คุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน

CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BROWN RICE FLOUR AS AFFECTED BY HARVESTING TIME

ดารุณี สัมปยาภิรมย์กุล

DARUNEE SAMPAYAPIROMYOOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-053-140

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้อง ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน

CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BROWN RICE FLOUR AS AFFECTED BY HARVESTING TIME

ดรุณี ตันตยาภิรมย์กุล

DARUNEE TANTAYAPIROMKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122967
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BROWN RICE FLOUR AS AFFECTED BY HARVESTING TIME

DARUNEE TANTAYAPIROMKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2002-AI-M-053-140

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 คุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน

Chemical and Physico-Chemical Characteristics of Brown Rice Flour as Affected by Harvesting Time

ชื่อนักศึกษา นางสาวดรุณี ตันตยาภิรมย์กุล

รหัสประจำตัว 53680205

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

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

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 17 พฤษภาคม 2555 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตั้งจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ๒๔ **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** ๒๕๕๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน
นักศึกษา	นางสาวดรุณี ตันตยาภิรมย์กุล
รหัสประจำตัว	53680205
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

อิทธิพลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องที่เตรียมได้จากข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ เก็บเกี่ยวจากจังหวัดสุพรรณบุรีในปี 2011 (ปทุมธานี 1 อายุการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และพิษณุโลก 2 อายุการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว พบว่า ปริมาณโปรตีนและ น้ำตาลรีดิวซ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ปริมาณเยื่อใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า อะไมโลส เส้นใยอาหารและวิตามินบี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น จากการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่า น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด L/W ratio และความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) เพิ่มขึ้น ขณะที่ความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (FTS) มีค่าดีขึ้นเนื่องจากมีปริมาณน้ำที่แยกออกมากจากเพสท์ (Paste) น้อยลง เมื่อนำแป้งข้าวกล้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดในรูปของเพสท์ที่ความเข้มข้น 10 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก, น้ำหนักแห้ง) ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ พบว่า แป้งข้าวกล้องมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น จากคุณลักษณะของปทุมธานี 1-เพสท์มีค่าเบรกดาวน์ (breakdown) และค่าความคงตัว (setback) ลดลง ขณะที่พิษณุโลก 2-เพสท์ มีค่าเบรกดาวน์เท่ากับศูนย์และและค่าความคงตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณลักษณะทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BROWN RICE FLOUR AS AFFECTED BY HARVESTING TIME
Student	Miss Darunee Tantayapiromkul
Student ID.	53680205
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

The influence of harvesting time affected on physico-chemical characteristics of brown rice flour prepared from paddy rice harvested from Supanburi province of Thailand on the year 2011 (Pathum Tani 1rice was harvesting time 100, 105, 110, 115 and 120 days and Phitsanulok 2 rice was harvesting time 94, 98, 102, 106 and 110 days) were investigated. The study of chemical composition of brown rice flour showed that protein contents was significantly decreased ($p<0.05$) while crude fat, crude fiber, ash, carbohydrate, reducing sugar Total dietary fiber (TDF) and Vitamin B1 contents were significantly increased ($p<0.05$) with increasing the harvesting time. The study on the effect of the increasing harvesting time on physico-chemical characteristics showed that the 1000-grain weight, Length/Width ratio (L/W ratio), water absorption index (WAI) were significantly increased while water solubility index (WSI) was significantly decreased ($p<0.05$). Freeze-Thaw stability (FTS) was significantly improved regarding to the decreasing of the amount of separated water from paste ($p<0.05$). The pasting property of 10% (w/w, db) brown rice flour-paste by Brabender Visco Amylograms indicated that the viscosity was significantly increased ($p<0.05$) with increasing the harvesting time. From pasting characteristics of Pathum Tani 1-paste exhibited increased breakdown and decreased setback, while Phitsanulok 2-paste exhibited not breakdown and increased setback.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์ ตลอดจนข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และรวมถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลาย ๆ ด้านที่ประโยชน์ต่อผู้วิจัย ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ดร.กิตติชัย บรรจง และดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกูล ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยดูแล อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารเคมี รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างมาก

สุดท้ายต้องขอขอบคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่านทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ดรุณี ตันตยาภิรมย์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูปภาพ..... VII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....1
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย.....2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 การเจริญเติบโตของต้นข้าว.....4
2.2 การพัฒนาของดอกข้าวเป็นเมล็ด.....5
2.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....8
2.3 ชนิดและพันธุ์ข้าว.....10
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว 11
2.6 องค์ประกอบของแป้ง 13
2.6 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและกระบวนการแปรรูปที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว.....12
2.7 ความหนืด การเกิดเจลาติไนเซชัน และการเกิดรีโทรกราเดชัน.....14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....18
3.1 วัตถุดิบ.....18
3.2 อุปกรณ์.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 สารเคมี.....19
3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....20
3.5 วิธีการทดลอง.....20

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....23
4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....23
4.2 ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....24

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....43

บรรณานุกรม.....44

ภาคผนวก.....48
ก กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2.....49
ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี..... 52
ค การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ.....71

ประวัติผู้เขียน.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์.....11

4.1 องค์ประกอบทางเคมี เส้นใยอาหาร และน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....25

4.2 องค์ประกอบทางเคมี เส้นใยอาหาร และน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....26

4.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวเปลือกปทุมธานี 1.....27

4.4 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวเปลือกพิษณุโลก 2.....27

4.5 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือกปทุมธานี 1.....28

4.6 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือกพิษณุโลก 2..... 29

4.7 ค่าสีของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....31

4.8 ค่าสีของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....31

4.9 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1ที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....34

4.10 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....34

4.11 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งปทุมธานี 1 ในรูปของเพลสในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ.....39

4.12 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งพิษณุโลก 2 ในรูปของเพลสในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะของข้าวพันธุ์จาวานิกา อินดิกา และจาปอนิกา.....3

2.2 การเจริญเติบโตทางลำต้นข้าว.....4

2.3 การผสมเกสร (pollination) และการผสมพันธุ์ (fertilization) ของดอกข้าว 6

2.4 การพัฒนาของดอกข้าวเป็นเมล็ด.....6

2.5 วงจรชีวิตของข้าว.....7

2.6 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....9

2.7 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1.....10

2.8 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2.....11

2.9 การกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณในข้าวกล้อง.....12

2.10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน.....15

2.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์.....16

2.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์.....17

3.1 กระบวนการผลิตแป้งข้าวที่ระยะการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....20

4.1 แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่าง.....30

4.2 แป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.....30

4.3 ภาพถ่ายข้าวเปลือกของปทุมธานี 1 แบบตัดขวาง (cross section) (ก) 100 วัน (ข) 105 วัน (ค) 110 วัน (ง) 115 วัน และ (จ) 120 วัน.....36

4.4 ภาพถ่ายข้าวเปลือกของปทุมธานี 1 แบบตัดขวาง (cross section) (ก) 94 วัน (ข) 98 วัน (ค) 102 วัน, (ง) 106 วัน และ (จ) 110 วัน.....37

4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันด้วยเครื่องบราเบนเดอร์.....38

4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันด้วยเครื่องบราเบนเดอร์.....39

ก 1 ขั้นตอนการตากแดดข้าวเปลือก.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก 2 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือก.....49

ก 3 ขั้นตอนการบดหยาบเป็นแป้งข้าวกล้อง.....50

ก 4 ขั้นตอนการบดละเอียด..... 50

ก 5 แป้งข้างกล้องในถุง HDPE ที่ปิดสนิท.....50

ข 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร56

ข 2 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยทั้งหมด.....61

ข 3 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบี 1.....66

ข 4 กราฟแสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส.....68

ค 1 ตัวอย่างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งด้วย
เครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ.....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเดือดร้อนกับปัญหาน้ำท่วมนาข้าว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวที่ได้จากข้าวเปลือกที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือเกษตรกรที่จะประสบปัญหาอุทกภัย

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวที่ได้จากข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร น้ำตาลรีดิวซ์ และอะไมโลส และสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index: WAI) ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index: WSI) ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw Stability: FTS) L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือก น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด) และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสท์ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (ตั้งแต่ระยะสร้างเมล็ดจนถึงระยะแก่เต็มที่)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือเกษตรกรที่จะประสบปัญหาอุทกภัย ทำให้สามารถใช้ข้อมูลจากงานวิจัยในการตัดสินใจเก็บเกี่ยวข้าวก่อนที่น้ำจะท่วมนาข้าว

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการทราบแนวทางในการนำข้าวเปลือกมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

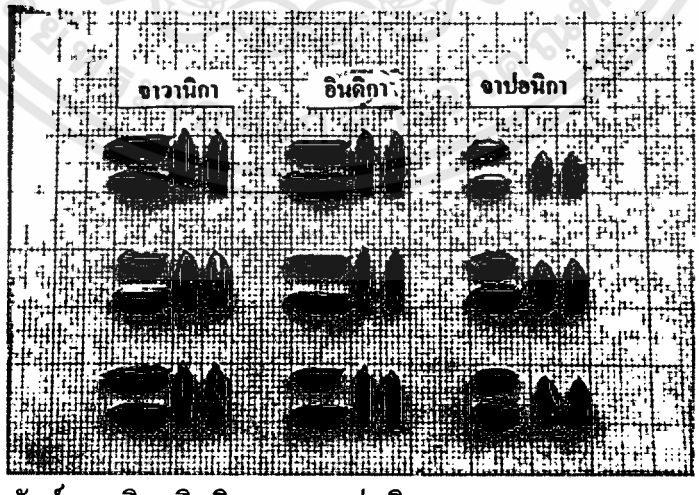
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. โดย เป็นธัญพืชอาหารที่มีความสำคัญที่สุดของเขตร้อน (tropical) และเขตกึ่งร้อน (sub-tropical) ของโลก ถึงแม้ว่าข้าวถูกจัดให้เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า แต่ว่าในความเป็นจริงแล้วข้าวเป็นพืชที่มีการปลูกแพร่หลายทั่วโลก ทั้งในบริเวณ เขตร้อนและเขตอบอุ่น(temperate) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในสภาพนิเวศวิทยาและสภาพทางภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยมและมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้ (อรรควุฒิ และ คณะ, 2547 และละมุน, 2541)

1 จาปอนิกา (Japonica) ข้าวสายพันธุ์นี้มีลักษณะเมล็ดป้อมสั้น อ้วน รวงแน่น ผลผลิตสูง มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ใบสีเขียวเข้ม ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหรือเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ

2 อินดิกา (Indica) ข้าวสายพันธุ์นี้มีลักษณะเมล็ดเรียวยาว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ใบสีเขียวอ่อน ตอบสนองปุ๋ยน้อยแต่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ซึ่งปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย

3 จาวานิกา (Jivanica) ข้าวสายพันธุ์นี้มีลักษณะเมล็ดอ่อน ค่อนข้างป้อมอ้วน ผลผลิตต่ำต้นสูงลำต้นแข็งแรง รวงยาว เมล็ดมีหาง ใบสีเขียวอ่อน ซึ่งปลูกมากในอินเดีย



รูปที่ 2.1 ลักษณะของข้าวพันธุ์จาวานิกา อินดิกา และ จาปอนิกา
ที่มา : อรอนงค์ (2550)

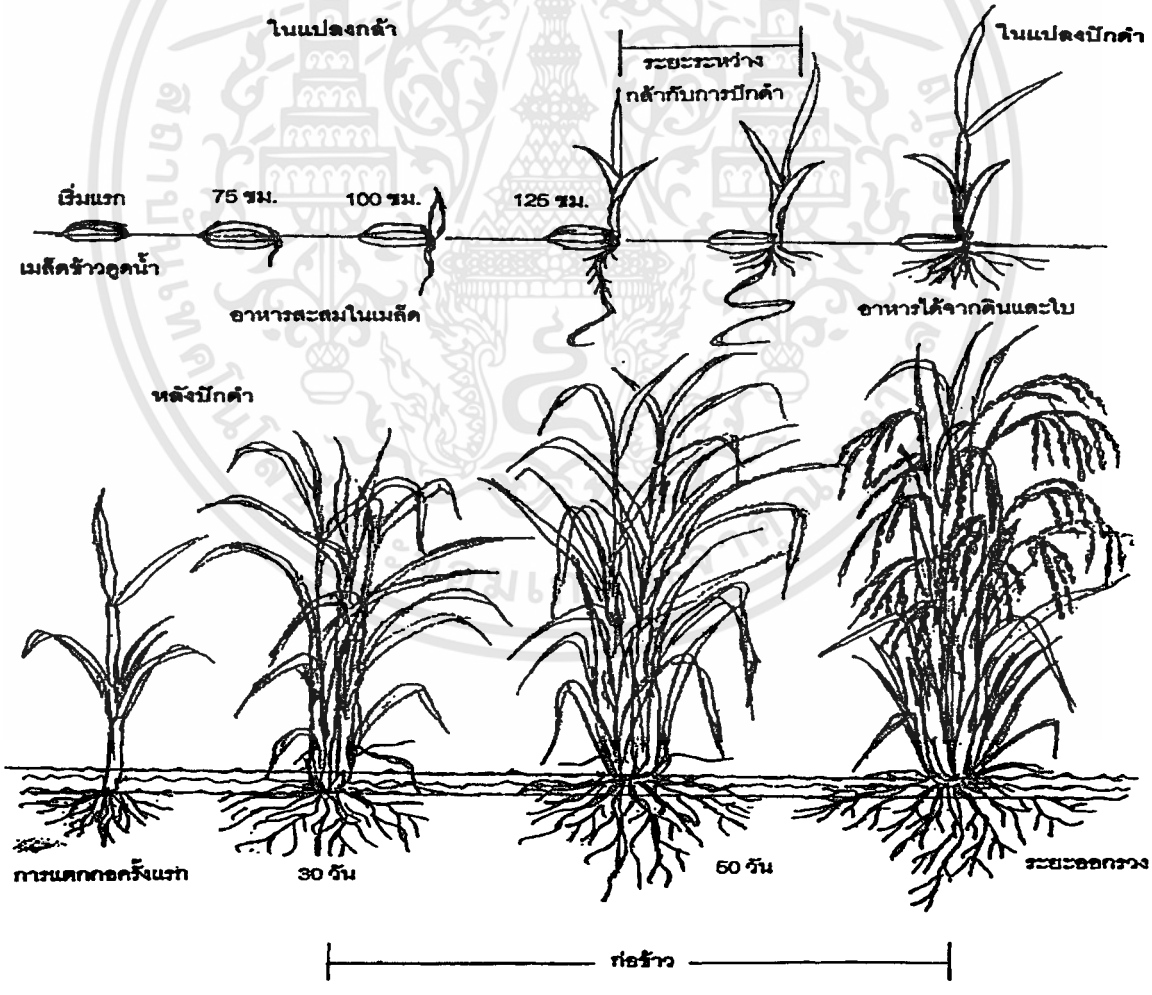
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การเจริญเติบโตของต้นข้าว

ต้นข้าวเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและการสืบพันธุ์ โดยมีระยะเวลาของการเจริญเติบโตทั้ง 2 ทางแยกจากกันอย่างแน่นอน คือ (ประสูติ, 2524 และจำรัส, 2534)

2.1.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative growth phase) เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวงอกจากเมล็ดข้าวไปจนถึงวันที่สร้างรวงอ่อนหรือช่อดอก ใช้เวลาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยต้นข้าวจะสร้างรากลำต้น ใบ และการแตกกอ ทำการสะสมอาหารไว้สำหรับการเจริญเติบโตในระยะสืบพันธุ์ (ดังรูปที่ 2.2)

2.1.2 การเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth phase) เริ่มตั้งแต่วันที่ข้าวสร้างดอกอ่อนจนถึงวันที่รวงเริ่มโผล่ออกจากใบธง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ระยะแรกเรียกว่า ข้าวแต่งตัว ต่อมารวงอ่อนมีขนาดใหญ่พอสมควร ทำให้ต้นข้าวอ้วน กลม ป่องออก เรียกว่า ข้าวตั้งท้อง ระยะที่รวงเริ่มโผล่อกจากลำต้น เรียกว่า ข้าวโพล่ง ลำต้นข้าวจะสร้างส่วนต่าง ๆ ของช่อดอกหรือรวงข้าว (panicle) และดอกข้าว (spikelet)



รูปที่ 2.2 การเจริญเติบโตทางลำต้นข้าว

ที่มา : อรอนงค์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การพัฒนาของดอกข้าวเป็นเมล็ด

ดอกข้าวจะบานในวันที่มีอากาศสดใสและแสงดี โดยเปลือกดอกใหญ่และเปลือกดอกเล็กจะเปิดอ้าออกเนื่องจากแรงดันของเยื่อรังไข่ (Iodicules) จำนวน 2 อันที่ฐานของรังไข่ ดอกข้าวจะบานประมาณ 30– 60 นาทีเท่านั้น และดอกที่บานแล้วจะบานอีกไม่นาน

การผสมเกสร (pollination) อาจเกิดขึ้นก่อนหรือหลังดอกบานเล็กน้อย ดอกข้าวจะบานหลังจากรวงโผล่พ้นกาบใบธง 1-2 วัน และเริ่มบานจากปลายลงมาหาคอรวง โดยใช้เวลาประมาณ 7 วัน จึงจะบานครบทุกดอก การผสมเกสร คือ การที่อับเกสรตัวผู้แตกตัวออก ปล่อยละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนพู่รับละอองเกสร หลังจากกรผสมเกสรเล็กน้อยก็เกิดการผสมพันธุ์ (double fertilization) คือ ละอองเกสรตัวผู้จะงอกเพื่อส่งเชื้อเพศผู้หรือสเปิร์ม นิวเคลียส (sperm nucleus) ลงไปตามก้านพู่ในรังไข่ โดยสเปิร์มนิวเคลียสตัวหนึ่งจะเข้าไปผสมกับไข่และการเจริญเติบโตต่อไปเป็นคัพภะ ส่วนสเปิร์มนิวเคลียสอีกตัวหนึ่งจะผสมกับโพลาร์นิวคลีไอ และเจริญต่อไปเป็นเนื้อของเมล็ดข้าว ระยะเวลาในการผสมเกสรและการผสมพันธุ์ของดอกข้าวประมาณ 12-24 ชั่วโมง โดยการสร้างเมล็ดข้าวแบ่งออกเป็น 3 ระยะ (รูปที่ 2.4) ดังนี้คือ

