ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข.6 กข.10 หางยี 71 สกลนคร 1 และอุบล 2 ต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

Study on physicochemical properties of Kwiaw - Ngu RD 6 RD 10 Hangyee 71 Sakonnakon 1 and Ubol 2 glutinous rice on qualities of Khao - Tan

โดย

นางสาวชนากาญจน์ พรมประโคน	รหัสประจำตัว 44045041
นางสาวยุวดี ทองฟัก	รหัสประจำตัว 44045057
นางสาวสุกัญญา เหรียญจงสวัสดิ์	รหัสประจำตัว 44045068
นางสาวอนุรักษ์ อภัยกาวี	รหัสประจำตัว 44045071

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18956

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T096837

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข.6 กข.10 หางยี 71 สกลนคร 1 และอุบล 2 ต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

(Study on physicochemical properties of Kwiaw - Ngu RD 6 RD 10 Hangyee 71 Sakonnakon 1 and Ubol 2 glutinous rice on qualities of Khao – Tan)

โดย

นางสาวชนากาญจน์	พรมประโคน	รหัสประจำตัว	44045041
นางสาวยุวดี	ทองฟัก	รหัสประจำตัว	44045057
นางสาวสุกัญญา	เหรียญจงสวัสดิ์	รหัสประจำตัว	44045068
นางสาวอนุรักษ์	อภัยกาวี	รหัสประจำตัว	44045071

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

นภัสรพี เหลืองสกุล 16 / มี.ค. / 2546 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล)

ป.พ.
ช148ก
2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96837
วัน,เดือน,ปี.....

นางสาวชนากาญจน์ พรมประโคน, นางสาวยุวดี ทองฟัก, นางสาวสุกัญญา เหรียญจงสวัสดิ์, นางสาวอนุรักษ์ อภัยกาวี : การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู, กข.6, กข.10, หางยี 71, สกลนคร 1 และอุบล 2 ต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

(*Study on Physicochemical property of Kwiawngu, RD 6, RD 10, Hangyee 7, Sakonnakon 1 and Ubol 2 glutinous rice on qualities of Khaotan*)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล

การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว 6 พันธุ์ ได้แก่ เขี้ยวงู, กข.6, กข.10, หางยี 71, สกลนคร 1 และอุบล 2 โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีของค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้นของ KOH 1.3%, 1.4% และ 1.7% มีคะแนนอยู่ในช่วง 5–7 ซึ่งจัดอยู่ในระดับแป้งสุกต่ำ ค่าความคงตัวของแป้งสุกมีแนวโน้มของระยะทางที่แป้งไหลอยู่ในช่วง 61-100 มิลลิเมตร จัดเป็นประเภทแป้งสุกอ่อน ซึ่งพันธุ์ข้าวเหนียวอุบล 2 จะมีแนวโน้มเป็นแป้งสุกอ่อนที่สุด ปริมาณโปรตีนจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 6.0-7.0 % ยกเว้นพันธุ์หางยี 71 ที่มีปริมาณโปรตีน 5.82 % ส่วนอุณหภูมิของน้ำแป้งสุกมีค่าอยู่ในช่วง 60-63°ซ. ค่าการคืนตัวมีค่าอยู่ในช่วง -29 B.U ถึง -535 B.U ทั้ง 6 พันธุ์ ถือได้ว่าเป็นข้าวที่มีความนุ่มเหนียวและข้าวจะมีความกระด้างน้อย ส่วนค่าการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมี % การขยายตัวของปริมาตรและคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

(นางสาวชนากาญจน์ พรมประโคน)

(นางสาวยุวดี ทองฟัก)

(นางสาวสุกัญญา เหรียญจงสวัสดิ์)

(นางสาวอนุรักษ์ อภัยกาวี) ลายมือนักศึกษา

(อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล) ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

16/ธ.ค./2546 วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข.6, กข.10, หางยี 71, สกลนคร 1 และอุบล 2 ต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์นภัสรพี เหลืองสกุลซึ่งได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาในทุกเรื่อง รวมทั้งแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ซึ่งกรุณาเป็นอาจารย์กรรมการในการจัดทำปัญหาพิเศษ และให้คำแนะนำในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยให้ความช่วยเหลือและเปิดปิดห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจมาโดยตลอด

นางสาวชนากาญจน์ พรมประโคน
นางสาวขวัดี ทองฟัก
นางสาวสุกัญญา เหรียญจงสวัสดิ์
นางสาวอนุรักษ์ อภัยกาวี
12 พฤศจิกายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ง

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ช

สารบัญภาพ ซ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วารสารปริทรรศน์ 2
3. วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 18
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 21
5. สรุปผลการทดลอง 29

บรรณานุกรม 30

ภาคผนวก ก. 33

ภาคผนวก ข. 38

ภาคผนวก ค. 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงปริมาณอะไมโลสของแป้งชนิดต่าง ๆ	6
2.2	แสดงความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	8
2.3	แสดงการจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	12
2.4	แสดงการแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	14
4.1	แสดงค่าการสลายเมล็ดในด่าง	21
4.2	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก	22
4.3	แสดงค่าที่อ่านและคำนวณได้จากกราฟแสดงความหนืดของแป้งข้าว 6 พันธุ์	23
4.4	แสดงค่าปริมาณโปรตีน	24
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าของอัตราการขยายของปริมาตรข้าวแต๋น	26
4.6	แสดงผลทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชม จำนวน 40 คน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบของเมล็ดข้าว	3
2.2	แสดงโครงสร้างของอะไมโลส	6
2.3	แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพคติน	7
2.4	แสดงกลไกการเกิดเจลาติไนเซชั่น	9
3.1	แสดงกระบวนการคืนตัวหรือรีโทรกราเดชั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน จะให้การคืนตัวของตะกอนกับมีน้ำออกมาไม่มีการเชื่อมของกลุ่มไฮดรอกซิล	11
4.1	แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวที่ปลูกเพื่อบริโภค สามารถจำแนกออกได้เป็นชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับดัชนีที่ใช้ในการจำแนก เช่น ตามการบริโภค หรือชนิดแป้งและจำนวนตามชนิดการเจริญเติบโต การจำแนกชนิดข้าวตามประเภทแป้งในเมล็ดข้าวสารจำแนกได้เป็นข้าวเหนียวและข้าวเจ้า

ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ sticky rice, waxy rice) เช่น ข้าวที่มีเนื้อเมล็ดหรือเอนโดสเปิร์ม (endosperm) มีสีขาวขุ่น เปราะหักง่าย เมื่อผ่านการหุงต้มแล้วเมล็ดจะใสเหนียวเกาะตัวกันดี ข้าวเหนียวใช้เป็นอาหารว่างและขนมหวานหลายๆ ชนิด เช่น ขนมนางเล็ด ข้าวเหนียวมูล บ๊ะจ่าง และนำไปโม่เป็นแป้งข้าวเหนียวใช้ทำขนมได้หลายอย่าง เช่น ขนมเข่ง ขนมจีน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู กข.6, กข.10, หางยี 71, สกลนคร 1 และอุบล 2 ต่อคุณภาพของขนมข้าวแต๋น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ข้าวจัดเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (Family Gramineae) สกุล *Oryza* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน (Tropical) และเขตอบอุ่น (Temperate) ปัจจุบันข้าวที่ปลูกบริโภคมีอยู่ 2 ชนิด คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa L.*) และข้าวอาฟริกา (*Oryzaglaberrima*)

O. Sativa ปลูกทั่วไปทั้งในเอเชีย อาฟริกา ยุโรป อเมริกา และ ออสเตรเรีย *O. sativa* แบ่งออกเป็น

1. Indica ส่วนใหญ่ปลูกในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้ และตอนกลาง อินเดีย บังคลาเทศ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย

2. Japonica ปลูกในประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี

3. Javanica ปลูกอยู่ในประเทศอินโดนิเซีย

ส่วน *O. glaberrima* ปลูกอยู่ในอาฟริกาตะวันตก (สงกรานต์, 2534)

2.2 โครงสร้างทางกายภาพของเมล็ดข้าว (Anatomical Structure of Rice)

ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ 2 ส่วนดังรูปที่ 2.1 คือ

2.2.1 สิ่งที่ห่อหุ้มเรียกว่า เปลือก หรือ แกลบ มีลักษณะเป็นเยื่อไม้หยาบ ๆ หุ้มรอบเมล็ด ข้าวกล้องประกอบด้วยเปลือก 2 ฝา ประกบกันคนละข้างของเมล็ดตามแนวยาว เปลือกใหญ่เรียกว่า lemma เปลือกเล็กเรียกว่า palea ข้าวบางพันธุ์ที่ปลายของเปลือกใหญ่อาจมีขนแข็งยื่นยาวออกไป เรียกว่า หาง

2.2.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง ประกอบด้วย

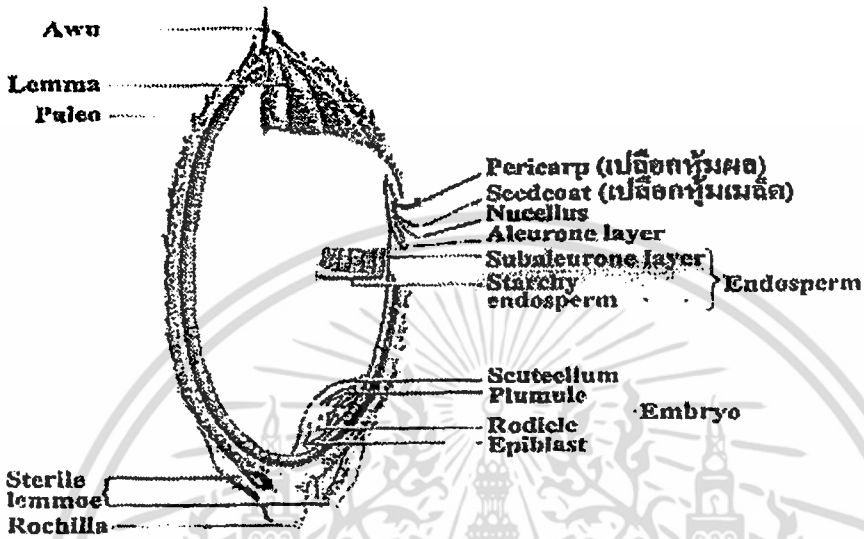
2.2.2.1 เยื่อหุ้มผล (Pericarp) เป็นผิวชั้นนอกสุด มีหน้าที่ห่อหุ้มป้องกันเมล็ด

2.2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางชั้นเดียว ภายในมี Pigment ที่ให้สีแก่เปลือกหุ้มข้าวเมล็ดธัญพืช

2.2.2.3 เยื่ออัลลูโรน (Aleurone Layer) ห่อหุ้มส่วนที่เป็น Endosperm และดัพภะความหนาของเยื่อนี้แตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าว ข้าวเมล็ดสั้นมักมีเนื้อเยื่อนี้หนากว่าข้าวเมล็ดยาว (สงกรานต์, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.4 เอนโดสเปอร์ม (Endosperm) ภายในประกอบด้วยแป้ง (Starch) และโปรตีน (Protein) มีเม็ดแป้ง (Starch Granule) ซึ่งมีรูปร่างหลายเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 – 12 ไมครอน อัดรวมกันอยู่ภายใน โดยมีโปรตีนอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดแป้ง



ภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของเมล็ดข้าว

2.3 การแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าวสาร หรือตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ด แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1 ข้าวเจ้า (Non-Glutinous Rice) คือ เป็นข้าวที่เมล็ดข้าวสารประกอบด้วยแป้งชนิดธรรมดา (Starch Endosperm) 90 เปอร์เซ็นต์ซึ่งแป้งนี้มีส่วนประกอบใหญ่ ๆอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคืออะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ D-Glucoseที่ต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา (Branch Chain)ประมาณ 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ และ Amylose ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ D-Glucose ที่ต่อกันแบบเส้นตรง (Linear Chain) ประมาณ 10 – 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวสารมีสีขาวใส หลังจากหุงหรือนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่มีสีขาวขุ่นและร่วน

