศึกษา 2548
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ปีการศึกษา 2552
- ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้