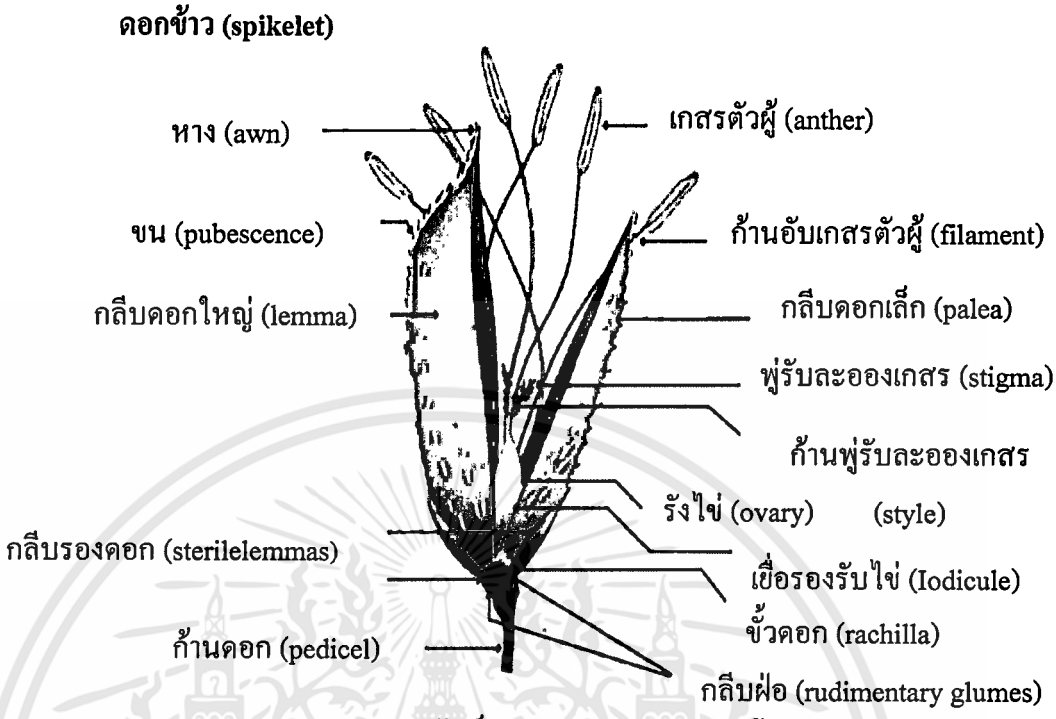
2.2.1 ระยะข้าวเป็นน้ำนม (milk stage) ใช้เวลาประมาณ 7 วัน หลังผสมเกสรและผสมพันธุ์ระยะต้น ๆ ลักษณะภายในของเมล็ดข้าวจะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม เปลือกของเมล็ดมีสีเขียว

2.2.2 ระยะข้าวเม่า หรือเป็นไต หรือเป็นโด (dough stage) ใช้เวลาประมาณ 14-21 วัน หลังผสมเกสร เปลือกใหญ่และเปลือกเล็กเริ่มแข็ง สีเขียวอมน้ำตาล เนื้อในเมล็ดซึ่งเป็นน้ำนมจะมีน้ำน้อยลงเหนียวและแข็งขึ้น ตามลำดับ

2.2.3 ระยะเมล็ดแก่เต็มที่ หรือระยะเก็บเกี่ยว (maturation stage) ใช้เวลาประมาณ 30 วันหลังผสมเกสร เมล็ดจะมีโครงสร้างสมบูรณ์เต็มที่ทั้งขนาด ความแข็งของเปลือก และสีเปลือกที่สุกเต็มที่ที่จะเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสีน้ำตาลทองเป็นส่วนใหญ่ อาจมีสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลม่วง หรือน้ำตาลดำ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ส่วนเนื้อของเมล็ดจะสีข้าว และจะแข็งมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวเช่นกัน

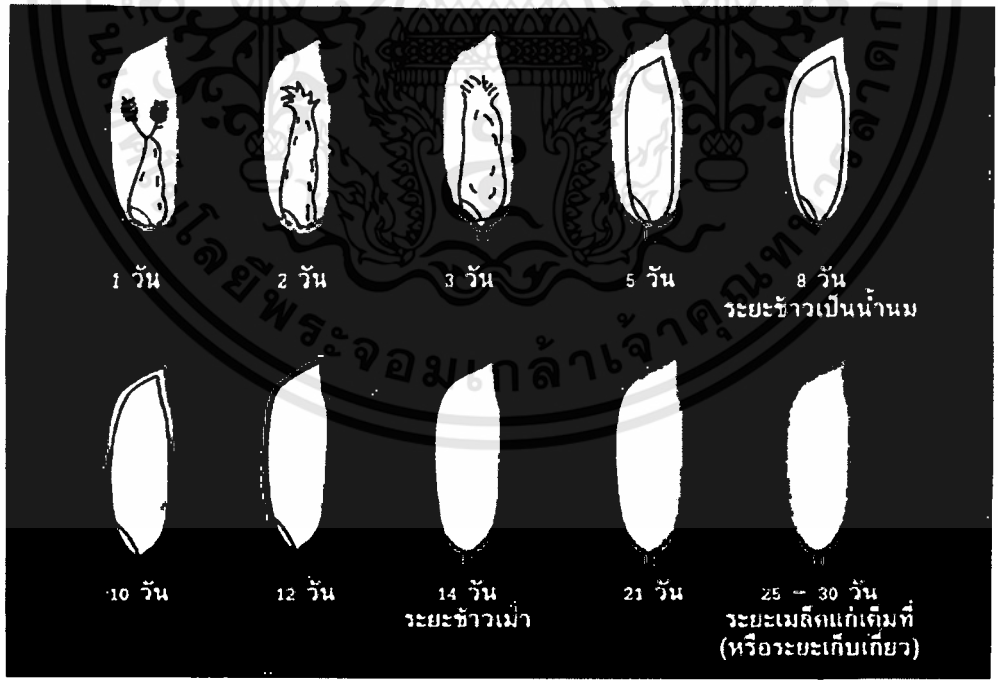
ระยะทั้ง 3 ข้างต้น หมายถึง การสร้างเมล็ดข้าวในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง และเนื้อของเมล็ดส่วนของคัพภะจะเจริญไปพร้อมกันด้วย โดยเริ่มจากการแบ่งเซลล์ 2-3 เซลล์ในระหว่าง 24 ชั่วโมงแรกหลังการผสมเกสร และเจริญเติบโตเป็นเยื่อหุ้มต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน และใบเลี้ยงในวันที่ 3 ส่วนต้นอ่อนและส่วนอื่น ๆ ภายในเยื่อหุ้มรากอ่อนจะเจริญเติบโตเมื่อเมล็ดมีอายุ 5 วัน ต่อไปในวันที่ 6 จะเห็นท่อน้ำท่ออาหารปรากฏขึ้นมา ในที่สุดคัพภะก็จะเจริญเติบโตสมบูรณ์เต็มที่ในวันที่ 13 ไม่เกิน 20 วัน (อรอนงค์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การผสมเกสร (pollination) และการผสมพันธุ์ (fertilization) ของดอกข้าว

ที่มา : อรอนงค์ (2550)

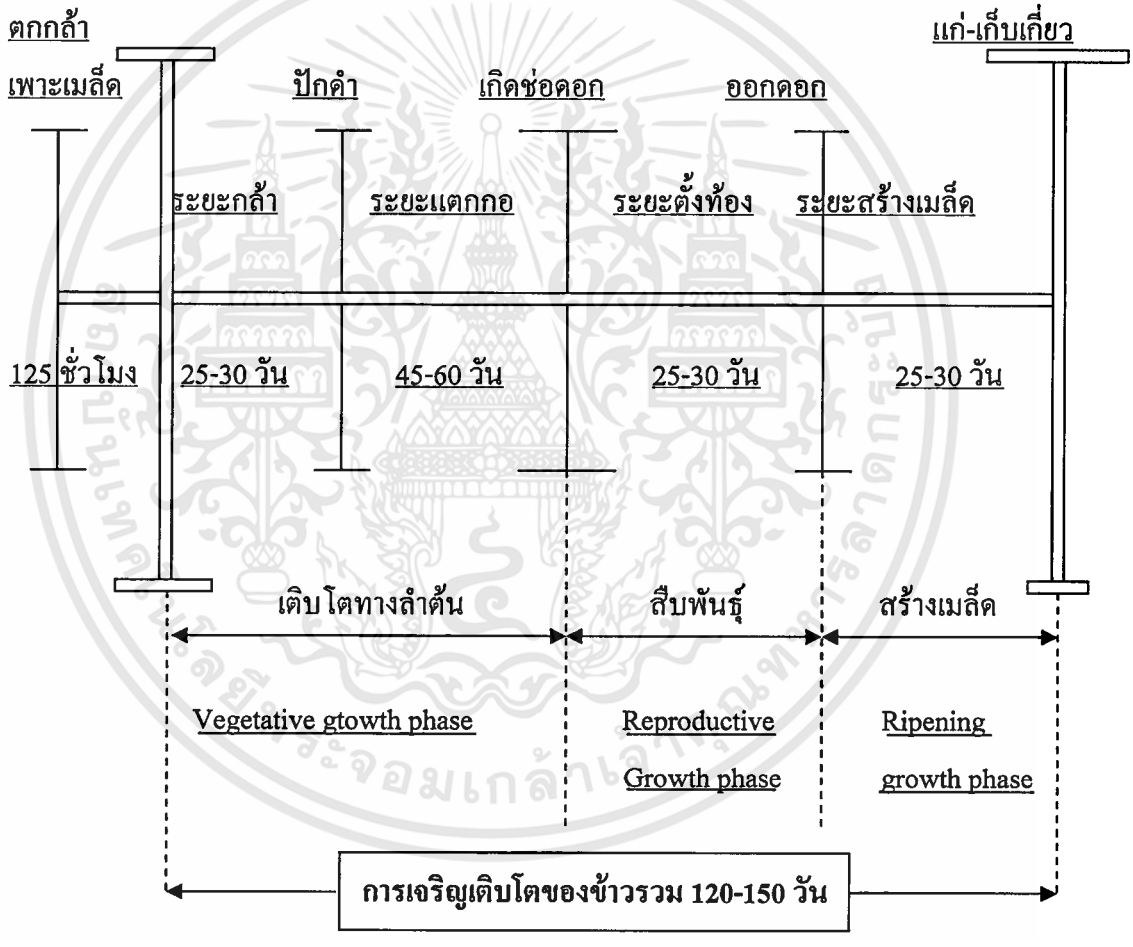


รูปที่ 2.4 การพัฒนาของดอกข้าวเป็นเมล็ด

ที่มา : อรอนงค์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชีวิตข้าวในการเจริญเติบโต เริ่มจากต้นข้าวงอกออกจากเมล็ดด้วยการเพาะเมล็ดจนเป็นต้นกล้า ใช้เวลาประมาณ 125 ชั่งโมง ได้ต้นกล้าที่นำไปเพาะในระยะกล้า 25-30 วัน จึงปักดำจนต้นข้าวแตกกอ ออกเป็นช่อดอก เป็นระยะแตกกอ (panicle stage) 45-60 วัน เรียกช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไป ข้าวเข้าสู่การเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ โดยระยะตั้งท้อง (pregnancy stage) ใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน เริ่มจากการเกิดช่อจนถึงการออกดอก ระยะต่อไปคือ การสร้างเมล็ดอีก 25-30 วัน จึงได้เมล็ดแก่เต็มที่ โดยพร้อมจะเก็บเกี่ยวได้อีกครั้ง จึงครบวงจรชีวิตของข้าว โดยถ้านับจากวันตกกล้าจะใช้เวลาปลูกข้าว ประมาณ 120-150 วัน ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรชีวิตของข้าว
ที่มา : อรอนงค์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด (covered caryopsis) โดยส่วนประกอบของเมล็ดข้าวบ่งบอกถึงปริมาณสารอาหารที่อยู่ในเมล็ดของข้าว ซึ่งเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (อรอนงค์, 2550)

2.3.1 เปลือกนอก (hull หรือ husk) คือส่วนที่เรียกว่าแกลบ ซึ่งเป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว โดยประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palae) ขน (pubescence) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemma)

2.3.2 เปลือกเมล็ด (caryopsis) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มแป้ง อยู่ในแกลบประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เพอริคาร์พ (pericarp) เยื่อหุ้มปลือก (seed coat) และชั้นของนิวเซลลัส (nucellus) เมื่อกะเทาะเปลือกนอกของเมล็ดออกจะได้ข้าวที่เรียกว่าข้าวกล้อง

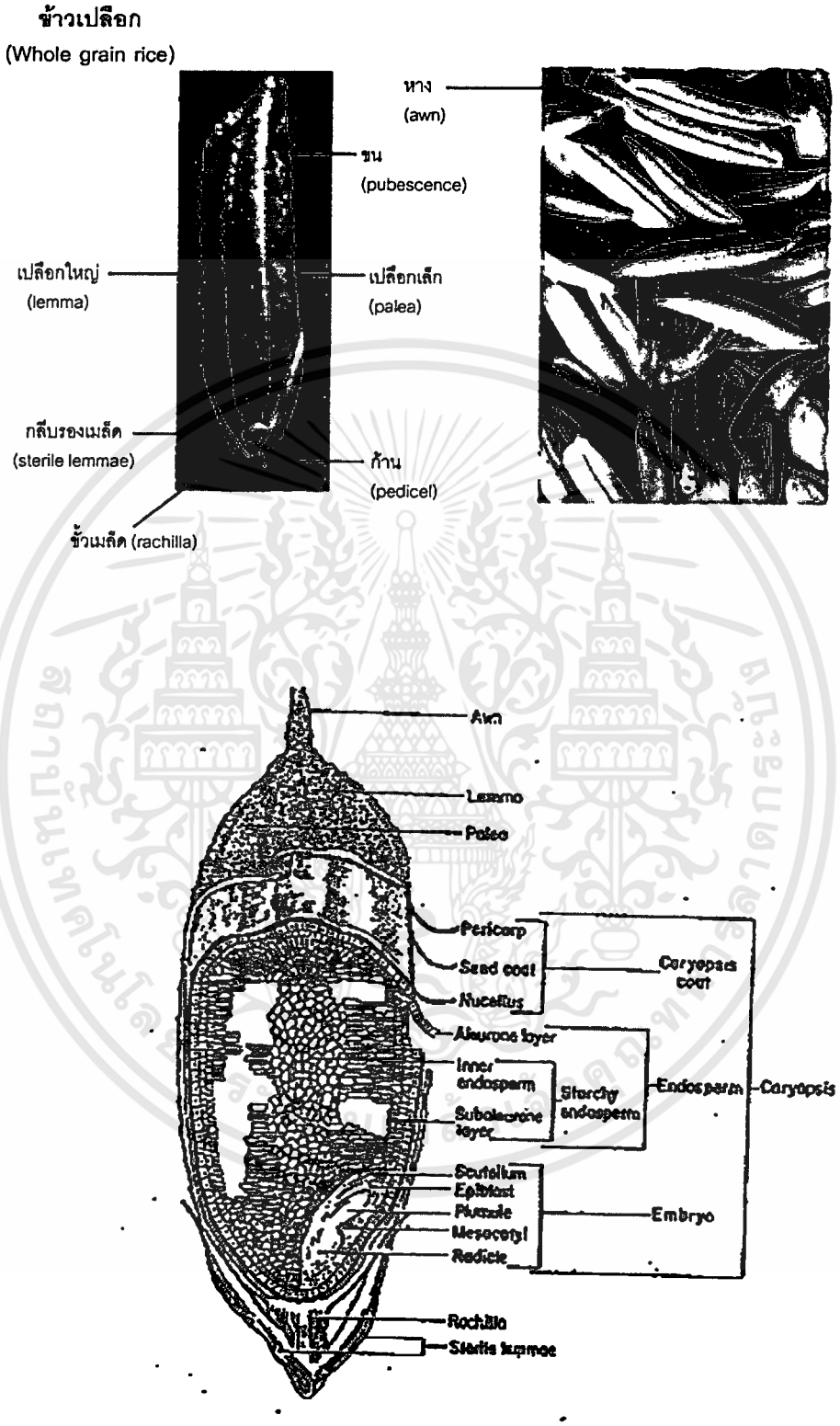
2.3.3 แป้ง (endosperm) ส่วนที่เป็น แป้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.3.3.1 ชั้นของอะลูโลน (aleurone layer) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของส่วนที่เป็นแป้ง จำนวนชั้นของเนื้อเยื่ออะลูโลนขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสิ่งแวดล้อม อาจมีถึง 3 ชั้นโดยชั้นของ อะลูโลนมีธาตุฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียมอยู่มาก

2.3.3.2 ส่วนที่เป็นเนื้อแป้ง (starchy endosperm) เนื้อแป้งนี้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดแป้งและโปรตีน โปรตีนในเมล็ดข้าวจะอยู่รอบนอกใกล้ ๆ กับชั้นในของชั้นอะลูโลน ส่วนเซลล์เม็ดแป้งจะอยู่ในชั้นถัดเข้าไป

2.3.4 คัพภะ (embryo) คือส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าว (germ) เป็นตำแหน่งรวมของส่วนที่จะงอกเป็นต้นข้าวใหม่ โดยคัพภะประกอบด้วยส่วนที่เป็นรากอ่อน (radical) ยอดอ่อน(pulmule) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptiles) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งใบเลี้ยงเดี่ยวคัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของยอดอ่อน จึงอุดมไปด้วยโปรตีนและไขมัน แต่ส่วนที่จะงอกเป็นรากและรากแรกกำเนิด(radical) ทั้งสองส่วนยึดติดกัน โดยมีลักษณะเป็นปล้องที่สั้นมากเรียกว่ามีโซคอททิล (mesocotyl) ยอดอ่อนจะห่อหุ้มด้วยลักษณะที่คล้ายใบเรียกว่าเยื่อหุ้มยอดอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : Datta (1981) และอรอนงค์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ชนิดและพันธุ์ข้าว

2.4.1 ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1)

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ข้าว BKNA6-18-3-2 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ PTT8506-86-3-2-1 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าหอม มีต้นสูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104 -126 วัน เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน มีหาง (ส่วนมากมีหางสั้น) กลีบรองดอกสีฟาง เมล็ดข้าวเปลือกมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 10.52 2.47 และ 1.95 มิลลิเมตรตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 7.60 2.17 และ 1.72 มิลลิเมตรตามลำดับ ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3-4 สัปดาห์ มีปริมาณอะไมโลส 15-19 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุกนุ่มค่อนข้างเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน และคุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