2.3.2 ข้าวเหนียว (Glutinous Rice หรือ Waxy Rice) เป็นข้าวที่เมล็ดข้าวสารประกอบด้วยพวก Soluble Endosperm และมี Dextrin ในเมล็ดแป้ง เมล็ดข้าวสารของเมล็ดข้าวเหนียวมีสีขาวขุ่น นึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่เหนียวจับติดกันแน่นและมีลักษณะใส

ข้าวที่มีจำหน่ายทั่วไปสามารถจัดกลุ่มตามปริมาณอะไมโลสได้เป็นข้าวเหนียว (มีอะไมโลสร้อยละ 1 - 2) ข้าวอะไมโลสต่ำ (มีร้อยละ 12 - 20) ข้าวอะไมโลสปานกลาง (มีร้อยละ 20 - 25) ข้าวอะไมโลสสูงปานกลาง (มีร้อยละ 25 - 27) และข้าวอะไมโลสสูง (มากกว่าร้อยละ 27) (Cagampang และคณะ, 1973) ถึงแม้จะเป็นพันธุ์ข้าวเดียวกัน ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสตั้งแต่ต่ำจนสูง และส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่จะมีอะไมโลสสูง อัตราส่วนขององค์ประกอบอะไมโลสและอะไมโล-เพคติน แตกต่างกันตามชนิดและพันธุ์ของข้าว

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว องค์ประกอบใหญ่ ๆ มีดังนี้

2.4.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในข้าว คือมีประมาณ 60 – 90 % โดยมีส่วนประกอบของแป้ง (Starch) เป็นส่วนประกอบหลัก นอกจากนั้นเป็นน้ำตาลซูโครสลิกนิน (Lignin) เพนโตซาน (Pentosan) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และสารเพคติน (Pectin) ที่มีลักษณะเป็นวุ้น

2.4.2 โปรตีน (Protein) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมีปริมาณมากรองจากสตาร์ช ปริมาณโปรตีนนิยมหาโดยวิธี Kjeldahl คำนวณจาก % Nitrogen คูณกับ Factor 5.9 ซึ่ง Factor นี้อ้างถึงปริมาณไนโตรเจน 16.8 % ของโปรตีนหลักในข้าว ได้แก่ กลูทิลิน (Glutelin) โปรตีนในข้าวอยู่กันเป็นกลุ่มเรียกว่า Protein Bodies แทรกอยู่ระหว่างองค์ประกอบของแป้ง มีขนาด 1 – 4 ไมครอน โปรตีนอาจแบ่งตามคุณสมบัติการละลายได้ 4 ชนิดคือ

- อัลบูมิน (Albumin) ละลายได้ในน้ำ
- โกลบูลิน (Globulin) ละลายในสารละลายเกลือ
- โพรลามีน (Prolamine) ละลายในแอลกอฮอล์
- กลูทิลิน (Glutelin) ละลายในสารละลายกรด ด่างเจือจาง

ข้าวมีสารกลูทิลินอยู่ประมาณ 80 % ของโปรตีนทั้งหมด มีโกลบูลินอยู่ประมาณ 10 มีอัลบูมินอยู่ประมาณ 5 % และมีโพรลามีนไม่เกิน 5 %

2.4.3 ไขมัน (Fat) ไขมันในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่อยู่บริเวณเยื่อ อัลลูโรน และคัพภะ ซึ่งจะถูกขัดออกเมื่อผ่านกระบวนการสีข้าว โดยไขมันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปเม็ดไขมัน (Lipid Droplet) ไขมันในเอนโดสเปอร์ม (Endosperm) จะอยู่รวมกับกลุ่มโปรตีน (Protein Bodies) และในเมล็ดแป้งก็มีไขมันยึดเกาะอยู่ด้วย เมล็ดข้าวมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย คือประมาณ 1.5 – 2.5 % ในข้าวกล้อง และ 0.3 – 0.7 % ในข้าวสาร กรดไขมันส่วนใหญ่เป็น Oleic , Linoleic , Palmitic อัตราส่วนของ Oleic และ Linoleic เป็น 1 : 1 และไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดจะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกันไม่ว่าจะสกัดมาจากข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า

นอกจากนี้ไขมันของข้าวยังมีสาร Antioxidant คือ Oryzamol และ Tocophenals ซึ่งสารนี้จะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ทำให้ไขมันอยู่ได้นานโดยไม่มีกลิ่นหืน แต่อย่างไรก็ตาม แป้งข้าวเจ้าที่ดีควรมีปริมาณไขมันอยู่เล็กน้อย ถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดการหืน (Rancidity) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 เถ้า แร่ธาตุ และไวตามิน

โดยทั่วไปข้าวสารมีปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.26 – 1.95 % โดยน้ำหนัก ซึ่งข้าว เมล็ดยาว เมล็ดยาวปานกลาง และเมล็ดสั้น ของสหรัฐ มีปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.69 , 0.64 และ 0.61 % ตามลำดับ ชนิดของ Major Minirals หรือ Macrominirals ในเถ้าที่พบได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ซิลิคอน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียมและเหล็ก ปริมาณแร่ธาตุในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับแร่ธาตุในดินที่ปลูกข้าวนั้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีการกระจายตัวของปริมาณเถ้าดังนี้ :ในรำ 51%,ในคัพภะ 10%, ในเปลือก 11% , และในข้าวสาร 28%

สำหรับไวตามินพบมากในข้าวกล้อง ซึ่งมีมากกว่าข้าวสาร โดยเฉพาะในส่วนของคัพภะและ Aleurone Layerไทอามีน และไนอาซีน เป็นไวตามินที่สำคัญที่สุดในข้าว และมีการศึกษามาก ดังนั้นจากขบวนการสีข้าวทำให้สูญเสียไวตามินไปถึง 50%

2.4.5 แป้ง

(1) องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง แป้งประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4 โดยอยู่ในรูป D-glucose เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นจะมีโปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส และเถ้า แป้งโดยทั่วไปเป็นของแข็งสีขาว ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ละลายในสารละลายอินทรีย์ มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.50 – 1.53 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง การศึกษาขนาดและรูปร่างของเมล็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา และกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โพลาไรซ์ (Polarized Light) พบว่าเม็ดแป้งมีขนาดตั้งแต่ 2 – 100 ไมครอน โดยรูปร่างของเม็ดแป้งมีหลายแบบ เช่น รูปทรงกลม รูปไข่ หรือรูปหลายเหลี่ยม