รูปที่ 2.7 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1
ที่มา : กรมการค้าข้าว (2548)

2.4.2 พิษณุโลก 2 (Phitsanulok 2)

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทาง ระหว่างสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-195-2-1 กับไออาร์ 56 จนได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-5-1 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้า มีต้นสูงประมาณ 114 เซนติเมตร ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน เมล็ดข้าวเปลือก สีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 7.9 และ 1.6 มิลลิเมตร ปริมาณอะไมโลส 28.6 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุกร่วนแข็งและคุณภาพการสีดี ท้องไข่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2
ที่มา : กรมการค้าข้าว (2548)

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

2.5.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าว

สมบัติทางเคมีของข้าว หมายถึงองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในข้าว ซึ่งมีผลมาจากพันธุ์ข้าว สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีหรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก นอกจากนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ให้คุณค่าทางอาหารได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุและปริมาณกรดอะมิโนที่มีประโยชน์ของข้าว (Juliano, 1993)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

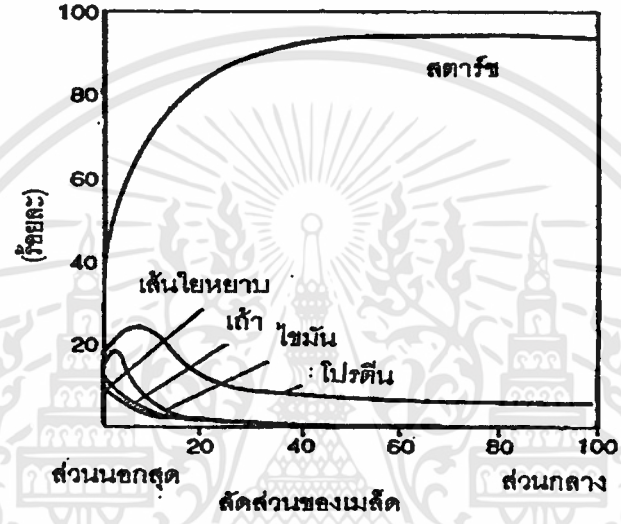
ส่วนของข้าว	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	เส้นใยอาหาร	พลังงาน	
	(ก.)	(ก.)	(ก.)	(ก.)	(ก.)	(ก.)	(กิโลจูล)	(กิโลแคลอรี)
ข้าวเปลือก	5.8-7.7	1.5-.23	7.2-10.4	2.9-5.2	64-73	16.4-19.2	1,580	378
ข้าวกล้อง	7.1-8.3	1.6-2.8	0.6-1.0	1.0-1.5	73-87	2.9-3.9	1,520-1,610	363-385
ข้าวสาร	6.3-7.1	0.3-0.5	0.2-0.5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

ที่มา: Juliano (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การกระจายขององค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างของข้าว

Juliano (1993) ตรวจสอบการกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณในข้าวกล้อง ซึ่งทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร คือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และสตาร์ช จากส่วนนอกสุดของข้าวกล้องเข้าสู่ส่วนกลางของเมล็ด ดังรูปที่ 2.9 จากรูปพบว่า ปริมาณสารอาหารส่วนใหญ่จะมีมากบริเวณใกล้เปลือกของข้าวกล้องและคัพภะ มากกว่าในส่วนเนื้อในเมล็ดเข้าสู่กลางเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 1 ที่พบว่าข้าวกล้องมีสารอาหารมากกว่าข้าวสาร



รูปที่ 2.9 การกระจายปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณในข้าวกล้อง
ที่มา : อรอนงค์ (2550)

2.6 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและกระบวนการแปรรูปที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว

สวนิต และคณะ (2547) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และรีโอโลจีของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ข้าวหักในการผลิตแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และอะไมโลสของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตจากทั้งสองกระบวนการมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนขนาดอนุภาคและความเสียหายของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใหญ่กว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่แห้ง แต่มีความเสียหายของแป้งต่ำกว่า เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้งที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม พบว่า ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ดัชนีการละลายของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกมีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่แห้ง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียสของแป้งทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่ากำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกมีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่แห้งเล็กน้อย สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางรีโอโลจีของแป้งด้วยวิธี พบว่า เจลของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกมีค่า storage modulus (G′) และ loss modulus (G″) มากกว่าเจลของแป้งที่ผลิตโดยกระบวนการโม่แห้ง และความแตกต่างของคุณสมบัติทางรีโอโลจีดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุทำให้แป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกมีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นอาหารจำพวกเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นขนมจีน ซุปกระป๋อง และขนมต่าง ๆ เช่น ลอดช่อง ขนมเปียกปูน เป็นต้น

Galliard (1987) ศึกษาตำแหน่งของอะไมโลสในเมล็ดแป้ง โดยพบว่าตำแหน่งของอะไมโลสในเมล็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว อะไมโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มอะไมโลเพกติน บางส่วนกระจายอยู่ทั้งในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) และส่วนผลึก (Crystalline) โครงสร้างบางส่วนของอะไมโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (Helix) เกลียวที่คลายตัว (Interrupted helix) หรือม้วนอิสระ (Random coil)

Lai (2001) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวก่อนเจลาติไนท์ โดยใช้ข้าวสายพันธุ์อินดิคา 3 สายพันธุ์ คือ Taichung Sen Glutinous 1 (TCSW 1), Taichung Sen 10 (TCS 10) และ Taichung Sen 17 (TCS 17) พบว่า TCSW 1, TCS 10 และ TCS 17 มีปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน และอะไมโลสเท่ากับ 7.85, 7.83 และ 8.26 ; 0.49, 0.73 และ 0.46; 0.72, 0.37 และ 0.69 และ 1.20, 17.90 และ 28.8 ตามลำดับ ปัจจัยในการให้ความร้อนมี 3 ปัจจัยคือ เวลาในการแช่ อุณหภูมิในการนึ่ง และเวลาในการนึ่ง พบว่า เวลาในการแช่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อสมบัติความหนืดของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิในการให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดสูงสุดจะลดลงและความหนืดสุดท้ายจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการทดลองทั้งหมดของข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียวและค่า breakdown และค่า setback ทั้งหมดลดลง ความแตกต่างของความหนืดและสมบัติไฮเดรชันของแป้งข้าวจะบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของแกรนูลแป้ง ส่วนผลของ Differential Scanning Calorimetry (DSC) พบว่า ระดับการเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวเหนียวมีค่าสูงกว่าข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียวเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการให้ความร้อนเดียวกัน

Juliano (1993) ศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าว โดยพบว่าโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากคาร์โบไฮเดรตหรือสตาร์ชโดยไม่คิดปริมาณน้ำในเมล็ดข้าว และจัดเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผู้ที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ซึ่งผลจากการวิจัยของนักวิจัยหลายกลุ่ม พบว่า สภาพแวดล้อมในการปลูกข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนในข้าว เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะต่าง ๆ ขณะที่ข้าวเจริญเติบโต มีผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะข้าวที่กำลังออกดอกจะเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้ระยะเวลาการปลูกที่สั้น สภาพอากาศที่มีเมฆปกคลุมมากในขณะที่สร้างเมล็ด เช่น ฤดูฝน จะมีผลให้โปรตีนในเมล็ดข้าวสูงขึ้น สภาพแวดล้อมที่ผิดปกติบางช่วง เช่นมีเกลือหรือเบสในดินสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก เกิดโรคหรือแมลงทำลาย จะทำให้เมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงขึ้นได้ และเมื่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ปริมาณสตาร์ชในเมล็ดข้าวลดลง

Zhu *et al.* (2011) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและการย่อยของแป้งข้าว (*Oryza sativa* L.) และสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน โดยใช้ข้าวสายพันธุ์อินดิกาที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน คือ ข้าวเหนียว ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลาง และข้าวที่มีอะไมโลสสูง จากการศึกษาพบว่า สตาร์ชของข้าวเหนียว ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลาง และข้าวที่มีอะไมโลสสูงมีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 1.7, 16.1, 22.5 และ 55.4 ตามลำดับ ปริมาณแป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างช้า ๆ(slowly digestible starch) มีค่าลดลงในขณะที่ resistant starch (RS) และใยอาหารมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มมากขึ้น ข้าวมีปริมาณอะไมโลสต่ำ (มีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 16.1 เปอร์เซ็นต์) การย่อยของแป้งไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของแกรนูลหรือระดับของผลึก

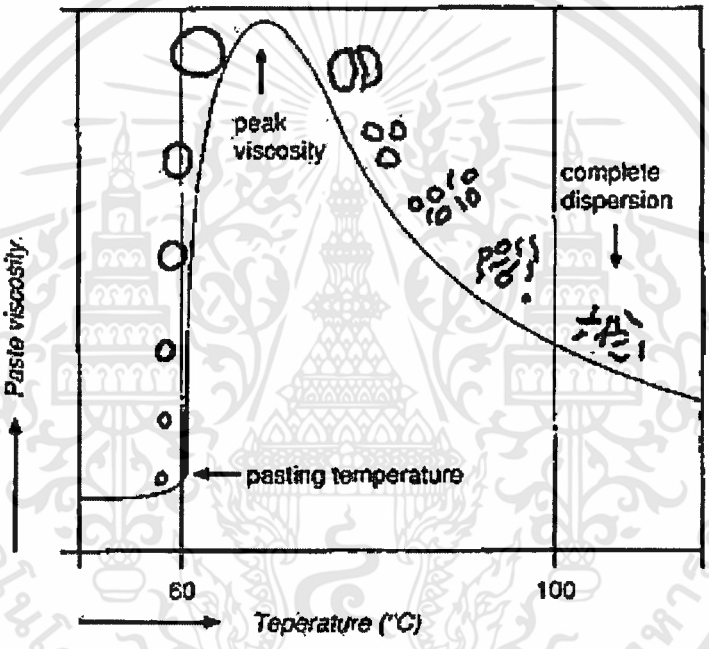
Lin *et al.* (2011) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง สตาร์ช และสตาร์ชดัดแปรของข้าวสองสายพันธุ์ โดยใช้ข้าวสายพันธุ์อินดิกาและจาปอนิคา จากนั้นนำไปทำเป็นแป้งข้าว พบว่าข้าวจาปอนิกามีค่ากำลังการพองตัวของแป้ง สตาร์ช และสตาร์ช ฟอสเฟต (ระดับการแทนที่ 0.065) มากกว่าข้าวอินดิกาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การส่งผ่านของแป้งดัดแปรมีค่ามากที่สุดและแป้งมีค่าต่ำที่สุดของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ ตรวจสอบสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) พบว่า ค่าความหนืดสูงที่สุดและค่า breakdown ของของผสมจะมีค่ามากเมื่อมีค่ากำลังการพองตัวสูง นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนและอะไมโลสมีผลต่อสมบัติด้านความหนืด ส่วนผลของสมบัติรีโอโลจีตรวจสอบโดยรีโอโลจีรีโอมิเตอร์ พบว่า ที่อุณหภูมิเดียวกัน storage modulus (G′) ของแป้ง สตาร์ช และสตาร์ชดัดแปรของข้าวอินดิกามีค่ามากกว่าข้าวจาปอนิคา โดย G′ ของแป้งมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ G′ ของสตาร์ชดัดแปรมีค่าต่ำที่สุด

2.7 ความหนืด การเกิดเจลาติไนเซชัน และการเกิดรีโทรกราเดชัน

ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้นดังรูปที่ 2.10 โดยพฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นและมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง หรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นมาอีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) จากงานวิจัยของ Becker และคณะ (2001) กล่าวว่าความหนืดของแป้งมีความสัมพันธ์กับขนาด รูปร่างของแป้ง และปริมาณโปรตีนอีกด้วย



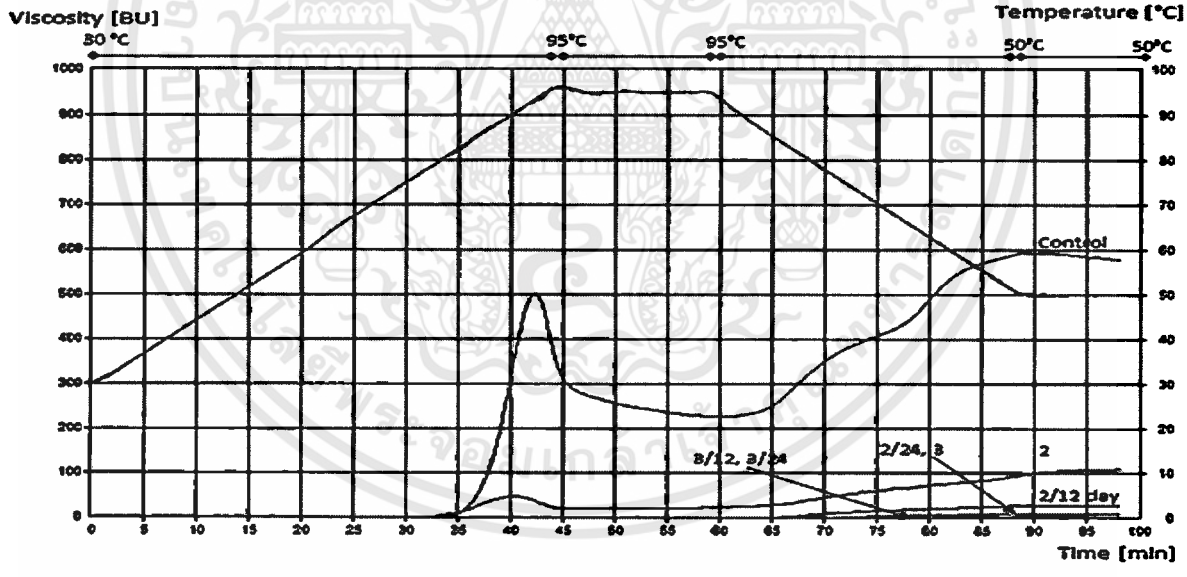
รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน
ที่มา : Sanders (1996)

Varavinit *et al.* (2003) ตรวจสอบผลของปริมาณอะไมโลสในข้าว 11 สายพันธุ์ที่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน การเกิดรีโทรกราเดชัน และคุณสมบัติด้านความข้นหนืดของแป้งข้าว พบว่า ปริมาณอะไมโลสในข้าวมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่าอุณหภูมิของพีคสูงสุด (Tp) และอุณหภูมิสุดท้าย (Tc) ซึ่งวัดได้จากเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC) รวมทั้งค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดรีโทรกราเดชัน ซึ่งได้จากการคิดคำนวณจากค่าที่วัดจากเครื่อง DSC และคุณสมบัติด้านความข้นหนืดของแป้งข้าววัดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิเริ่มการเกิดความหนืด (pasting temperature) และค่าการคืนตัว (set back)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tako and Hizuburi (2000) ตรวจสอบกลไกการเกิดรีโทรกราเดชันของสตาร์ชข้าว โดยใช้ข้าวพันธุ์ Akinikari ซึ่งมีปริมาณอะไมโลส 18.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเตรียมส่วนผสมสตาร์ชข้าวในน้ำจาก 2.0 – 4.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดเจลาติไนเซชัน แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจสอบลักษณะการเกิดรีโทรกราเดชัน เสนอความเป็นไปได้ของแนวทางการเกาะเกี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพกตินว่า ในช่วงแรกโมเลกุลของอะไมโลสอาจเกาะกันเองภายในโมเลกุลอะไมโลสระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของน้ำตาลจากกลูโกสลำดับที่หนึ่งกับออกซิเจนของน้ำตาลกลูโกสลำดับต่อไป และการเกาะเกี่ยวกันระหว่างโมเลกุลกลูโคสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของโมเลกุลอะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็นโมเลกุลสายสั้นของโครงสร้าง ในช่วงต่อมาเกิดการเกาะเกี่ยวกันระหว่างโมเลกุลอะไมโลสกับโมเลกุลอะไมโลเพกติน ทั้งลักษณะภายในโมเลกุลอะไมโลสและการเกาะเกี่ยวเชื่อมต่อกับโมเลกุลอะไมโลเพกตินทั้ง 2 ด้าน และในที่สุดเกิดการเกาะเกี่ยวระหว่างโมเลกุลของอะไมโลเพกติน

ตัวอย่างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปเพสท์ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

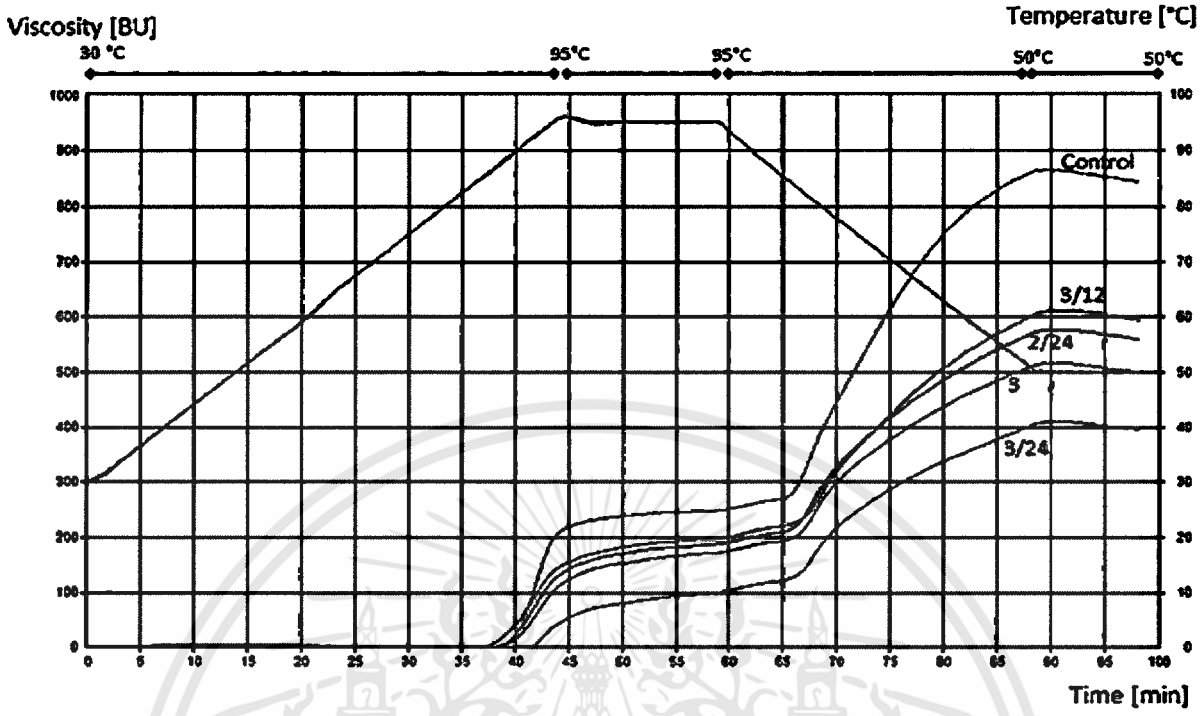


รูปที่ 2.11 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับในกราฟคือ ระยะเวลาที่ข้าวจมน้ำ (วัน) / เพาะงอก (ชั่วโมง) เช่น Control คือ แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการจมน้ำและเพาะงอก หมายเลข 3 คือ จมน้ำ 3 วัน, 2/24 คือ จมน้ำ 2 วัน เพาะงอก 24 ชั่วโมง เป็นต้น

ที่มา : วุฒิชัย และคณะ (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ

หมายเหตุ ตัวเลขที่กำกับในกราฟคือ ระยะเวลาที่ข้าวจมน้ำ (วัน) / เพาะงอก (ชั่วโมง) เช่น Control คือ แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการจมน้ำและเพาะงอก หมายเลข 2 คือ จมน้ำ 2 วัน, 2/12 คือ จมน้ำ 2 วัน แล้วนำมาเพาะงอก 12 ชั่วโมง เป็นต้น

ที่มา : วุฒิชัย และคณะ (2554)

จากรูปที่ 2.11 และ 2.12 เป็นการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างแป้งข้าวกับน้ำในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของของผสมระหว่างแป้งกับน้ำเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร), Speed 75 (รอบ/นาที), Measure range 700 cmg, อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิให้กับของผสมในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียส/นาที จนกระทั่งถึง 95 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้ของผสมได้รับความร้อนคงที่ที่ 95 เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียส/นาที แล้วเปิดท่อน้ำเย็นให้น้ำเย็นไหลวนใน Cooling element ที่จุ่มลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ของผสมมีอุณหภูมิลดลง 50 องศาเซลเซียส และปล่อยให้ของผสมได้รับความร้อนคงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากรูป 2.11 และ 2.12 พบว่า เมื่อแช่และเพาะข้าวในระยะเวลานานขึ้นความหนืดของแป้งจะลดลง เนื่องจากเมื่อมีการแช่และเพาะข้าวทำให้เกิดการงอก เมื่อเกิดการงอกจะเกิดเมทาบอลิซึมภายในเมล็ดสูง ทำให้ความแข็งแรงของเม็ดแป้งลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งถูกตัดให้มีโมเลกุลเล็กลง

122967
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวเปลือก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1และพิษณุโลก 2 ซึ่งเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมและปลูกกันมากในเขตภาคกลาง โดยข้าวเปลือกดังกล่าวมาจากเกษตรในตำบลบ้านช้าง อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2553 และกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม 2554 เก็บตัวอย่างทั้ง 2พันธุ์ใส่ถุงพลาสติก High-density polyethylene (HDPE) บรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ

ข้าวเปลือกสายพันธุ์พิษณุโลก 2 โดนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลกิน จึงส่งผลให้การสร้างแป้งภายในของเมล็ดข้าวเปลือกไม่สมบูรณ์เพียงพอ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพ

3. 2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องสีข้าว (ทองทวี, รุ่น NW 1000 Terbo, ประเทศไทย)

3.2.2 เครื่องปิดผนึกด้วยสุญญากาศ (NZ400N, ประเทศไทย)

3.2.3 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาโปรตีน (Kjeldhal distillatuon) (Gerharatt, Bonn, Germany)

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

3.2.5 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมัน (soxhletextraction) (Modle K126, Gerharatt, German

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

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

3.2.8 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืด (Brabender Viscograph) (Brabender Visco Amylograph, Germany)

3.2.9 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) (Beckman Coulter, USA.)

3.2.10 ตู้แช่แข็ง (Deep freezer) (FZ-120, ประเทศไทย)

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

3.2.12 เครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu UV-1601, Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.13 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert UM 400, Germany)

3.2.14 เครื่องบดหยาบ (Retsch,ZM1000 เยอรมัน)

3.2.15 เครื่องบดละเอียด (ยี่ห้อ Retch รุ่น ZM 1000, Germany)

3.3 สารเคมี

3.3.1 Amylose from potato (Sigma, USA)

3.3.2 Iron (III) chlorides (Sigma, USA)

3.3.3 Ethanol 95% (Italmar, Thailand)

3.3.4 Acetic acid (Merck, Germany)

3.3.5 Phosphoric acid (Merck, Germany)

3.3.6 Methanol (Merck, Germany)

3.3.7 Sodium chloride (Ajax Finechem, Australia)

3.3.8 Sodium hydroxide (Ajax Finechem, Australia)

3.3.9 Phosphoric acid (Merck, Germany)

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

3.3.11 Protease (Sigma, USA)

3.3.12 Amyloglucosidase (Sigma, USA)

3.3.13 Potassium sulpate (Merck, Germany)

3.3.14 Boric acid (Ajax Finechem, Australia)

3.3.15 Petrolem ether (Ajax Finechem, Australia)

3.3.16 Glucoamylase (Sigma, USA)

3.3.17 Sodium carbonate (Ajax Finechem, Australia)

3.3.18 Hydrochloric acid (Merck, Germany)

3.3.19 Sulfuric acid (Merck, Germany)

3.3.20 Acetic acid (Merck, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.4.1 ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคารเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

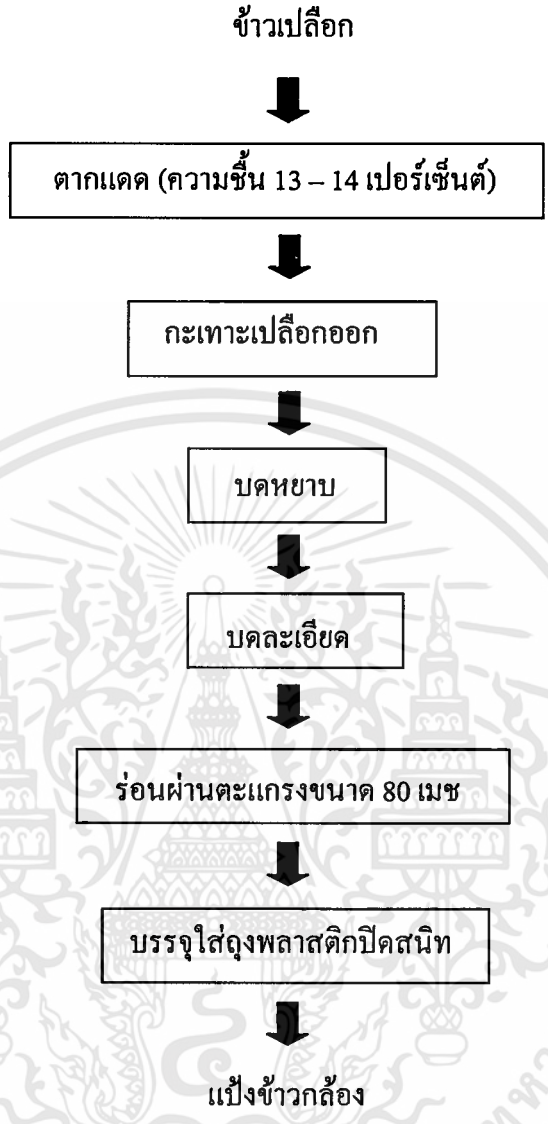
3.4.2 ตึก Processing คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องจากข้าวเปลือกที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

นำข้าวเปลือกพันธุ์ 2 สายพันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 (อายุการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน) และพิษณุโลก 2 (อายุการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน) มาตากแดดที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วัดความชื้นของข้าวเปลือก (โดยข้าวเปลือกต้องมีความชื้นน้อยกว่า 14 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นนำมากะเทาะเปลือกออกโดยใช้เครื่องสีข้าว ยี่ห้อทองทวี และนำไปบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบดหยาบ และบดละเอียดต่อด้วยเครื่องบดละเอียด จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท ซึ่งกระบวนการผลิตแป้งข้าวแสดงดังรูปที่ 3.1 ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

3.5.2 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

นำแป้งข้าวกล้องที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตแป้งข้าวดังรูปที่ 3.1 มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพ ดังนี้

3.5.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.5.2.1.1 ความชื้น ตามวิธี AOAC (1995)

3.5.2.1.2 โปรตีน ตามวิธี AOAC (1995)

3.5.2.1.3 ไขมัน ตามวิธี AOAC (1995)

3.5.2.1.4 เถ้า ตามวิธี AOAC (1995)

3.5.2.1.5 เยื่อใย ตามวิธี AOAC (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.1.6 คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995)

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

3.5.2.1.8 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธี (Nellson, 1998)

3.5.2.1.9 ปริมาณอะไมโลส (Amylose) ตามวิธี (Juliano และคณะ, 1981)

3.5.2.1.10 ปริมาณวิตามินบี 1 ตามวิธี AOAC (1995)

3.5.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ

3.5.2.2.1 น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (g/1000 เมล็ด)

3.5.2.2.2 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือก ตามวิธี (Datta, 1981)

3.5.2.2.3 วัดสีของแป้งข้าวกล้องโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-400

3.5.2.2.4 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index: WAI) ตามวิธี (Narkrugsa, 1996)

3.5.2.2.5 ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index: WSI) ตามวิธี (Narkrugsa, 1996)

3.5.2.2.6 ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย (Freeze-Thaw Stability) ตามวิธี (Narkrugsa, 1996)

3.5.2.2.7 การเปลี่ยนแปลงของช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์ม

3.5.2.2.8 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสท์ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (แปลงนาที่ 1 และแปลงนาที่ 2 เป็นซ้ำของการทดลอง) และกำหนดให้แปลงนาเป็นบล็อกเพื่อลดค่าความแปรปรวนที่ได้จากการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม SPSS version 11.5 ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ตามลิขสิทธิ์ของ KMITL ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

จากการศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว โดยใช้ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ (ตั้งแต่ระยะสร้างเมล็ดจนถึงระยะแก่เต็มที่) ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ซึ่งข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์มีระยะเวลาการ เก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวแสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ในการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว เมื่อผลิตจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 แป้งข้าวปทุมธานี 1 ที่ 100 วัน (ระยะน้ำนม) และ 120 วัน (ระยะเก็บเกี่ยว) มีปริมาณโปรตีนลดลงเท่ากับ 7.40 และ 6.62 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนแป้งข้าวพิษณุโลก 2 ที่ 94 วัน (ระยะน้ำนม) และ110 วัน (ระยะเก็บเกี่ยว) มีปริมาณโปรตีนลดลงเท่ากับ 7.20 และ 5.79 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในขณะที่ข้าวเจริญเติบโต จะส่งผลต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะข้าวที่กำลังออกดอกจะเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ และในช่วงระยะแรก ๆ ลักษณะภายในเมล็ดข้าวจะเป็นลักษณะของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม ซึ่งดูได้จากภาพถ่ายเมล็ดข้าวเปลือกแบบตัดขวาง ดังแสดงในรูปที่ 4.3 พบว่ามีขนาดช่องว่างระหว่างเปลือกและเอนโดสเปิร์มลดลงตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ทำให้มีปริมาณอะไมโลสและปริมาณผลผลิตแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จึงส่งผลให้ช่วงระยะการเก็บเกี่ยวช่วงต้น ๆ มีปริมาณโปรตีนลดลง ในขณะที่ปริมาณเถ้า เยื่อใย ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (TDF) ของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 110 และ 120 วัน และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 102 และ 110 ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณ เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงแรก ๆ ลักษณะภายในเมล็ดข้าวจะเป็นลักษณะของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม และภายในเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวยังอ่อน และเริ่มการสร้างราก ใบเลี้ยง ยอดอ่อน ซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้แป้งข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องมีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์น้ำหนัก 1000 เมล็ดในตารางที่ 4.3 และ 4.4 L/W ratio ในตารางที่ 4.5 และ 4.6 และปริมาณอะไมโลสในตารางที่ 4.1 และ 4.2

สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าแป้งข้าวกล้องมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ จึงส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ส่วนปริมาณวิตามินบี 1ของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 มีปริมาณวิตามินบี 1 อยู่ในช่วง 0.34-0.39 มิลลิกรัม/100 กรัม และแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 มีปริมาณวิตามินบี 1 อยู่ในช่วง 0.24-0.39 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นปริมาณวิตามินบี 1 ของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ก็เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น จะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 115 และ 120 วันจะมีปริมาณอะไมโลสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 พบว่ามีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น และปริมาณผลผลิตแป้งข้าวกล้อง พบว่า ทั้งแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2 ปริมาณผลผลิตแป้งข้าวกล้องมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

4.2 ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

4.2.1 น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด)

จากการศึกษาน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด) โดยใช้ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ซึ่งข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน โดยนำข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์มาตากแดดที่บริเวณลานโล่ง ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการสุ่มเมล็ดข้าวเปลือกมาหาน้ำหนักขอเมล็ดข้าวเปลือก จะเห็นได้ว่าน้ำหนักเมล็ดข้างเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด) ของเมล็ดข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมี เส้นใยอาหาร และน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

สายพันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)										
		ความชื้น ns	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต ns	น้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส/กรัม)	เส้นใยอาหาร (TDF) (%)	วิตามินบี 1 มก./100 ก.	อะไมโลส (%)	ปริมาณผลผลิตแป้งข้าวกล้อง (%)
ปทุมธานี 1	100	9.51 ± 0.52	7.40 ± 0.10^{d}	2.70 ± 0.17^{c}	1.40 ±0.01^{d}	1.17 ± 0.04^{d}	77.82 ± 0.84	0.70 ± 0.01^{a}	2.80 ± 0.03^{c}	0.39 ± 0.00^{a}	8.00 ± 0.21^{c}	38.67 ± 0.51^{e}
	105	9.18 ± 0.34	7.14 ± 0.16^{cd}	3.04 ±0.01^{b}	1.50 ± 0.03^{c}	1.27 ± 0.01^{cd}	77.88 ± 0.52	0.55 ± 0.01^{b}	nd	0.38 ± 0.00^{b}	9.00 ± 0.34^{c}	45.38 ± 0.12^{d}
	110	9.12 ± 1.03	6.93 ± 0.02^{bc}	3.27 ± 0.17^{ab}	1.58 ± 0.02^{b}	1.41 ± 0.05^{bc}	77.69 ± 1.30	0.43 ± 0.01^{c}	3.89 ± 0.02^{b}	0.36 ± 0.00^{c}	12.00 ± 0.31^{b}	55.72 ± 0.18^{c}
	115	8.47 ± 0.67	6.83 ± 0.07^{ab}	3.45 ± 0.00^{a}	1.62 ± 0.02^{b}	1.54 ± 0.07^{b}	78.09 ± 0.83	0.31 ± 0.03^{d}	nd	0.35 ± 0.00^{d}	15.00 ± 0.07^{a}	63.20 ± 0.71^{b}
	120	8.23 ± 0.05	6.62 ± 0.05^{a}	3.54 ± 0.02^{a}	1.72 ± 0.01^{a}	1.81 ± 0.08^{a}	78.08 ± 0.01	0.21 ± 0.00^{e}	5.73 ± 0.00^{a}	0.34 ± 0.01^{e}	17.00 ± 0.07^{a}	70.53 ± 0.51^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$), ns = non significant
3. nd = mon determinaion

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมี เส้นใยอาหาร และน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

สายพันธุ์ข้าว	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)										
		ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	น้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส/	เส้นใยอาหาร (TDF) (%)	ตามินบี 1 มก./100ก.	อะไมโลส (%)	ปริมาณผลผลิตแป้งข้าวกล้อง (%)
พิษณุโลก 2	94	10.42 ± 0.35^{a}	7.20 ± 0.10^{d}	1.35 ± 0.10^{e}	1.16 ± 0.08^{c}	1.07 ± 0.02^{d}	78.80 ± 0.65^{b}	0.53 ± 0.01^{a}	2.89 ± 0.01^{c}	0.36 ± 0.01^{a}	17.00 ±0.03^{e}	41.27 ± 0.71^{e}
	98	8.79 ± 1.18^{ab}	6.64 ± 0.21^{cd}	1.50 ± 0.03^{d}	1.34 ± 0.02^{b}	1.22 ± 0.01^{c}	80.50 ± 1.39^{ab}	0.41 ± 0.02^{b}	nd	0.34 ± 0.01^{a}	19.00 ± 0.05^{d}	46.13 ± 0.56^{d}
	102	8.27 ± 0.64^{ab}	6.29 ± 0.01^{bc}	2.07 ± 0.03^{c}	1.42 ± 0.02^{ab}	1.36 ± 0.02^{bc}	80.59 ± 0.71^{ab}	0.33 ± 0.00^{c}	4.10 ±0.01^{b}	0.32 ± 0.01^{ab}	23.00 ± 0.7^{c}	57.50 ± 0.03^{c}
	106	7.59 ± 1.12^{b}	6.14 ± 0.16^{b}	2.24 ± 0.03^{b}	1.46 ± 0.01^{a}	1.48 ± 0.08^{b}	81.10 ± 1.39^{ab}	0.25 ± 0.00^{d}	nd	0.29 ± 0.02^{b}	27.00 ±0.03^{b}	70.13 ± 0.71^{b}
	110	6.43 ±0.89^{b}	5.79 ± 0.08^{a}	2.43 ± 0.06^{a}	1.50 ± 0.02^{a}	1.71 ± 0.06^{a}	82.14 ± 1.11^{a}	0.13 ± 0.00^{e}	6.01 ±0.00^{a}	0.24± 0.04^{c}	29.00 ±0.03^{a}	77.58 ± 0.51^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
3. nd = mon determinaion

ตารางที่ 4.3 น้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวเปลือกปทุมธานี 1

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด)
ปทุมธานี 1	100	23.62 ± 0.26^{e}
	105	25.44 ± 0.19^{d}
	110	27.55 ± 0.21^{c}
	115	28.80 ± 0.14^{b}
	120	29.89 ± 0.26^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.4 น้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวเปลือกพิษณุโลก 2

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด)
พิษณุโลก 2	94	27.03 ± 0.02^{b}
	98	27.18 ± 0.97^{b}
	102	28.07 ± 0.21^{a}
	106	29.93 ± 0.03^{a}
	110	30.10 ± 0.05^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่มีต่อน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และพิษณุโลก 2 ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีค่าน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1และพิษณุโลก 2 มีน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวช่วงแรก ๆ เมล็ดข้าวยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่สมบูรณ์ ยังมีกิจกกรมต่าง ๆ มากมาย เมล็ดข้าวยังอ่อนอยู่ โดยภายในเมล็ดข้าวจะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวจะมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ มากขึ้นทั้งขนาด สีเปลือก และความแข็งของเปลือก และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย เส้นใยอาหาร อะไมโลส และปริมาณผลผลิตของแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 และ L/W ratio มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกก็จะเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนัก 1000 เมล็ดจะส่งผลต่อการขัดสีของเมล็ดข้าวเปลือก กล่าวคือ ที่ระยะน้ำนมจะได้ปริมาณผลผลิตของแป้งข้าวกล้องน้อยกว่าระยะแก่เต็มที่ เนื่องจากที่ระยะน้ำนมมีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์มมากกว่าระยะแก่เต็มที่ดังแสดงในรูปที่

4.2.2 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือก

จากการศึกษา L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือก โดยใช้ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ได้จากข้อ 4.1.1 ซึ่งตากแดดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการสุ่มมาครั้งละ 10 เมล็ด จำนวน 3 ครั้ง มาวางเรียงเป็นเส้นตรงทั้งในด้านยาวและด้านกว้าง แล้วทำการวัดความยาว (Li) และความกว้าง (Wi) ด้วยไม้บรรทัด หลังจากนั้นคำนวณ L/W ratio ดังแสดงตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือกปทุมธานี 1

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	L/W ratio
ปทุมธานี 1	100	3.97 ± 0.02^{e}
	105	4.17 ± 0.01^{d}
	110	4.25 ± 0.00^{c}
	115	4.34 ± 0.00^{b}
	120	4.42 ± 0.01^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b… หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
3. L/W ratio = Length / Width = Li / Wi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 L/W ratio ของเมล็ดข้าวเปลือกพิษณุโลก 2

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	L/W ratio
	94	4.05 ± 0.01^{e}
	98	4.16 ± 0.00^{d}
พิษณุโลก 2	102	4.26 ± 0.02^{c}
	106	4.35 ± 0.01^{b}
	110	4.39 ± 0.00^{a}

หมายเหตุ

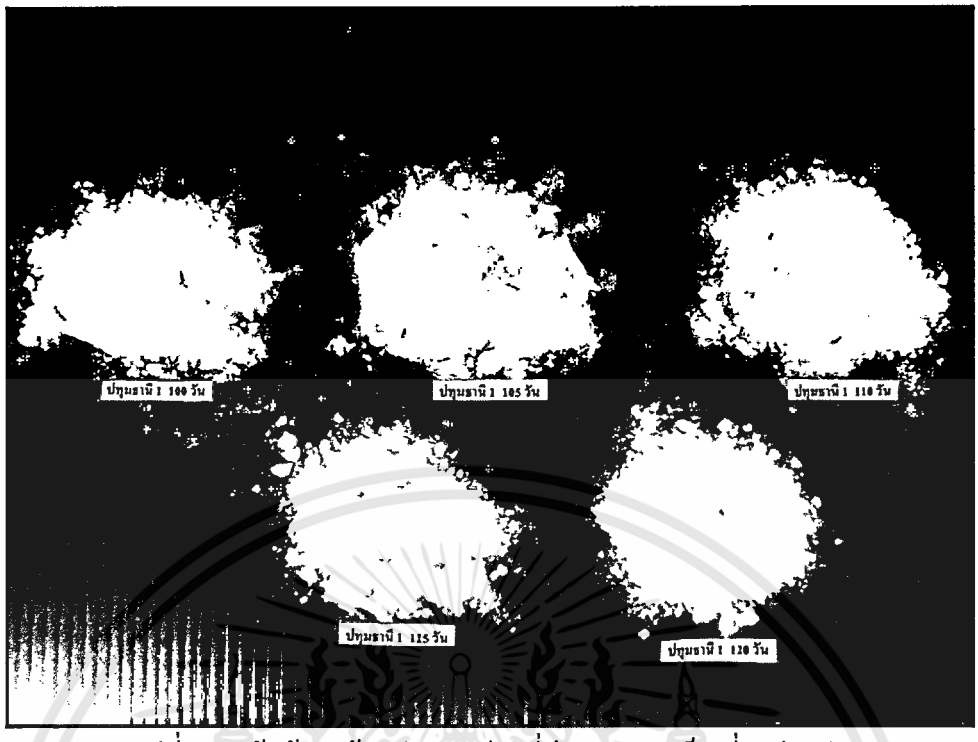
1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
3. L/W ratio = Length / Width = Li / Wi

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่มีต่อ L/W ratio ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และพิษณุโลก 2 ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีค่า L/W ratio แตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1และพิษณุโลก 2 มี L/W ratio เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวช่วงแรก ๆ เมล็ดข้าวยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่สมบูรณ์ ยังมีกิจกกรมต่าง ๆ มากมาย เมล็ดข้าวยังอ่อนอยู่ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวจะมีโครงสร้างที่สมบูรณ์มากขึ้น ทั้งขนาด สีเปลือก และความแข็งของเปลือก ซึ่งคลอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/1000 เมล็ด) ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 และสอดคล้องกับภาพถ่ายของข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์แบบตัดขวางแสดงดังรูปที่ 4.3 ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น L/W ratio ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

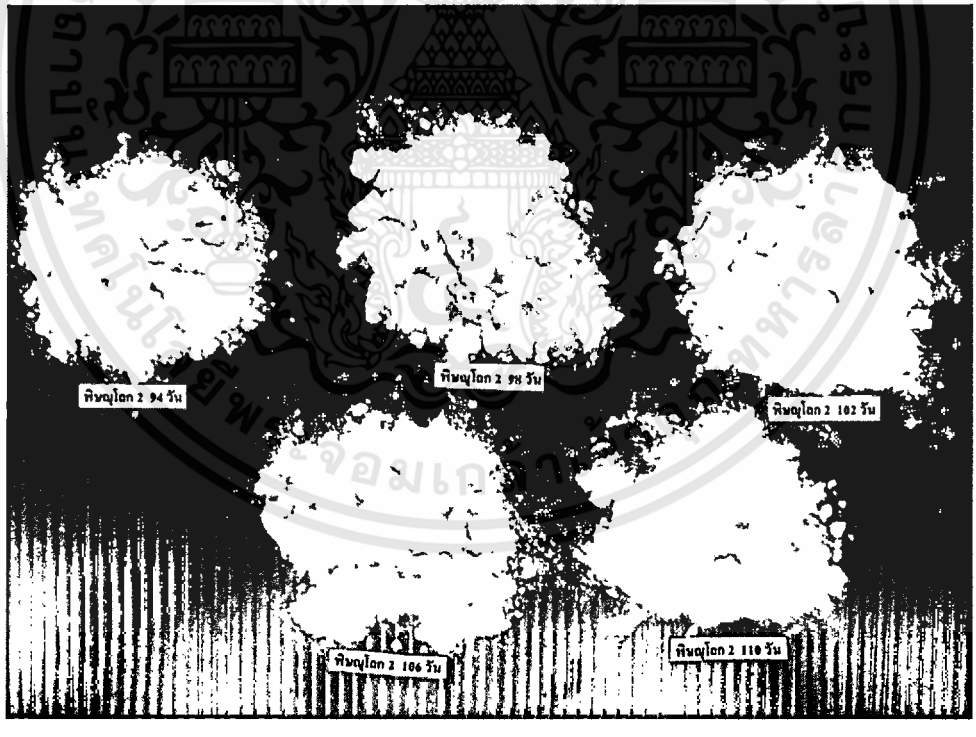
4.2.3 สีของแป้งข้าวกล้อง

นำแป้งข้าวกล้องที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ซึ่งได้จากข้อ 4.1 มาทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-400 ผลการวัดค่าสีแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 และตารางที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน



รูปที่ 4.2 แป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	L*	a*	b*
ปทุมธานี 1	100	83.56 ± 0.18^{e}	-0.99 ± 0.08^{e}	11.72± 0.18^{c}
	105	84.53 ± 0.25^{d}	-0.09 ± 0.03^{d}	12.01 ± 0.58^{bc}
	110	84.81 ± 0.23^{c}	0.79 ± 0.39^{c}	12.18 ± 0.31^{ab}
	115	85.48 ± 0.13^{b}	1.17 ± 0.03^{b}	12.20 ± 0.14^{ab}
	120	85.98 ± 0.10^{a}	1.52 ± 0.11^{a}	12.63 ± 0.43^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	L*	a*	b*
พิษณุโลก 2	94	82.49 ± 0.16^{d}	-1.41 ± 0.04^{d}	11.06 ± 0.14^{d}
	98	84.83 ± 0.10^{c}	-0.08 ± 0.04^{c}	11.40 ± 0.13^{c}
	102	85.25 ± 0.30^{b}	0.49 ± 0.26^{b}	11.82 ± 0.24^{b}
	106	85.81 ± 0.21^{a}	1.24 ± 0.05^{a}	12.06 ± 0.39^{b}
	110	85.86 ± 0.12^{a}	1.33 ± 0.03^{a}	13.32 ± 0.24^{a}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2 ที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเขียวอ่อนถึงสีเหลืองอ่อน ๆ เมื่อมองดูด้วยสายตาจะไม่เห็นความแตกต่างของสีชัดเจนนัก ดังรูปที่ 4.1 แต่เมื่อทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Minolta CR-400 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2 มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 100 และ 105 วันของแป้งข้าวปทุมธานี 1และที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 94 และ 98 ของแป้งข้าวพิษณุโลก 2 วันมีค่าความเป็นสีเขียวลดลง คือ จาก -0.99 ลดลงเหลือ -0.09 และจาก-1.41 ลดลงเหลือ -0.08 ตามลำดับ ส่งผลมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น คือ 0.79 1.17 และ 1.52 และ 0.49 1.24 และ 1.33 ตามลำดับ เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวดังกล่าวภายในเมล็ดข้าวยังเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมและอยู่ในช่วงตกเขียว จึงทำให้แป้งข้าวที่ได้มีลักษณะสีเขียวอ่อนและมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นจะทำให้แป้งมีค่าความเป็นสีเขียวลดลง ส่งผลให้มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น

4.2.4 ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย

จากการตรวจสอบความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (ภาคผนวก ค) โดยรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่แยกออกมาหลังจากนำของผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ซึ่งมีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วนำออกมาละลายน้ำแข็งในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายแสดงดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่นำมาผลิตแป้งข้าวกล้องที่มีผลต่อความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลาย พบว่า แป้งข้าวปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายที่มีแนวโน้มดีขึ้น เมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากปริมาณน้ำที่แยกออกจากแป้งเปียกมีปริมาณน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลกไม่เหมาะสำหรับที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับการแช่แข็ง

4.2.5 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งข้าวกล้องที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน (ภาคผนวก ค) โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแป้งข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการละลายเม็ดแป้งด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความสามารถในการดูดซับน้ำแสดงดังตารางที่ 4.9 และ ตารางที่ 4.10

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของข้าวเปลือกที่นำมาผลิตแป้งข้าวกล้องที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ พบว่า แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีความสามารถในการดูดซับน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น โดยแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 100 วัน (ระยะน้ำนม) มีความสามารถในการดูดซับน้ำ 59.94 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 64.01 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 120 วัน ส่วนแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 94 วัน (ระยะน้ำนม) มีความสามารถในการดูดซับน้ำ 57.91 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 63.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อข้าวถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 110 วัน เนื่องจากเมื่อแป้งข้าวกล้องมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น โดยเนื่องจากที่ระยะแก่เต็มที่จะมีอะไมโลสมากกว่าระยะน้ำนม (ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2) จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น

4.2.6 ความสามารถในการละลายน้ำ

การตรวจสอบความสามรถในการละลายน้ำของแป้งข้าวที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน (ภาคผนวก ค) โดยแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความสามารถในการละลายน้ำแสดงดังตารางที่ 4.9 และ ตารางที่ 4.10

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของข้าวที่นำมาผลิตแป้งข้าวกล้องที่มีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำ พบว่า แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีความสามารถในการละลายน้ำที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น โดยแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 100 วัน (ระยะน้ำนม) มีความสามารถในการละลายน้ำ 1.99 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเป็น 1.40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อข้าวถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 120 วัน ส่วนแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 94 วัน (ระยะน้ำนม) มีความสามารถในการละลายน้ำ 1.92 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเป็น 1.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อข้าวถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 110 วัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่าแป้งข้าวกล้องมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ เนื่องจากปกติแล้วแป้งดิบจะไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์อยู่แล้ว ดังนั้นสิ่งที่อาจจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวกล้องแตกต่างกันคือปริมาณอะไมโลสน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในแป้งข้างกล้องดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 กล่าวคือที่ระยะน้ำนมจะมีน้ำตาลรีดิวซ์ละลายออกมานอกแป้ง จึงผลให้ความสามารถในการละลายของแป้งข้าวกล้องลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	Water Absorption Index (%)	Water Solubility Index (%)	Freeze-Thaw Stability (%)
ปทุมธานี 1	100	60.50 ± 0.13^{c}	1.99 ± 0.06^{a}	77.67 ± 0.71^{a}
	105	61.04 ± 0.44^{c}	1.85 ± 0.01^{b}	76.09 ± 0.12^{b}
	110	62.10 ± 0.46^{b}	1.73 ± 0.02^{c}	73.17 ± 0.00^{c}
	115	62.72 ± 0.2^{6b}	1.57 ± 0.02^{d}	71.00 ± 0.24^{d}
	120	63.92 ± 0.02^{a}	1.40 ± 0.04^{e}	69.25 ± 0.11^{e}

หมายเหตุ

1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
3. FTS เป็นค่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาจากเพลส์

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติทางของแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (วัน)	Water Absorption Index (%)	Water Solubility Index (%)	Freeze-Thaw Stability (%)
พิษณุโลก 2	94	59.71 ± 0.39^{c}	1.92 ± 0.02^{a}	79.59 ± 0.59^{a}
	98	59.77 ± 0.75^{b}	1.76 ± 0.01^{b}	77.83 ± 0.00^{b}
	102	60.16 ± 0.07^{b}	1.57 ± 0.02^{c}	75.00 ± 0.24^{c}
	106	61.05 ± 0.79^{b}	1.38 ± 0.01^{d}	72.17 ± 0.00^{d}
	110	61.36 ± 0.31^{a}	1.20 ± 0.03^{e}	70.34 ± 0.47^{e}

หมายเหตุ

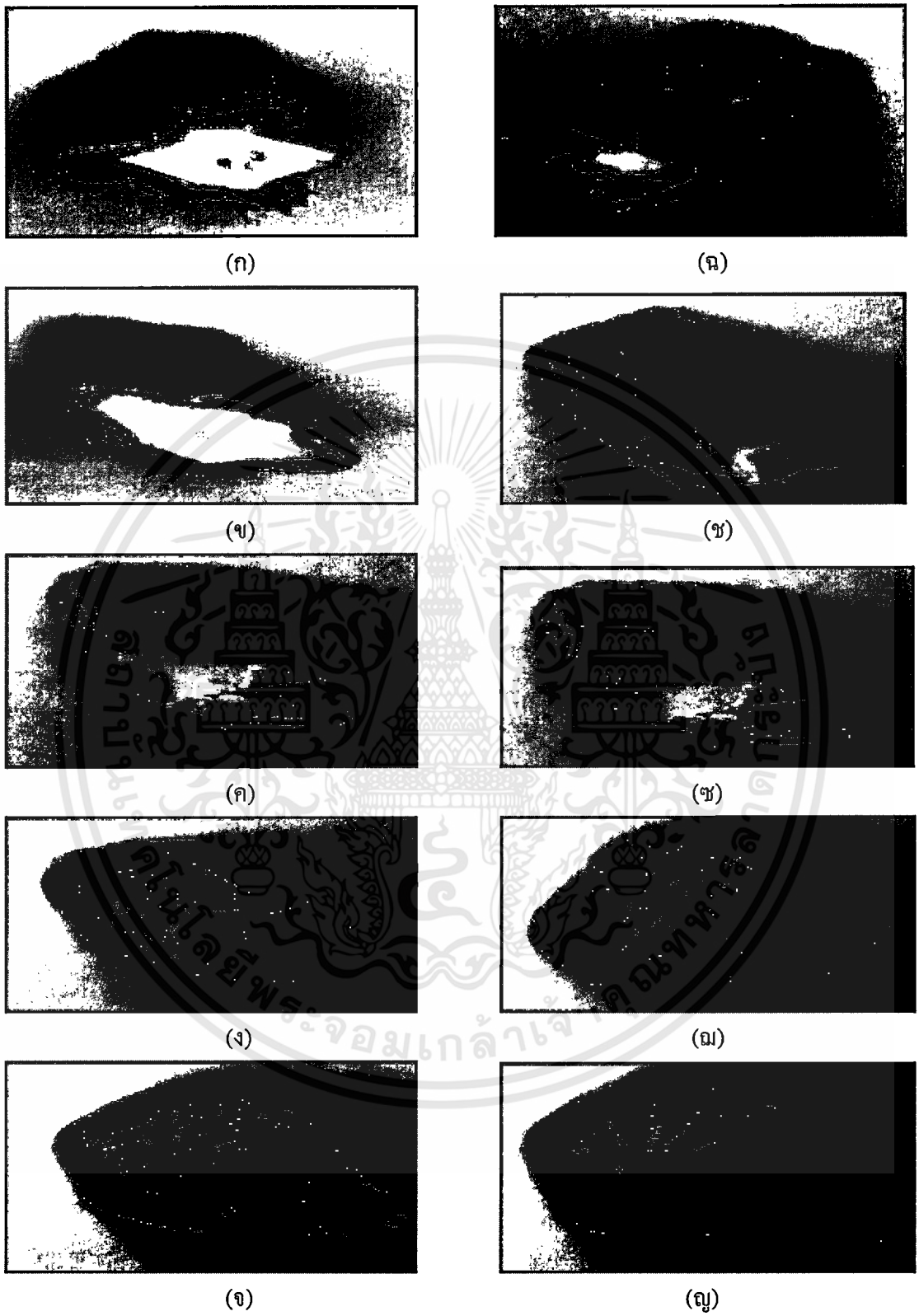
1. ค่าแสดงในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. a, b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
3. FTS เป็นค่าปริมาณน้ำที่แยกออกมาจากเพลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 การเปลี่ยนแปลงของช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์ม