(2) โครงสร้างของแป้ง แป้งเป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็น โพลิเมอร์ของแอลฟา D-glucose แป้งประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- อะไมโลส (Amylose) เป็นโพลิเมอร์ (Polymer) ของหน่วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรง (Straight Chain) ด้วยพันธะแอลฟา α - 1, 4 glycosidic ความยาวของ Chain ประมาณ 200 – 2,000 Anhydrous Glucose Unit (AGU) และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 20,000 – 200,000 ดังรูปที่ 2.2

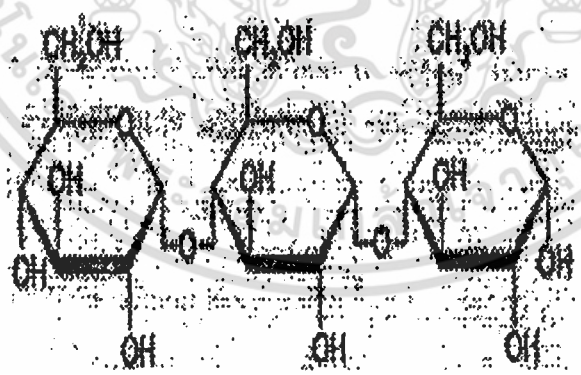
จำนวนและน้ำหนักโมเลกุลที่ต่างกันนี้ขึ้นกับสายพันธุ์และกรรมวิธีในการสกัดแป้ง แต่โดยทั่วไปข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันหลายระดับ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ พันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปานกลาง สูงปานกลาง และสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้ากับแป้งธัญพืชชนิดอื่น ๆ พบว่าข้าวเจ้าพันธุ์อะไมโลสสูง มีปริมาณอะไมโลสสูง เมื่อเปรียบเทียบแป้งชนิดอื่นดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณอะไมโลสของแป้งชนิดต่าง ๆ

แป้ง (Starch)	ปริมาณอะไมโลส (%)
Potato	22
Topioca	17
Sorghum	23 – 28
Corn	20 – 28
High Rice Amylose	> 27
Wheat	17 – 27
Oat	23 - 24
Waxy Maize	0 – 7
Waxy Sorghum	0 – 7
Waxy Rice	0 – 7
Sago	27

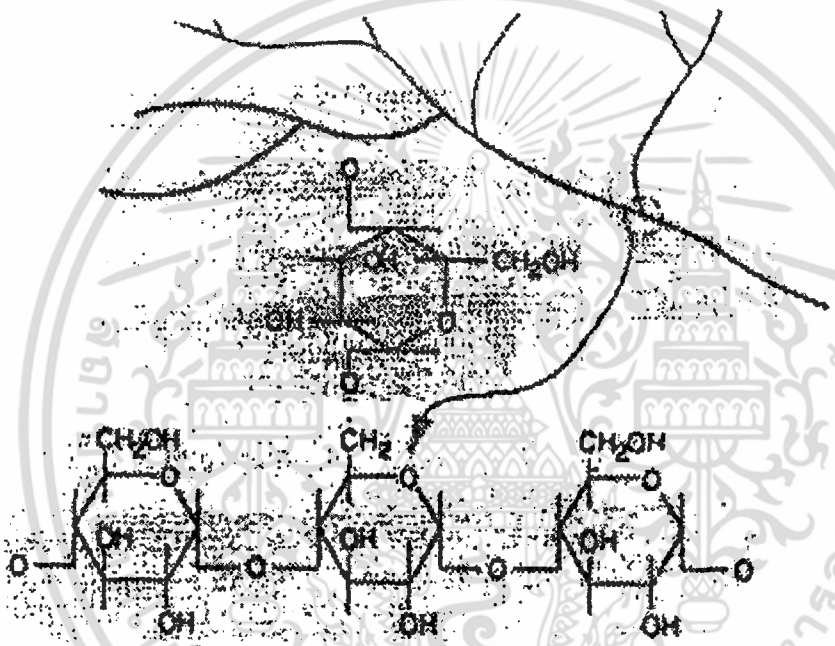
ที่มา : Goodman , 1984



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นโพลิเมอร์ที่แตกสาขามากมาย ประกอบด้วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ แอลฟา α - 1 , 4 glycosidic เป็นส่วนใหญ่ และมีส่วนแตกสาขาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา α - 1, 6 glycosodic แต่ละสาขาประกอบด้วย glucose ประมาณ 15 – 25 Anhydrous Glucose Unit (AGU) และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10 – 20 ล้านดังรูปนี้



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอะไมโลโลสและอะไมโลเพคติน มีโครงสร้างต่างกัน จึงมีคุณสมบัติหลายประการดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
- ประกอบด้วยโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง (Straight Chain)	- ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันเป็นสายแขนง (Branch Chain)
- เปลี่ยนเป็น Maltose เกือบสมบูรณ์เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์เบต้า – อะไมเลส	- เปลี่ยนเป็น maltose ประมาณ 50 % เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์เบต้า – อะไมเลส
- มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำตั้งแต่ 20,000-200,000 ล้าน	- มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คือตั้งแต่ 10 – 20 ล้าน
- ให้สีน้ำเงินเข้มเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน	- ให้สีม่วงแดงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน
- สามารถตกตะกอนด้วยสารเคมีที่เรียกว่า fractionting agent (ether, acetone, nitroparafin, pyridine)	- ไม่สามารถตกตะกอนด้วยสารเคมีที่เรียกว่า fractionting agent
- ถูกดูดซับ (Adsorbed) โดยสมบูรณ์ด้วยเซลลูโลส	- ไม่ถูกดูดซับ (Adsorbed) โดยเซลลูโลส
- ละลายน้ำได้มากกว่า	- ละลายน้ำได้น้อยกว่า
- หนืดน้อยและขุ่นเมื่อต้มและทิ้งให้เย็น	- หนืดมากและใสเมื่อต้มแล้วทิ้งให้เย็น
- ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นเจลได้เร็ว	- ต้มและทิ้งไว้ตะจับตัวเป็นเจลได้ช้า