นำเมล็ดข้าวเปลือกปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันมาถ่ายภาพด้วยกล้อง Dino-Lite Digital Microscope โดยนำเมล็ดข้าวเปลือกมาตัดขวางตามยาวเพื่อตรวจสอบเปลี่ยนแปลงของช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดสเปิร์ม แล้วอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เมล็ดข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์มีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระยะการเก็บเกี่ยวช่วงแรก ๆ เมล็ดข้าวเปลือกยังไม่สมบูรณ์ ยังอ่อนอยู่ ซึ่งภายในเมล็ดข้าวเปลือกจะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวจะมีโครงสร้างที่สมบูรณ์มากขึ้น ทั้งขนาด สีเปลือก และความแข็งของเปลือก ส่วนเนื้อในเมล็ดจะมีสีขาว และมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในส่วนของน้ำหนัก 1000 เมล็ดข้าวเปลือกในตารางที่ 4.3 และ 4 .4 L/W ratio ในตารางที่ 4.5 และ 4.6 และประมาณอะไมโลสในตารางที่ 4.1 และ 4.2 อีกด้วย กล่าวคือ จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 จะมีการสร้างอะไมโลสเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้เมล็ดข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์มีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเอนโดเสปิร์มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

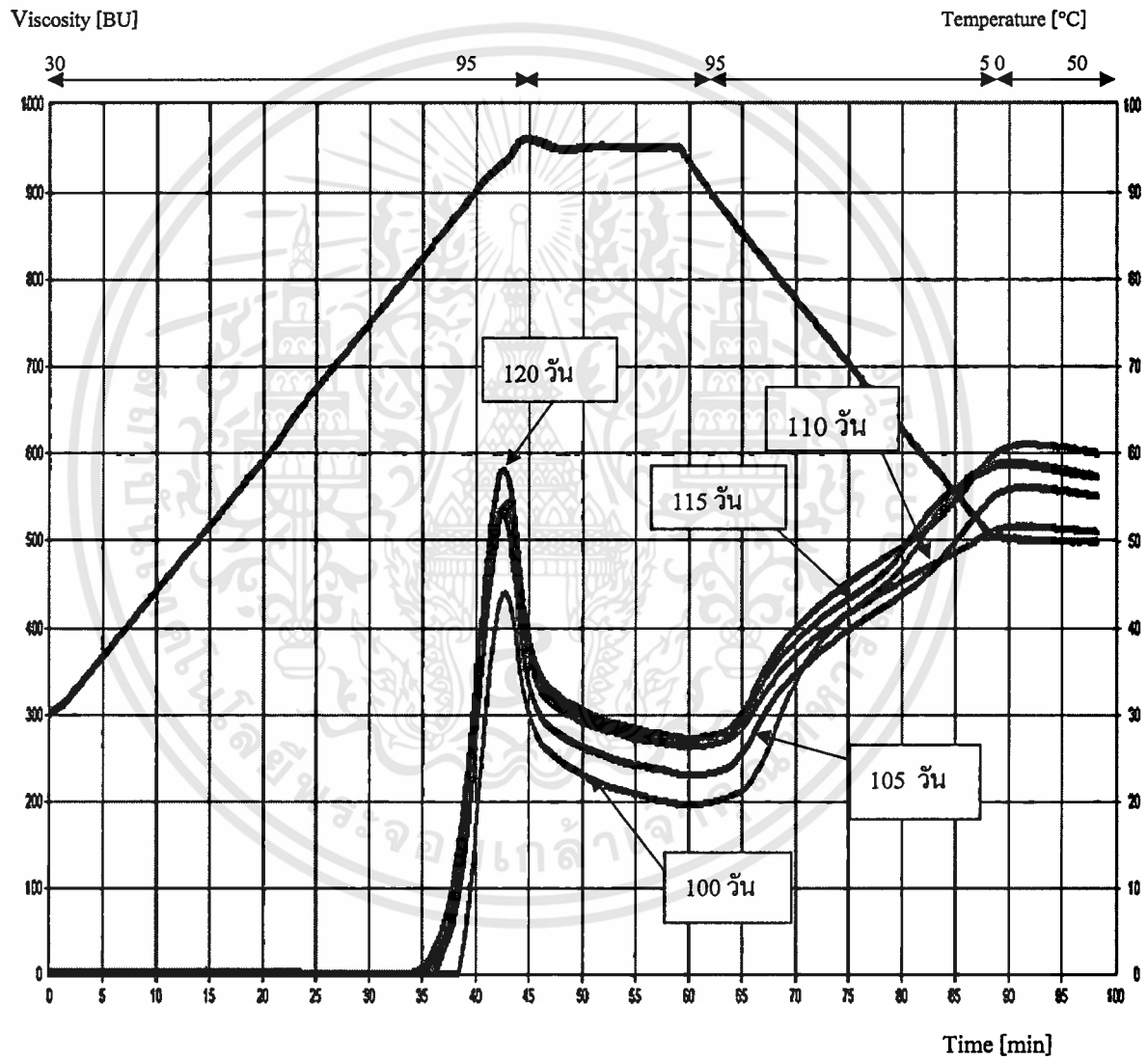


รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายข้าวเปลือกของปทุมธานี 1 แบบตัดขวาง (cross section) (ก) 100 วัน, (ข) 105 วัน, (ค) 110 วัน, (ง) 115 วัน และ (จ) 120 วัน และพิษณุโลก 2 (ฉ) 94 วัน, (ช) 98 วัน, (ซ) 102 วัน, (ฌ) 106 วัน และ (ญ) 110 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวกล้องที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันในรูปของ Paste ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์

การตรวจสอบเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งข้าวที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในรูปของเพสท์ในระหว่างการทำให้ร้อนและเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ (ภาคผนวก ค) โดยแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU) แสดงผลดังรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งปทุมธานี 1ในรูปของเพสท์ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ

Sample	Harvest time (Day)	Beginning of gelatinization (°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)
ปทุมธานี 1	100	81.00	511.00	495.00	271.00	654.00	642.00	240.00	383.00
	105	84.00	532.00	491.00	234.00	547.00	550.00	298.00	313.00
	110	81.75	538.00	513.00	266.00	509.00	509.00	272.00	243.00
	115	83.25	543.00	531.00	267.00	583.00	571.00	276.00	316.00
	120	83.10	580.00	554.00	275.00	595.00	599.00	305.00	320.00

หมายเหตุ

1. Breakdown = Maximum viscosity - Start of cooling period and Setback = End of cooling period - Start of cooling period.
2. เพสท์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร, น้ำหนักแห้ง)

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งพิษณุโลก 2 ในรูปของเพสท์ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ

Sample	Harvest time (Day)	Beginning of gelatinization (°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)
พิษณุโลก 2	94	85.50	217.00	100.00	217.00	482.00	458.00	0.00	265.00
	98	86.25	240.00	106.00	241.00	627.00	561.00	-1.00	386.00
	102	83.00	257.00	75.00	257.00	941.00	578.25	0.00	684.00
	106	88.50	304.00	148.00	304.00	792.00	653.00	0.00	488.00
	110	86.25	323.00	154.00	323.00	1013.00	895.00	0.00	690.00

หมายเหตุ

1. Breakdown = Maximum viscosity - Start of cooling period and Setback = End of cooling period - Start of cooling period.
2. เพสท์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร, น้ำหนักแห้ง)

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของข้าวเปลือกที่นำมาผลิตแป้งข้าวกล้องที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพสท์ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ พบว่า แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน และพิษณุโลก 2 ที่มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 เนื่องจากที่ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวช่วงแรก ๆ เมล็ดข้าวยังมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม เมล็ดข้าวยังอ่อนอยู่ มีปริมาณอะไมโลส เพิ่มขึ้นแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 และเมื่อระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง กล่าวคือ แป้วข้าวกล้องทั้งสองสายพันธุ์จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น และจากรูปที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่าแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูง กราฟที่ได้จะเกิดการรีโทรกราเดชันได้ดี จึงเกิดการคืนตัวได้มากและเร็ว ข้าวจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสร่วนแข็ง ส่วนแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 มีปริมาณอะไมโลสต่ำจึงสามารถเกิดการเจลาทิไนเซชันได้ดีและใช้เวลาในการเกิดเชจลาทิไนเซชันต่ำ ข้าวจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปของเพลส ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็นด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟซึ่งจากตารางจะเห็นว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนซ์อยู่ในช่วง 51 - 54องศาเซลเซียส และมีความหนืดสูงสุด (maximum peak viscosity) อยู่ในช่วง 511 – 580 BU โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วันจะมีความหนืดมากที่สุด ส่วนค่า breakdown จะอยู่ระหว่าง 240 – 305 BU และค่า set back อยู่ระหว่าง 243 – 383 BU

ส่วนในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 อุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาติไนซ์จะอยู่ในช่วง 55.5 – 63 องศาเซลเซียส ความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีความหนืดสูงสุด อยู่ในช่วง 217 – 323 BU ส่วนค่า breakdown ในช่วง -1 – 0 และค่า set back อยู่ระหว่าง 265 – 690 BU จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะเริ่มเกิดเจลได้เร็วกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งโครงสร้างของเม็ดแป้งในข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ถูกทำลายได้ง่ายกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 จะมีความหนืดสูงสุดมากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 อาจเนื่องจากข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในช่วงที่ปลูกเกิดเพลี้ยลง ทำให้ความสมบูรณ์ในการสร้างเมล็ดน้อยลง ส่งผลให้ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มีความหนืดสูงสุดน้อยกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ส่วนค่า breakdown ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มีค่าเป็น 0 และ – 1 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสและคงอุณหภูมิไว้ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โครงสร้างของโมเลกุลแป้งถูกตัดให้มีขนาดเล็กลงจนไม่สามารถทำให้เกิดความหนืดหรือมีความหนืดเล็กน้อย สำหรับค่า set back ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีค่าต่ำกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งแล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 50 องศาเซลเซียส แล้วคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 10 นาที น้ำแป้งจะเกิดการรีโทรกราเดชัน โดยเม็ดแป้งจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ และเกิดเจลอีกครั้ง นั่นแสดงว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เกิดรีโทรกราเดชันได้น้อยกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น แป้งข้าวปทุมธานี 1 และแป้งข้าวพิษณุโลก 2 มีปริมาณเถ้า ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต วิตามินบี 1 เส้นใยอาหาร อะไมโลส และผลผลิตแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีปริมาณโปรตีนและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง

2. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า น้ำหนักเมล็ด (กรัม/1000เมล็ด) L/W ratio ของเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อโรงสีข้าวที่รับซื้อข้าวเปลือก กล่าวคือ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีน้ำหนักน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ แสดงว่าเมล็ดข้าวเปลือกยังอ่อนอยู่ หรือเก็บเกี่ยวมาก่อนถึงระยะแก่เต็มที่ โดยเมล็ดข้าวเปลือกดังกล่าวก็จะมีองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพน้อยกว่าเมล็ดข้าวเปลือกระยะแก่เต็มที่

ความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการละลายน้ำลดลง ในขณะที่ความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายมีค่าดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแป้งข้าวกล้องทั้งสองสายพันธุ์ไม่เหมาะสมสำหรับที่จะนำมาทำเป็นผลิภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับแช่เยือกแข็ง

ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งข้าวปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 100 และ 105 วัน และแป้งข้าวพิษณุโลก 2 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 94 และ 98 วันมีค่าสีเขียวลดลง คือ จาก -0.99 ลดลงเหลือ -0.09 และจาก-1.41 ลดลงเหลือ -0.08 ตามลำดับ และแป้งข้าวปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 110, 115 และ 120 วัน และแป้งข้าวพิษณุโลก 2 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 102, 106 และ 110 วันมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น คือ 0.79 1.17 และ 1.52 และ 0.49 1.24 และ 1.33 ตามลำดับ

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งในรูปเพสท์ ในระหว่างการให้ความร้อนและความเย็น พบว่า แป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 จะเกิดเจลได้เร็วกว่าแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 แสดงว่าเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งข้าวกล้อง โครงสร้างของเม็ดแป้งในข้าวกล้องปทุมธานี 1 ถูกทำลายได้ง่ายกว่าข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 120 (ระยะแก่เต็มที่) มีค่าความหนืดสูงสุดมากกว่าแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 110 (ระยะแก่เต็มที่) แต่แป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 มีประมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 แต่เนื่องจากข้าวเปลือกสายพันธุ์พิษณุโลก 2 ถูกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลกิน จึงทำให้ผลการทดลองด้านความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวกล้องน้อยกว่าจริง และเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 50 องศาเซลเซียส แล้วคงไว้ 10 นาที น้ำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งจะเกิดรีโทรกราเดชัน โดยเม็ดแป้งเรียงตัวกันใหม่และเกิดเจลอีกครั้ง ซึ่งพบว่าแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 จะเกิดรีโทรกราเดชันน้อยกว่าแป้งข้าวกล้องพิษณุโลก 2 เนื่องจากแป้งข้าวกล้องพิษณุโลกมีประมาณอะไมสสูงกว่าแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. 2548. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการค้าข้าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูล http://www.brrd.in.th/rkb.rice. html. วันที่ 1 สิงหาคม 2553.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. สำรวจพื้นที่นาข้าวที่ได้รับความเสียหายจากปัญหาอุทกภัย. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูล http://www.dailynews.co.th/ วันที่ 16 ธันวาคม 2554.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

ข่าวสด. 2550. น้ำท่วมนาข้าวจังหวัดสุพรรณบุรี. หนังสือพิมพ์ข่าวสด ฉบับวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2554.

ลัดดาวัลย์ กรรณนุช. 2551. การใช้ประโยชน์จากข้าวเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ข้าวในเชิงพาณิชย์. วารสารวิชาการข้าว. ปีที่ 2. ฉบับที่ 1. 1 มกราคม – เมษายน 2551.

ละมุน วิเศษ. 2541. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

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

ศูนย์ข่าวภาคกลาง. 2554. น้ำท่วมนาข้าวจังหวัดสุพรรณบุรี. ศูนย์ข่าวภาคกลาง จ. สุพรรณบุรี [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://www.news4thai.com/blog. วันที่ 24 ตุลาคม 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. การค้าข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://th.wikipedia.org/wiki. วันที่ 26 เมษายน 2553.

สวนิต อิชยาวณิชย์, มณฑิรา นพรัตน์ และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์. 2547. คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และ รีโอโลจีของแป้งข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการโม่เปียกและโม่แห้งในระดับอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด. กรุงเทพฯ.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547. พฤกษศาสตร์ทั่วไปของข้าว. ในพืชพืชเศรษฐกิจ. คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรอนงค์ นัยวิกุล .2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

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

Juliano, B.O. 1993. Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. The American Association cereal Chemists, lnc., St. Paul, Minnesota.

Fruton, J.S., and Simmonds S.. 1958. General Biochemistry. 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York.

Hizukuri, S. 1985. Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and crystalline structure of starch granules. Carbohydr Res. 141 : 295-306.

Lai His-Mei. 2001. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. Food chemistry. 72 : 455-463.

Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch. Ln R.L. Whistler, E.F. Paschall, J.N. BeMiller, and H.J. Roberts (Eds.). Starch : Chemistry and Technology Vol l. Academic Press, New York. pp. 289-307.

Leach, H.W., McCowen L.D., and Schoch T.J.. 1959. Strcture of the starch granule I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem. 36 : 543-544.

Zhu Li-Jia, Liu Qiao-Quan, Wilson J., Wilson, Gu Ming-Hong, Shi Yong-Cheng. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa* L.) flours and starches differing in amylase content. Carbohydrate polymer. 86 : 1751-1759.

Lin Qin-lu, Xiao Hua-xi. Fu Xiang-jin, Wei T., Li li-hui and Yu Feng-xiang. 2011. Physico-chemical properties of flour, starch and modified starch of two rice varieties. Agricultural sciences in China. 10 : 960-968.

Narkrugsa,W.(1996)." Change in some Physiochemical Propeties of Tapioca and Glutinous rice Starches After Microwave Heating". Kasertsart Journal (Nat.Sci.).30,532-538

Sanders, J.P.M. 1996. Starch manufacturing in the world. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Jan. 22-26 & Feb. 19-23, 1996. AIT Center, Bangkok.

Smith, R.J. 1979. Food Carbohydrate. The AVI Publishing Co., Westort, Connecticut. 416 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Swinkels, J.J.M. 1985. Composition and properties of commercial native starches. Starch / Starke. 37 : 1-5.

Tako, M. and Hizukuri S. 2000. Retrogradation mechanism of rice starch. Cereal Chem. 77 : 473-477.