ที่มา : Goodman , 1984

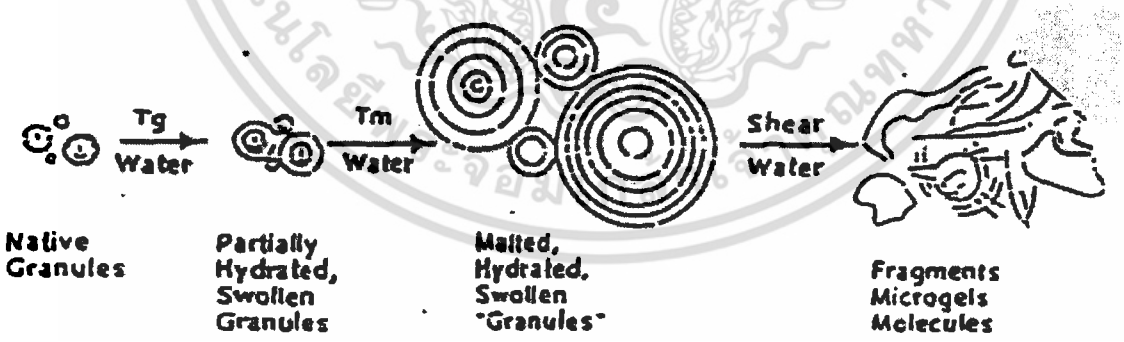
2.5 คุณสมบัติบางประการของแป้งเกี่ยวกับอะไมโลส

2.5.1 การพองตัวและการละลาย (Swelling and Solubility) ปกติแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะดูดซึมน้ำได้ 25 – 30 % และจะพองตัวน้อยมาก จนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เนื่องจากส่วน Crystalline มีการจัดเรียงตัวอย่างหนาแน่นระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน โดยเฉพาะอะไมโลเพคตินสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลเป็นจำนวนมากแต่ที่อุณหภูมิน้ำเย็น น้ำสามารถแทรกซึมเข้าสู่ Amorphous Region ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเกาะเกี่ยวกันอย่างหลวม ๆ ของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน โดยไม่รบกวนขนาดของเม็ดแป้งแต่อย่างใด แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งจะละลายน้ำได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการพองตัวของเม็ดแป้ง การพองตัวของเม็ดแป้งจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารละลายแป้งมีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้เกิดการแตกของพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้ง และเกิด Amorphous Region ขึ้นทำให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปได้เรื่อย ๆ ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ เมื่อให้ความร้อนต่อไปอีกเม็ดแป้งก็จะขยายตัวออกมี Amorphous Region มากขึ้น จนพองตัวเต็มที่และแตกออก การพองตัวอย่างเต็มที่แล้วแตกออกทำให้เม็ดแป้งสูญเสียลักษณะ Briefringence ซึ่งเป็นลักษณะที่บอกถึงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้งอย่างเป็นระเบียบ ช่วงอุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มสูญเสีย Briefringence จนกระทั่งสูญเสีย Briefringence ออกไปจนหมด เรียกช่วงอุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization Temperature) ซึ่งช่วงนี้แป้งมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วและพองตัวมากขึ้น แป้งแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิแป้งสุกแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการพองตัวของเม็ดแป้ง เนื่องจากโมเลกุล ของอะไมโลสไม่มีกิ่งก้าน จึงสามารถเรียงตัวกันอย่างใกล้ชิดเกิด Crystalline Region มาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้มากกว่าอะไมโลเพคตินซึ่งมีกิ่งก้าน จึงทำให้ค่าการพองตัวและการละลายของอะไมโลสต่ำกว่าของอะไมโลเพคติน

2.5.2 เจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) ปรากฏการณ์เจลาติไนเซชั่นเกิดขึ้นเนื่องจากในสภาวะธรรมชาติ เม็ดแป้งมีการจับตัวกับอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็น Crystalline อย่างแน่นหนา จึงไม่สามารถละลายในน้ำเย็น แต่อาจซึมเข้าไปในส่วนของ Amorphous ของเม็ดแป้งที่ไม่แข็งแรงได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส โมเลกุลของแป้งในส่วนของ Crystalline จะคลายตัวลง และเกิดปฏิกิริยาการดูดซับน้ำ และการขยายตัวของ เม็ดแป้งที่ไม่สามารถผันกลับได้ ให้สารละลายแป้งมีความหนืด และใสขึ้น ขบวนการเรียกว่า เจลาติไนเซชั่น ดังรูปที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กลไกการเกิดเจลาติไนเซชั่น

2.5.3 ความหนืด (Viscosity) การหาความหนืดมีหลายวิธี เช่น ใช้ Brabender Viscoamylograph, Scott HOT Paste และ Brookfield Viscometer เป็นต้น แต่วิธีที่นิยมใช้กันคือ ใช้ Brabender Viscoamylograph โดยติดตามความข้นหนืดของน้ำแป้ง ขณะได้รับความร้อน เพราะเมื่อเม็ดแป้งขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่ขึ้น การเคลื่อนไหวของเม็ดแป้งจะยากขึ้น เพราะน้ำที่อยู่รอบ ๆ เหลือน้อยลง สารละลายของน้ำแป้งจะใส และมีความหนืดเพิ่มขึ้น บางส่วนของโมเลกุลเล็ก ๆ ของอะไมโลสจะถูกะออกจากแป้งที่พองตัวในส่วน Crytalline ซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะไม่ให้เม็ดแป้งแตกตัว ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าความหนืดช่วงหนึ่ง (Peak Viscosity) ซึ่งมีค่าสูงสุด ในช่วงนี้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแป้งจะน้อยที่สุด (Weak) แต่ถ้าได้รับความร้อนหรือการกวนต่อไปอีก เม็ดแป้งจะดูดน้ำจนกระทั่งเม็ดแป้งแตก น้ำที่ถูกดูดเข้าไปก็จะกระจายตัวออกมาพร้อมกับอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ทำให้ความหนืดลดลงมาก และเร็ว

2.5.4 รีโทรกราเดชั่น (Retrogradation) ขณะที่สารละลายของแป้งได้รับความร้อนและเกิดการพองตัว อะไมโลสที่มีอยู่ในเม็ดแป้งสามารถละลายออกมาในน้ำแป้ง และเมื่อสารละลายของแป้งเย็นลงอะไมโลสสามารถจับตัวกันใหม่ หรือจับกับอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ถ้าสารละลายของแป้งมีความเจือจางมากจะเกิดการตกตะกอน แต่ถ้ามีความเข้มข้นสูงจะเกิดโครงร่างสามมิติที่อุ้มน้ำได้เรียกว่า เจล ซึ่งจะทำให้สารละลายของแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้นปรากฏการณ์นี้เรียกว่า รีโทรกราเดชั่น

การเกิดรีโทรกราเดชั่น อาจจะเป็นผลดีหรือผลเสียก็ได้ ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความข้นหนืดและแข็ง เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ฯลฯ การเกิดรีโทรกราเดชั่นจะเป็นสิ่งที่ดี แต่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวนุ่ม เช่น ขนมปัง การเกิดรีโทรกราเดชั่นจะทำให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส มักจะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของอะไมโลสมีโอกาสเคลื่อนเข้าหากันได้ เช่น กรณีที่สารละลายแป้งมีความหนืดต่ำ หรือการทำให้สารละลายแป้งเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ แต่ถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นต่ำเกินไป โมเลกุลของอะไมโลสจะอยู่ห่างกันมากทำให้การเคลื่อนที่เข้าจับกันของโมเลกุลอะไมโลสเกิดได้ยาก ในทำนองเดียวกัน ถ้าสารละลายแป้งมีความหนืดมากหรือมีความเข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอะไมโลสเกิดได้ยากจึงเกิดการจับกันของโมเลกุลอะไมโลสได้ยากสำหรับการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินนั้น เกิดขึ้นได้น้อยถ้าสารละลายแป้งมีความเข้มข้นต่ำ แต่เมื่อสารละลายแป้งมีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้เกิดการจับตัว กันระหว่างโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินได้มากขึ้น อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีผลต่อการเกิดรีโทรกราเดชั่น ของแป้ง ปริมาณอะไมโลเพคตินมากจะเกิดรีโทรกราเดชั่นได้ช้า เพราะโมเลกุลอะไมโลเพคติน มีขนาดใหญ่และแตกเป็นสาขามากมาย ทำให้ตกผลึกยาก นอกจากนี้อะไมโลสจากแป้งต่างชนิดกันและจะเกิดรีโทรกราเดชั่นสูงสุด ถ้าโมเลกุลของอะไมโลสที่มีขนาดเล็ก ๆ จะมีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian ทำให้เกิดการรวมตัวกันได้ยากเช่นกัน นอกจากนี้อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และ pH โดยที่ช่วงอุณหภูมิสูงระหว่าง 80 – 150 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะลดลง และในช่วง pH 5 – 7 อัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่นจะสูงขึ้น ไม่พบว่าเกิดรีโทรกราเดชั่นที่ pH ต่ำกว่า 2 และสูงกว่า 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

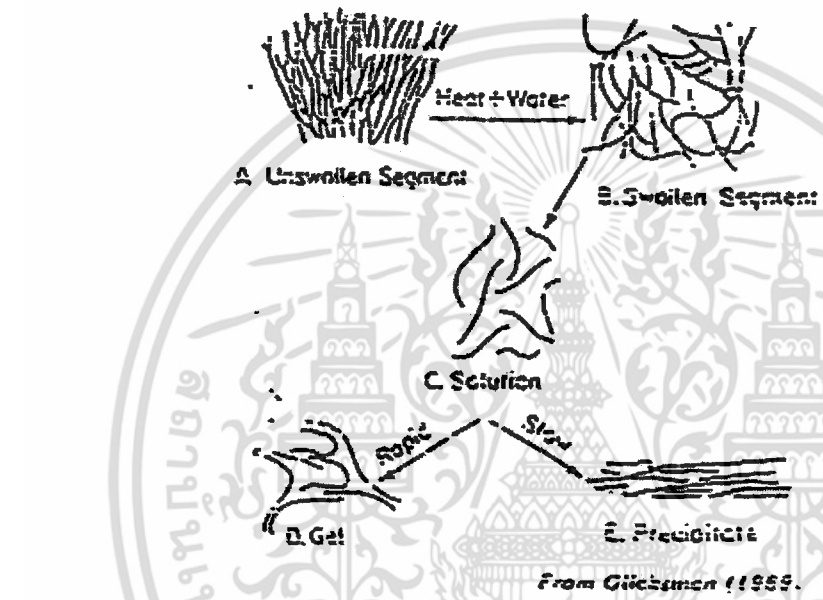
การเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดรีโทรกราเดชั่น

การเกิดรีโทรกราเดชั่นนั้นเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นการจัดตัวของอะไมโลสเพื่อให้เกิดผลึกขึ้น มี 3 ขั้นตอนดังนี้ (ดังภาพที่ 2.5) และให้เจลและตะกอน

(1) โมเลกุลของอะไมโลสยืดตัวออกเนื่องจากพันธะที่จับตัวกันแตกตัวออก

(2) น้ำส่วนที่เรียกว่า Bound Water หลุดออกไปจากโมเลกุล

(3) เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล



ภาพที่ 2.5 กระบวนการคืนตัวหรือรีโทรกราเดชั่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน จะให้การคืนตัวของตะกอนกับมีน้ำออกมาไม่มีการเชื่อมของกลุ่มไฮดรอกซิล

2.5.5 การแยกตัวของน้ำ (Syneresis) สารละลายแป้งแต่ละชนิดมีความอยู่ตัวไม่เท่ากัน ขึ้นกับโครงสร้างของโมเลกุล ความแข็งแรงของแรงเกาะระหว่างโมเลกุลของแป้งกับน้ำ บางครั้งพบว่าสารละลายแป้งเกิดรีโทรกราเดชั่นจนกระทั่งน้ำที่เคยเกาะโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินแยกตัวออกมา และปรากฏเป็นหยดน้ำ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การแยกตัวของน้ำ (Syneresis)

2.6 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว (Physicochemical Properties of Rice)