Varavinit, S., Shobsngob S., Varanganond W., Chinachoti P. and Naivikul O. 2003. Freezing and thawing conditions affect the gel stability of different varieties of rice flour. Starch/Starke. 54 : 31-36.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2

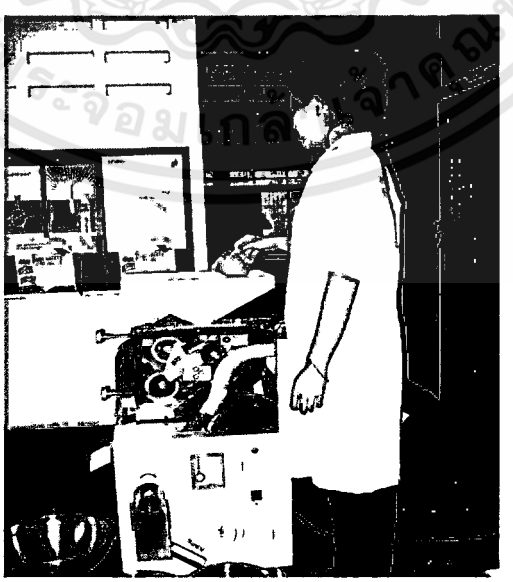
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องปทุมธานี 1 และพิษณุโลก 2

1. นำข้าวเปลือกพันธุ์ 2 สายพันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 (อายุการเก็บเกี่ยว 100, 105, 110, 115 และ 120 วัน) และพิษณุโลก 2 (อายุการเก็บเกี่ยว 94, 98, 102, 106 และ 110 วัน) มาตากแดดที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนมีความชื้น 13-14 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ ก1 ขั้นตอนการตากแดดข้าวเปลือก

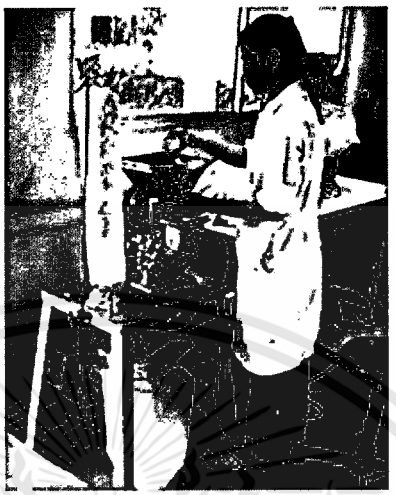
2. จากนั้นนำข้าวเปลือกทั้งสองสายพันธุ์ (ที่มีความชื้นประมาณ 13-14 เปอร์เซ็นต์) มากะเทาะเปลือกออกโดยใช้เครื่องสีข้าว ยี่ห้อทองทวี



รูปที่ ก2 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้าวกล้องที่ได้ไปทำการบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบดหยาบ (แบบ Hammer mill)

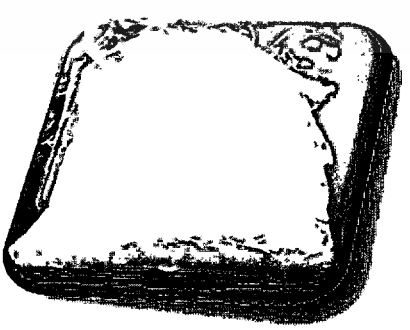


รูปที่ ก3 ขั้นตอนการบดหยาบเป็นแป้งข้าวกล้อง

4. นำแป้งข้าวกล้องที่ได้จากการบดหยาบมาบดละเอียด

รูปที่ ก4 ขั้นตอนการบดละเอียด

5. บรรจุแป้งข้าวกล้องใส่ในถุงพลาสติก HDPE ที่ปิดสนิท



รูปที่ ก5 แป้งข้าวกล้องในถุง HDPE ที่ปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

1. วิธีวิเคราะห์

1.1 นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

1.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.00 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง แล้วใส่ใน Aluminium can

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

1.4 เมื่อครบเวลา ปิดฝาและนำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator)

1.5 ชั่งน้ำหนัก

1.6 คำนวณปริมาณความชื้นได้จากสูตร

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

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

1. สารเคมี

1.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

1.2 กรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์

1.3 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มอล

1.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์

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

1.6 อินดิเคเตอร์ (Indicator) ผสมระหว่าง Bromocresol green 10 มิลลิลิตร กับ red 2 มิลลิลิตร

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งตัวอย่าง 1.00 กรัม เติมตัวเร่ง 7 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และใส่ boling chip 2-3 ลูก ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

2.2 นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด และทิ้งไว้ให้เย็น

2.3 นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้กรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวจับแอมโมเนีย โดยตวงกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตรใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยดจะได้สีแดงส้มใส และรอจนกลั่นเสร็จ

2.4 นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนีย ซึ่งมีสีฟ้าใสมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีใสไม่มีสีและบันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอกริกที่ใช้ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14}{\text{Wt. sample} \times 100} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

1. สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

2.2 ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว ประมาณ 5.00 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ใส่ลงในทิมเบิล (Thimble)

2.3 ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ไขมัน

2.4 ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง

2.5 เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์

2.6 คำนวณหาร้อยละของไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักของบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber) (AOAC, 1995)

1. สารเคมี

1.1 สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)

1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 1.00 กรัม ใส่ลงใน crucible

2.2 เลื่อนคันโยกด้านหน้า column ไปที่ตำแหน่ง Closed ทั้ง Hot และ Cold Extraction Unit

2.3 นำ crucible ใส่เข้าไปในเครื่อง Cold Extraction Unit ล็อค crucible

2.4 เติม Sulphuric acid ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ที่อุ่นไว้ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

2.5 เติม n-Octanol ปริมาตร 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง และให้ความร้อนจนเดือด

2.6 ลดความร้อนลงและต้มเป็นเวลา 30 นาที

2.7 กรอง โดยเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้ความดันช่วย

2.8 ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 3 ครั้ง ครั้งละปริมาตร 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง

2.9 เติม Sodium hydroxide ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ ที่อุ่นไว้ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

2.10 เติม n-Octanol ปริมาตร 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง และให้ความร้อนจนเดือด

2.11 ลดความร้อนลงและต้มเป็นเวลา 30 นาที

2.12 กรอง โดยเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้ความดันช่วย

2.13 ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 3 ครั้ง ครั้งละปริมาตร 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง

2.14 ขจัดน้ำด้วย Acetone ประมาณ 25 มิลลิลิตร แช่นาน 10 นาที แล้วกรองด้วย vacuum

2.15 นำ crucible ออกจาก Cold Extraction Unit แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.16 นำ crucible ใส่โถดูดความชื้นประมาณ 20 นาที และชั่งน้ำหนัก

2.17 นำ crucible ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องซาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำ crucible ใส่ โถดูดความชื้นประมาณ 20 นาที และชั่งน้ำหนัก และคำนวณเปอร์เซ็นต์เส้นเยื่อใย

$$\text{เปอร์เซ็นต์เส้นใย} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

W1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและกากหลังอบเผา (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

1. วิธีวิเคราะห์

1.1 เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

1.2 ชั่งตัวอย่างแป้งที่บดแล้ว 3.0000 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

1.3 เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนควันหมด

1.4 นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง (จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา)

1.5 คีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักของถ้วย

1.6 กระเบื้องหลังเผา

1.7 คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{b - a}{w} \times 100$$

เมื่อ b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

w = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

6. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995)

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 – (เปอร์เซ็นต์ความชื้น + เปอร์เซ็นต์โปรตีน + เปอร์เซ็นต์ไขมัน + เปอร์เซ็นต์เส้นใย + เปอร์เซ็นต์เถ้า)

7. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(Reducing sugar) โดย DNS method (Nellson 1998)

1. สารเคมี

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

1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)

1.3 โพแทสเซียม โซเดียมทาร์เทรท (Potassium sodium tartrate)

1.4 กลูโคส (Glucose)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 คนให้ละลาย ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2.2 สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

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

3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

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

3.2. เติม DNS reagents หลอดละ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

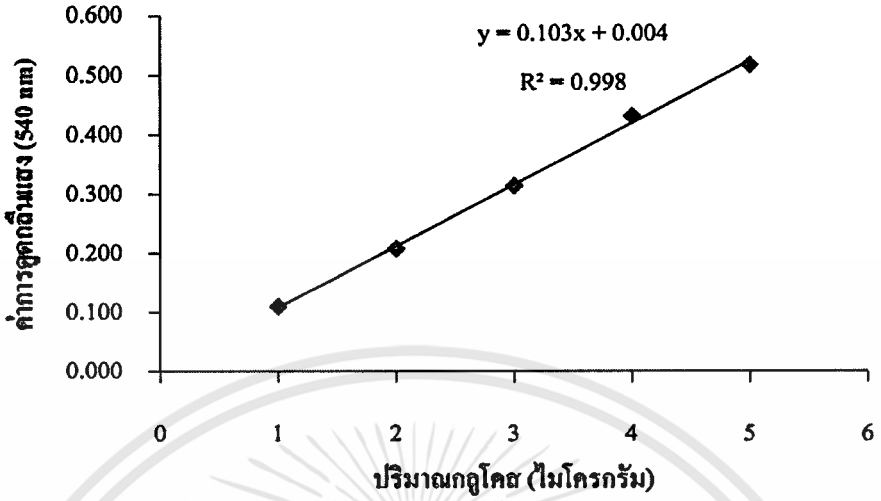
3.3. นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

3.4. เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

3.6. บันทึกผลการทดลองและนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคสในแต่ละความเข้มข้น จะได้กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส แสดงดังรูปที่ ข1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข1 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 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 0.8 มิลลิลิตรและเติม DNS reagent 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

5.2 นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที

5.3 เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว เติมน้ำกลั่นลงไปหลอดละ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5.4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร คำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างโดยใช้กราฟมาตรฐาน

6. การคำนวณ

การคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานของปริมาณกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

x = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ไมโครโมล/ 0.2 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณสารสกัดตัวอย่างแป้งข้าวกล้อง 0.2 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เท่ากับ 0.006

แทนค่าในสูตรจะได้

$0.006 = 0.1038x + 0.0048$

$x = 0.011561$ ไมโครโมล / 0.2 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.011561 ไมโครโมล

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

โดยที่ตัวอย่างสารสกัด 50 มิลลิลิตรนั้น เตรียมจากแป้งข้าวเปลือก 7.5 กรัม ดังนั้น

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

1 กรัม-โมลของกลูโคสหนัก 180.2 กรัม

1 ไมโครกรัม-โมลของ กลูโคสหนัก 180.2 ไมโครกรัม

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

$= 0.069441$ มิลลิกรัมกลูโคส/กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF) (AOAC Method 991.43 และ AACC Method 32-07)

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 นอร์มอล

2.7 สารละลายกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 0.561 นอร์มอล

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 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มอล เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2 ลิตร

4. วิธีการวิเคราะห์

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

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

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

4.4 ทำตัวอย่างให้เย็นลงและใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.561 N ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตรวจสอบ pH ให้อยู่ในช่วง 4.1-4.8 ถ้าไม่ได้ให้ปรับ pH ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความ เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ หรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

4.5 ใส่สารละลาย amyloglucosidase 200 ไมโครลิตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า 60 องศาเซลเซียส 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 ล้างส่วนที่เหลือโดยใช้เอทธิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอลความเข้มข้น 78% , 95% และอะซิโตน ตามลำดับ โดยใช้ปริมาตร 15 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ครั้ง

4.10 นำ Fritted crucible มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อนข้ามคืน หรือ 130 องศาเซลเซียสนาน 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 องศาเซลเซียส 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)

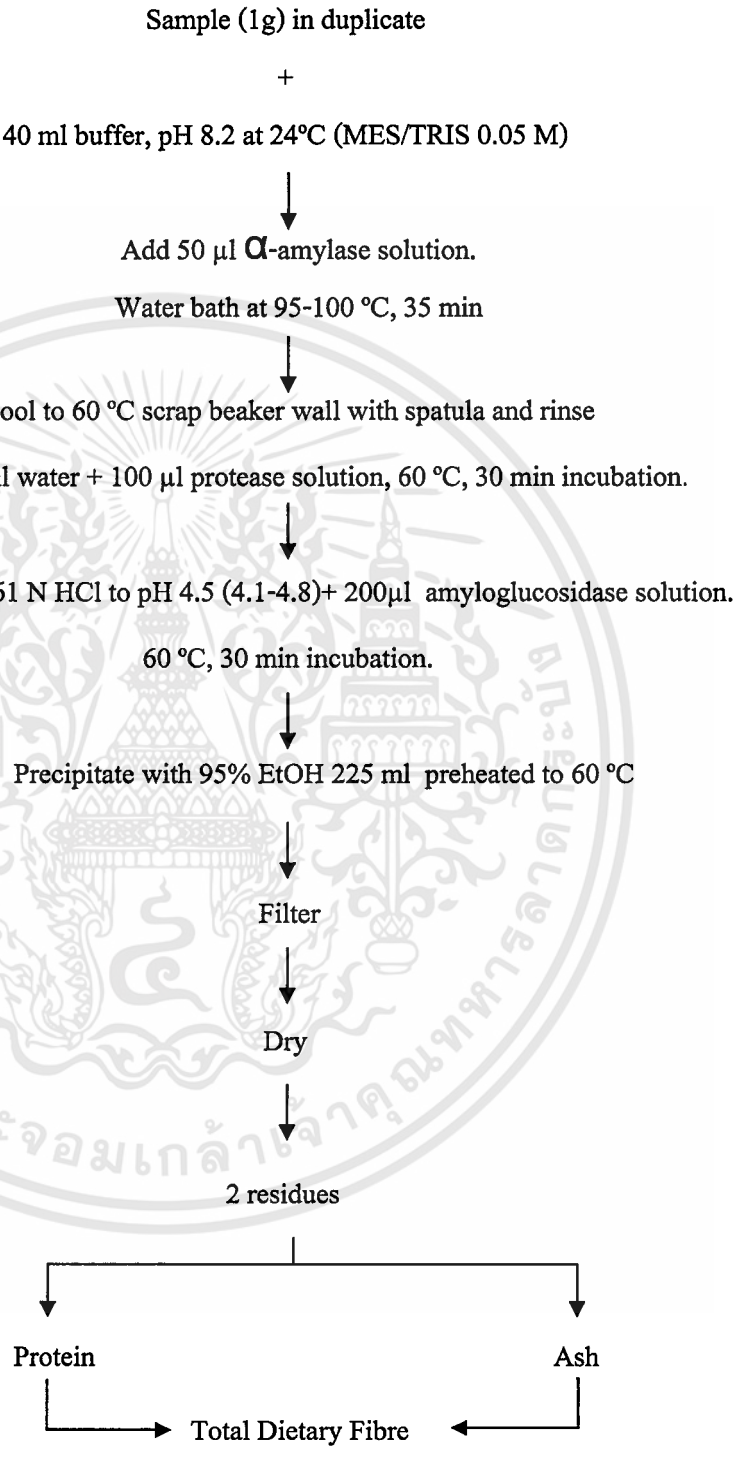
$$B = \frac{BR_1+BR_2}{2} - BP - BA$$

BR = กากของตัวควบคุม

BA = เถ้าของตัวควบคุม

BP = โปรตีนของตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข2 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber, TDF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การหาปริมาณวิตามินบี 1 (Thiochrome Method) (AOAC, 1995)

1. สารเคมี

1.1 Thiamin hydrochloride

1.2 Potassium ferricyanide

1.3 Potassium chloride

1.4 Sodium acetate anhydrous

1.5 Sodium acetate trihydrate

1.6 Bio-Rex 70 resin

1.7 Enzyme Takadiastase

1.8 Enzyme papain

1.9 Iso Butanol

1.10 95% Ethanol

1.11 Hydrochloric acid

1.12 Sodium sulphate

1.13 Sodium hydroxide

2. การเตรียมสารเคมี

2.1 กรดไฮโดรครอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (1000 มิลลิลิตร)

2.1.1 ปิเปตกรดไฮโดรครอริกแบบเข้มข้น 8.5 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.2.2 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.2 กรดไฮโดรครอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ (500 มิลลิลิตร)

2.2.1 ปิเปตกรดไฮโดรครอริกแบบเข้มข้น 83 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2.2.2 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.3 Ethly alcohol 25 เปอร์เซ็นต์ (500 มิลลิลิตร)

2.3.1 ปิเปตเอทธิลแอลกกอฮอล์ปริมาตร 132 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร (เอทธิลแอลกกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ต้องกรองก่อนใช้ด้วยกระดาษกรอง ขนาด 0.45 ไมโครเมตร)

2.3.2 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.4 Acid KCl 25 เปอร์เซ็นต์ (2000 มิลลิลิตร)

2.4.1 ชั่ง Potassium Chloride 25 กรัม เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ปิเปตไฮโดรคลอกริกแบบเข้มข้นปริมาตร 8.5 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร

2.4.3 นำสารละลายทั้ง 2 ชนิด เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 2000 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน

2.4.4 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.5 Sodium Acetate 2.5 โมลาร์ (1000 มิลลิลิตร)

2.5.1 ชั่ง Sodium acetate anhydrous 205 กรัม (Sodium acetate tryhydrate = 345 กรัม) เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร

2.5.2 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.6 NaOH 15 เปอร์เซ็นต์ (100 มิลลิลิตร)

2.6.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 กรัม ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.6.2 เก็บที่อุณหภูมิห้อง

2.7 $K_3Fe(CN)_6$ 1 เปอร์เซ็นต์ (Stock) (100 มิลลิลิตร)

2.7.1 ชั่ง Potassium Ferricyanide 1 กรัม ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.7.2 เก็บไว้ในตู้เย็น

2.8 Akaline Potassium Ferricyanide solution (100 มิลลิลิตร)

2.8.1 ปิเปต $K_3Fe(CN)_6$ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นผสมให้เข้ากัน

2.8.2 Fresh prepare

2.9 Enzyme Solution

2.9.1 ชั่ง Enzyme Takadiastase 6 กรัม ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย Sodium Acetate ความเข้มข้น 2.5 โมลาร์ แล้วผสมให้เข้ากัน

2.9.2 Fresh prepare

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

3.1 สารละลายมาตารฐาน Stock B_1 (ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

3.1.1 อบ Thiamin hydrochloride ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

3.1.2 ชั่ง 0.05 กรัม Thiamin hydrochloride (อบแล้ว) ลงใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย Ethly alcohol 25 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เก็บไว้ในตู้เย็น

3.2 สารละลายมาตารฐาน Intermediate B_1 (ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

3.2.1 ปิเปต Stock B_1 standard 5 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Ethly alcohol 25 เปอร์เซ็นต์ แล้วผสมให้เข้ากัน

3.2.2 เก็บไว้ในตู้เย็น

3.3 สารละลายมาตารฐาน Working B_1 (ความเข้มข้น 0.20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

3.3.1 ปิเปต Intermediate B_1 4 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.3.2 ปิเปต Sodium Acetate ความเข้มข้น 2.5 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ จากนั้นผสมให้เข้ากัน

3.3.3 Fresh prepare

4. วิธีการล้างสาร Bio-rex (สาร Bio-rex ใหม่ หรือเป็นสารที่ใช้แล้ว)