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพนี้มีความสำคัญต่อการทดสอบและปริเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and Eating Quality) เนื่องจากความนิยมในการรับประทานข้าวของผู้บริโภคแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ จะแตกต่างกันไปขึ้นกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน เช่น ชาวญี่ปุ่นและเกาหลีนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน ในขณะที่ชาวอินเดีย ศรีลังกา และปากีสถานนิยมข้าวร่วน เมล็ดไม่เกาะกัน ส่วนชาวฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และไทยนิยมข้าวนุ่ม ซึ่งเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็ไม่แข็ง จากการศึกษาข้าวไทยปรากฏว่า ความชอบต่อข้าวเจ้ามักขึ้นอยู่กับความนุ่ม ความเหนียวและความเลื่อมมัน(งามชื่น, 2522)

2.6.1 ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณสมบัติการหุงต้ม

2.6.1.1 ปริมาณอะไมโลส ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ถ้าแบ่งข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร สามารถจัดแบ่งออกเป็น 5 ประเภทตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงการจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทอะไมโลส	ปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร(5)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1 – 2	เหนียวมาก
ต่ำมาก	2 – 9	เหนียว, นุ่ม
ต่ำ	9 – 20	เหนียว, นุ่ม
ปานกลาง	20 – 25	นุ่มค่อนข้างเหนียว
สูง	25 – 33	ร่วน, แข็ง

ที่มา : วิลัศนา และคณะ, 2540

ปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการขยายปริมาตรและการดูดน้ำในระหว่างการหุงต้มและมีความสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก อย่างไรก็ตามข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมีความแตกต่างอยู่ โดยเฉพาะความนุ่มของข้าวสุก ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali spreading valume) หรือค่าความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency) หรือทั้งสองค่า (Perez, 1979)

จากการศึกษาแต่ก่อนแสดงให้เห็นว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ใช้ในการคาดคะเนลักษณะเนื้อ (Texture) ของข้าวสุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเหนียว ความนุ่ม และความเลื่อมมันของข้าวสุก อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าข้าวเก่าที่สุกแล้วจะร่วนกว่า แต่ก็ไม่ทำให้ปริมาณอะไมโลสเปลี่ยนแปลง (Juliano, 1968) ปริมาณอะไมโลสไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดและรูปร่างเมล็ด แต่ข้าวที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลสสูงจะมีค่าความหนืดข้นหลังจากลดอุณหภูมิลงโดยวิธีการอะไมโลกราฟ (Amylograph Setback Viscosity) สูงกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ

ข้าวชนิดจาโปนิกา ส่วนใหญ่พบว่า มีปริมาณอะไมโลสต่ำถึงปานกลาง ส่วนข้าวอินดิกามีปริมาณอะไมโลสสูงถึงปานกลาง และมีข้าวอะไมโลสต่ำอยู่บ้าง เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากการศึกษาข้าวเจ้าไทยพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 248 พันธุ์ พบว่า ข้าวนาสวนมีอะไมโลสตั้งแต่ต่ำถึงสูง ในขณะที่ข้าวไร่มีอะไมโลสต่ำถึงปานกลาง (Juliano, 1964) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลส 2.8 – 5.7 % (โดยน้ำหนักแห้ง) และ 17.2 – 31.2 % ในข้าวเจ้า

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการตรวจคุณภาพเมล็ด ทั้งยังเป็นตัวกำหนดค่าอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน (Amylose/Amylopectin Ratio) ดังนั้นจึงมักคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของข้าวสารโดยน้ำหนักแห้งมากกว่าที่จะเทียบกับปริมาณสตาร์ช (Starch)

Juliano และ Pascal (1980) พบว่าอะไมโลสมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าการสลายตัวในด่าง ค่าความคงตัวของแป้งสุกและความเหนียวของข้าวสุก และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนืดข้นจากอะไมโลกราฟ (Amylograph Viscosity) และความแข็งของข้าวสุก สาเหตุที่ค่าความสัมพันธ์ของอะไมโลสกับค่าความคงตัวของแป้งสุกมีค่าเป็นลบ เนื่องจากข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเป็นข้าวที่มีอะไมโลสสูงถึงแม้ว่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity) ของข้าวเหนียวจำปาต่ำกว่าข้าวเจ้า แต่พวกข้าวที่มีอะไมโลสสูงโดยเฉพาะพวกที่มีแป้งสุกอ่อน ก็มีค่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity) ต่ำเช่นกัน นอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) และความคงตัว Consistency ที่ได้จากอะไมโลกราฟ

2.6.1.2 ความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency)ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน มีความแตกต่างในด้านคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน เช่นข้าวที่มีแป้งสุกแข็ง เมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน ดังนั้นการวัดความหนืดของน้ำแป้งจึงเป็นวิธีการหาลักษณะเนื้อ (Texture) ของข้าวสุก จากค่าที่ได้จากอะไมโลกราฟแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวจากอินดิกาเมื่อทำให้เย็นจะมีความหนืดสูงกว่าแป้งที่ได้จากข้าวจาโปนิกา และเมื่อใช้แป้งที่มีความเข้มข้น 10% พบว่า ค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) สามารถใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวสุกได้ (Fukuba et. al., 1954)

การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกอาศัยหลักการทำให้แป้งใส โดยการต้มในสารละลายด่างแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไป เมื่อวางบนพื้นราบ
สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute : IRRI) ได้จัดแบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงการแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล
แข็ง	ต่ำกว่า 35 มม.
ค่อนข้างแข็ง	36 – 40 มม.
ปานกลาง	41 – 60 มม.
อ่อน	มากกว่า 50 มม.