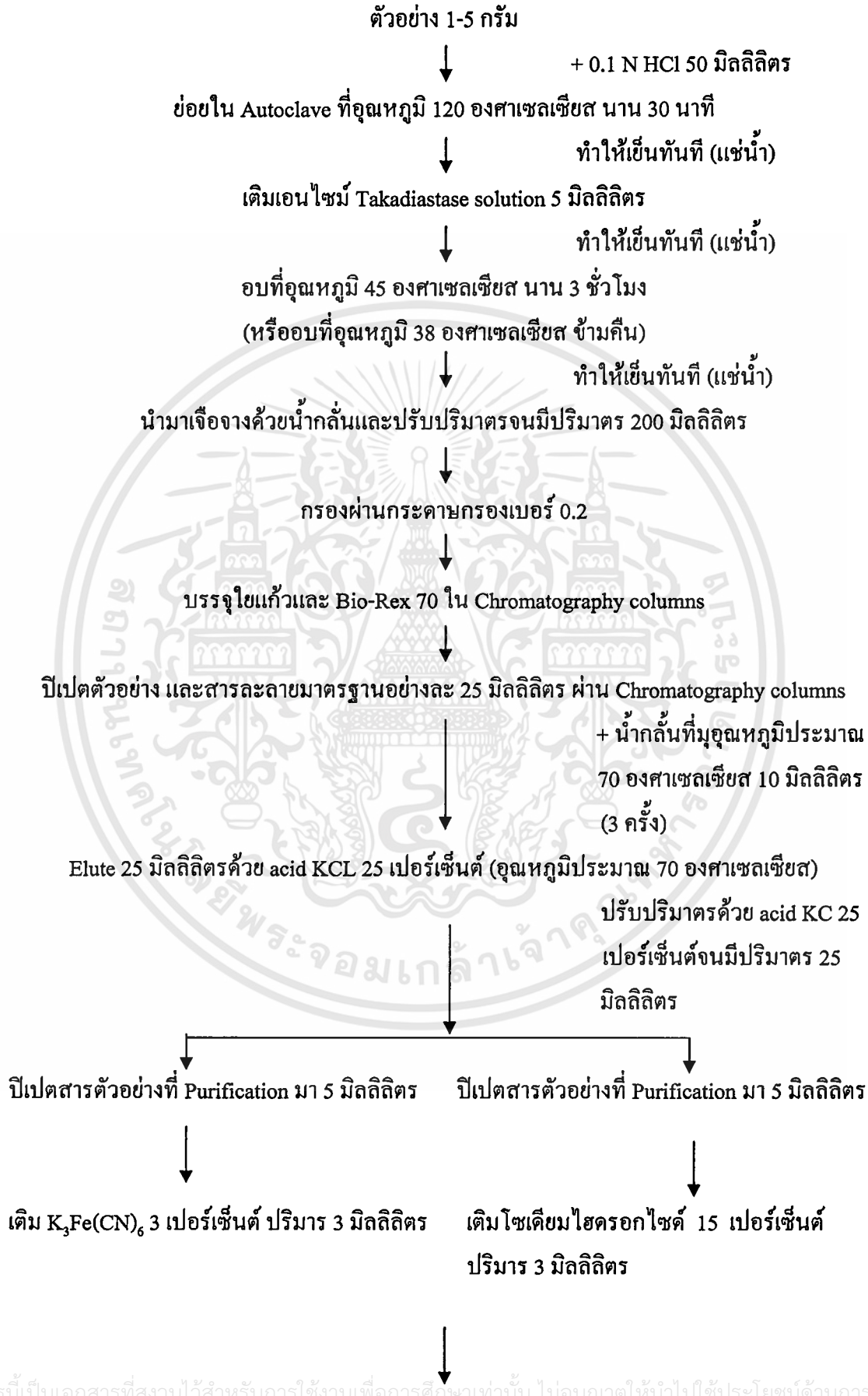
ขั้นตอนที่ 1 ล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก 2 โมลาร์ จำนวน 2 ครั้ง

1. ชั่ง Bio-rex 70 resin 50 กรัม ลงในบีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ลงในสารที่เตรียมไว้
3. วางบน stirring hot plate นาน 15 นาที
4. ให้สารตกตะกอน และเทน้ำทิ้ง

ขั้นตอนที่ 2 ล้างด้วยน้ำกลั่น (5 – 6 ครั้ง)

1. ปิเปตน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ลในภาชนะที่ล้างสาร Bio-rex ไว้แล้ว
2. วางบน stirring hot plate นาน 1 นาที ให้สารตกตะกอน และเทน้ำทิ้ง
3. ทดสอบด้วยกระดาษลิสมัสเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (pH ประมาณ 4.5 – 7) (หรือทดสอบตามขั้นตอนอื่นๆ เพื่อหาความเป็นมาตรฐานของสาร)
4. เก็บในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติม Isobutanol reagent 15 มิลลิลิตร

↓ เขย่าอย่างแรง 90 ครั้ง และวางทิ้งให้แยกชั้น

ดูดสารตัวอย่างชั้นล่าง (ส่วนที่เป็นน้ำ) ทิ้ง

↓ เติม anhydrous Na_2SO_4 1-2 กรัม

ใช้ส่วนใสด้านบน

↓

วัดค่า Fluorescenes ด้วยเครื่อง Spectrofluorometer

ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

รูปที่ ข3 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1

การคำนวณ

สูตร มิลลิกรัม / 100 กรัม $= \frac{(U-UB)}{(S-SB)} \times \frac{4}{wt.}$

หมายเหตุ

U = reading from assay solution

UB = reading from sample blank

S = reading from standard solution

SB = reading from standard blank

wt. = sample weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การหาปริมาณอะไมโลส (Julino *et al.*, 1981)

1. สารเคมี

1.1 เอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

1.2 สรละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล

1.3 กรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล

1.4 สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 2 กรัม + โปแตสเซียมไอโอไดซ์ (KI) 20 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

1.5 Potato amylase (Pure)

1.6 เมทานอล 85 เปอร์เซ็นต์

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การทำกราฟมาตรฐานของอะไมโลส

2.1.1 ชั่งอะไมโลสมารตฐาน (Potato amylase) 0.04 กรัม ใส่ใน Volumetric flask

2.1.2 เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อล้างตัวอย่างที่ติดข้าง ๆ หลอด

2.1.3 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์วามเข้มข้น 1 นอร์มอล โดยไม่ต้องเขย่า

2.1.4 ต้มในน้ำเดือด 10 นาที แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

2.1.5 ปีเปตสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร

2.1.6 เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร แต่ละ volumetric flask ตามลำดับ

2.1.7 เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ในแต่ละ flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2.1.8 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้ Spectrophotometer

2.1.9 พรอตค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างอะไมโลสมาตรฐานแต่ละ flask กับเปอร์เซ็นต์อะไมโลส (8, 16, 24, 32 และ 40 เปอร์เซ็นต์)

2.2 ตัวอย่างแป้ง

2.2.1 ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.10 กรัม ใส่ลงใน volumetric flask แล้วปฏิบัติเหมือนกับการเตรียมอะไมโลสมาตรฐาน (ข้อ 2.1.1-2.1.4)

2.2.2 ปีเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั้นประมาณ 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

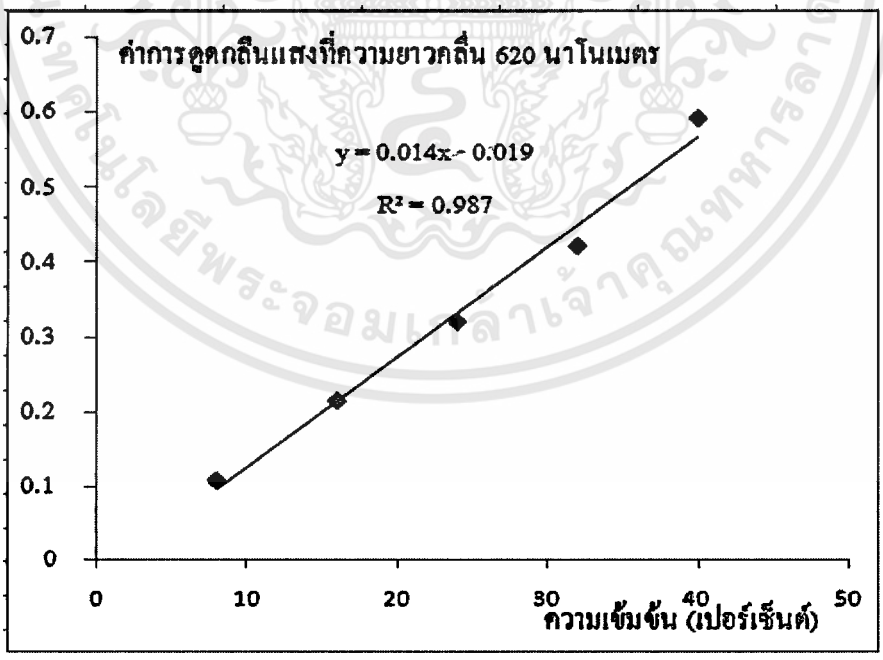
2.2.3 เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มอล และเขย่าให้เข้ากัน

2.2.4 เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้ Spectrophotometer แล้วนำค่าที่ได้มาเทียบหาเปอร์เซ็นต์อะไมลสกับกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ ข1 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนแสงในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

เปอร์เซ็นต์อะไมโลส	ค่าการดูดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
8	0.109
16	0.215
24	0.320
32	0.421
40	0.591



รูป ข4 แสดงกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการละลาย (Water Absorption Index, WAI and Water solubility Index, WSI) (Narkrugsa, 1996)

1. วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2.5 กรัม (น้ำหนักแห้ง, W_0) ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ในหลอดหมุนเหวี่ยงและปิดฝาให้สนิท

1.2 เขย่าใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

1.3 นำของผสมมาชั่งน้ำหนัก (W_1, กรัม) แล้วทำการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (W_2) หลังจากเทของเหลวแยกออกไป แล้วนำไปคำนวณค่าความสามารถในดูดซับน้ำ

1.4 นำส่วนที่เป็นของเหลว 10 มิลลิลิตร ซึ่งได้จากการเทแยกออกมาจากข้อ 1.3 ใส่ลงใน aluminum can ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (หรือจนแห้ง) แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can (W_3) นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความสามารถในการละลายน้ำ

2. สูตรที่ใช้ฝนการคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำ $= [(W_1 - W_2)/W_0] \times 100$

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการละลายน้ำ $= (W_3 - W_0) \times 100$

หมายเหตุ

W_0 = น้ำหนักของแป้งเริ่มต้น

W_1 = น้ำหนักของของผสม

W_2 = นำหนักของของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง

W_3 = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can

2. ความคงทนต่อการแช่แข็ง-การละลาย (Freeze-thaw Stability Test) (Narkrugsa, 1996)

1. วิธีการตรวจสอบ

1.1 ชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักสุดท้ายเป็น 300 กรัมในถ้วย Stainless ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสด้วย Roter mixter ที่อัตราเร็ว 240 rpm เป็นเวลา 20 นาที

1.2 นำของผสมเทลงในถ้วยพลาสติก แช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ใน Deep Freeze เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นำของผสมมาละลายน้ำแข็งออกในอ่างน้ำ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 30 องซาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

1.4 นำของผสม 100 มิลลิลิตร ทำการหมุนเหวี่ยง ที่ 8000 rpm เป็นเวลา 30 นาที

1.5 รายงานผลเป็นปริมาณน้ำที่แยกออกมา (เปอร์เซ็นต์) โดยปริมาตรน้ำที่แยกออกมาจากของผสมจะหมายถึงความคงทนต่อการแช่แข็ง-การละลายที่ไม่ดี

3. การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างแป้งข้าวงอกกับน้ำ เมื่อได้รับความร้อนโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์

หลักการทำงานของเครื่องบราเบนเดอร์ คือการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขั้นการทำให้เย็น ติดตามผล และแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU) ค่าความหนืดต่างๆ จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญของแป้งแต่ละชนิดดังรูปที่ ค1

1. การตรวจสอบ

1.1 ชั่งแป้งผสมกับน้ำให้มีอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ใส่ในภาชนะบรรจุ (Measuring Vessel) ที่สะอาดของเครื่องบราเบนเดอร์

1.2 สอด Measuring probe ลงใน Measuring Vessel แล้วนำ Probe นี้เข้าติดกับแกน (Shaft) ของเครื่อง ในระหว่างการศึกษาภาชนะบรรจุจะหมุนตลอดเวลา (75รอบ/นาที) เพื่อทำให้เกิดแรงกวนต่อของผสมระหว่างแป้งกับน้ำ และเครื่องจะเพิ่มอุณหภูมิให้กับของผสมนี้ในอัตรา 1.5 องซาเซลเซียส/นาที จนกระทั่งถึง 95 องซาเซลเซียสจะปล่อยให้ของผสมนี้ได้รับความร้อนคงที่ที่ 95 องซาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับเครื่องให้ลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5 องซาเซลเซียส/นาที แล้วเปิดท่อน้ำเย็นให้น้ำเย็นไหลวนใน Cooling element ที่จุ่มลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ของผสมมีอุณหภูมิลดลง 50 องซาเซลเซียส และปล่อยให้ของผสมได้รับความ ร้อนที่ 50 องซาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงปิดเครื่องมือ

1.3 บันทึกข้อมูล

2. วิธีการใช้งานคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องบราเบนเดอร์

2.1 Click โปรแกรม Visco1 ที่หน้าจอ

2.2 เข้าไปที่ Option เลือก Config

2.3 หน้าจอจะโชว์ ช่อง Torque, Temp และ Speed ให้เลือก Com3, Com4 และ Com5 ตามลำดับ จากนั้นให้ Click คำว่า Test ทั้ง 3 ช่อง แล้ว OK

2.4 จากนั้นไปที่ File เลือก New

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ช่องของ Temp profile ให้ใส่ชื่อ ตัวอย่างที่วิเคราะห์ และใส่ค่า Temp ในช่วงต่างๆ และระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละช่วง

2.6 Click ที่รูปกราฟอันแรก (นับจากซ้ายมือ) เพื่อ Add profile list

2.7 Save ชื่อไว้ที่ช่อง Operator กับ Sample

2.8 ใส่ความชื้นแบบน้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่วิเคราะห์ ที่ช่อง Moisture จากนั้นไป Click ที่ช่อง

2.9 น้ำหนักน้ำและแป้งที่ต้องชั่ง เครื่องจะคำนวณออกมาเป็นตัวเลขน้ำหนักให้ (ไม่ต้องคำนวณเอง)

2.10 ช่อง Measure range ใส่ 700 cmg

2.11 ช่อง Speed ใส่ 75 (1/นาที)

2.12 นำตัวอย่างสารละลายแป้งใส่ใน Bowl

2.13 เมื่อ Temp ของ Cooling ได้ 16 องศาเซลเซียส ให้ Click ปุ่มสีเขียวที่จอ เพื่อ Run

2.14 เมื่อการทำงานเสร็จสิ้น จะทำการ Save ข้อมูล ให้ไป Click ที่ รูปแผ่น CD ที่บนแถบเมนู จากนั้นเลือกไฟล์ และ เลือก Save as

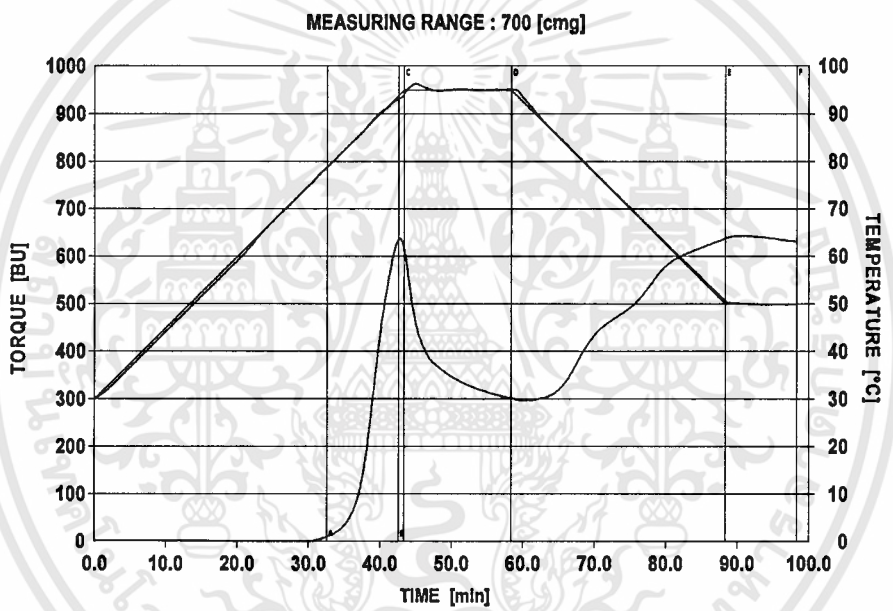
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BRABENDER VISCOGRAPH E (USB)

Version 2.4.6

Parameter

Operator	:	Phathumthani 115 R1	Date	:	1/6/2011
Sample	:	Phathumthani 115 R1	Method	:	Phathumthani 115 R1
Moisture	:	8 [%]	Correction	:	0 [%]
Sample weight	:	40 [g]	Corr. to 0%	:	43.4 [g]
Water	:	410 [ml]	Corr. to 0%	:	406.6 [ml]
Note	:				
Note	:				
Speed	:	75 [1/min]	Meas. range	:	700 [cmg]
Start temperature	:	30 [°C]	Heat./Cool. rate	:	1.5 [°C/min]
Max. temperature	:	95 [°C]	Upp. hold. time	:	15 [min]
End temperature	:	50 [°C]	Fin. hold. time	:	10 [min]



Evaluation

Point	Name	Time [HH:MM:SS]	Torque [BU]	Temperature [°C]
A	Beginning of gelatinization	00:32:35	10	78.9
B	Maximum viscosity	00:42:35	637	93.1
C	Start of holding period	00:43:20	617	94.3
D	Start of cooling period	00:58:20	302	95.1
E	End of cooling period	01:28:20	638	50.7
F	End of final holding period	01:38:20	631	49.9
B-D	Breakdown		335	
E-D	Setback		335	

File : C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Joy\pathaumthani 115 R1.vse

รูปที่ ค1 ตัวอย่างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของผสมระหว่างน้ำกับแป้งด้วยเครื่องบราเบนเดอร์อะไมโลกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด A แสดงความหนืดเริ่มต้นของการเกิดเจลาทิไนซ์

จุด B แสดงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นความหนืดสูงสุดในช่วงการให้ความร้อนและเป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

จุด C แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความยากง่ายในการหุงต้ม

จุด D แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของเม็ดแป้ง

จุด E แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงการเกิดรีโทรกราเดชันเนื่องจากการทำให้เย็น

จุด F แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของน้ำแป้งสุกที่ผ่านการหุงต้มและทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวดรุณี ตันตยาภิรมย์กุล
ที่อยู่	93/20 ถนนสถานี ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000
E-mail	joy-kwang@hotmail.com
โทรศัพท์เคลื่อนที่	087-4657738

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจาก โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง ปีการศึกษา 2548
- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ปีพ.ศ. 2552
- ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีพ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้