ที่มา : วิลัศนา และคณะ, 2540

2.6.1.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งระหว่างให้ความร้อนและเย็น

การศึกษาคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน นอกจากจะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังสามารถศึกษาถึงลักษณะความข้น (Pasting Behavior) ของข้าวด้วย โดยใช้เครื่อง Brabender Amylograph ซึ่งเป็นการศึกษาถึง คุณลักษณะของน้ำแป้ง โดยให้ความเข้มข้นของน้ำแป้งคงที่ ดูการเปลี่ยนแปลงความหนืดข้นของน้ำแป้ง โดยการให้ความร้อนระดับต่าง ๆ ค่าที่น่าสนใจคือ

- อุณหภูมิที่แป้งข้นใส (Pasting หรือ Gelatinization Temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ความหนืดข้นของน้ำแป้งเริ่มเพิ่มขึ้น
- ความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- ความหนืดข้นลดลง (Breakdown) เป็นค่าความแตกต่างของค่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity) กับความหนืดต่ำสุดหลังจากจุดความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- ความคงตัว (Consistency) เป็นค่าความแตกต่างของความหนืดที่ 50 องศาเซลเซียส กับความหนืดต่ำสุดของน้ำแป้งหลังจากจุดความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)
- การกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) เป็นค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดที่ 50 องศาเซลเซียส กับค่าความหนืดข้นสูงสุด (Peak Viscosity)

2.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ จากอะไมโลกราฟ

ค่าความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) มีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดข้นลดลง (Breakdown) ของแป้งข้าวทุกชนิด โดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของน้ำแป้ง พันธุ์ข้าว และปีที่ปลูก (Horiuchi, 1967) ค่าอะไมโลสและค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Setback) และความคงตัว (Consistency) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนืดข้นของน้ำแป้งที่ความเข้มข้นที่ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความหนืดข้นลดลง (Breakdown) (Juliano,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1964a) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับค่าการกลับคืนสู่สภาพเดิม ที่ความหนืดที่ 94 องศาเซลเซียส หลังจากให้ความร้อนนาน 20 นาที และค่าความหนืดเมื่อทำให้เย็นที่ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณอะไมโลสยังมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความหนืดลดลง (Breakdown) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส (Juliano, 1964)

2.6.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของข้าวที่มีบทบาทต่อการขยายตัว การดูดซับน้ำ การพองตัว และการละลายของข้าว

ในปี ค.ศ. 1982 Bhattacharya และคณะ รายงานว่าข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีความหนืดของเพสท์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้เครื่อง Brabender Visco-Amylograph วัดความหนืดที่ลดลง (Breakdown Viscosity) โดยความหนืดที่ลดลงจะสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงต้ม

ในปี ค.ศ. 1985 Juliano รายงานว่า ปริมาณอะไมโลสจะเป็นปัจจัยที่บ่งบอกลักษณะเนื้อข้าวสัมผัสข้าวหุงต้ม โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความหนืดที่ลดลง ความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ความหนืดของเพสท์ขณะเย็นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และการคืนตัว และยังรายงานอีกว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงต้ม จะถูกวิเคราะห์โดยใช้คุณสมบัติการสุกของเม็ดแป้ง (Gelatinization) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของเม็ดแป้งได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง ปริมาณอะไมโลส ความยาวอะไมโลเพคติน ความยาวกลูโคสระหว่างอะไมโลเพคตินแต่ละส่วน ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีนและไขมัน

ในปี ค.ศ. 1994 Sowbhagya รายงานว่า การดูดซึมน้ำ (Hydration) ของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่บอกถึงคุณภาพของข้าวหุงต้ม ซึ่งการพองตัว (Swelling) และการละลาย (Solubility) ของแป้งข้าว (Rice flour) จะมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำ และได้ศึกษาผลของขนิดพันธุ์ข้าว 16 พันธุ์ และความสัมพันธ์คุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของข้าวที่มีต่อการดูดซึมน้ำ การพองตัว และการละลายของข้าว พบว่าที่อุณหภูมิ ≥ 90 องศาเซลเซียส การดูดซึมน้ำของข้าว 16 พันธุ์จะสามารถแบ่งคุณภาพข้าวได้ 8 ชนิด โดยจะมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับพื้นที่ผิว (Surface Area) ($P< 0.001$) ในขณะที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส การดูดซึมน้ำของข้าวจะสัมพันธ์ในทิศทางรงกันข้ามกับปริมาณอะไมโลส ($P< 0.01$) และอุณหภูมิแป้งสุก ($P< 0.001$) แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับ Equilibrium Moisture Content on Soaking (EMCS) ($P< 0.001$) Curves ของการพองตัว และการละลายของพันธุ์ข้าว 16 ชนิด แสดงการพองตัว 2 ขั้นตอน การพองตัวที่ 60 องศาเซลเซียส จะสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับการดูดซึมน้ำของข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ($P< 0.001$) ในขณะที่การพองตัวที่ 70 องศาเซลเซียส และการละลายที่ 60 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส จะให้ความสอดคล้องในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมากกับการดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิสูง ๆ ($P< 0.001$ และ $P< 0.001$ ตามลำดับ) ดังจะเห็นได้จากที่อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส ข้าวมีปริมาณอะไมโลสต่ำ (Waxy Rice) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (Non-Waxy Rice) มีความแตกต่างเรื่องการดูดซึมน้ำ การพองตัว และการละลาย อย่างเห็นได้ชัด และ Waxy Rice มีการพองตัวมากกว่า แต่มีการละลายน้อยกว่า Non-Waxy Rice

การขยายตัว (Expansion) ของข้าวจะมีความสอดคล้องอย่างมากกับปริมาณอะไมโลส โดยเฉพาะที่ค่าปริมาณอะไมโลสทั้งหมดสูงสุด 27% และ/หรือปริมาณอะไมโลสละลายน้ำ 13.5 % ซึ่งจะให้การขยายตัวของข้าวมากที่สุด Chinnaswamy และคณะ (1983) และ Juliano (1973) ได้ศึกษาการขยายตัวของข้าวจากพันธุ์ข้าว 7 พันธุ์ พบว่า Waxy Rice และ Low Amylose Rice จะให้ค่าการขยายที่ดีที่สุด นอกจากนี้ข้าวเมล็ดสั้นที่มีอะไมโลสต่ำ นิยมนำไปทำ Breakfast Cereals ที่ให้ลักษณะกรอบพอง และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสั้น จะมีการขยายตัวได้ดีกว่าข้าวที่มีเมล็ดยาว (Robert และคณะ ,1951)

2.7 การพอง

การพอง (puffing) เกิดจากการขยายตัวของไอน้ำอย่างฉับพลันภายในช่องว่างของเมล็ด (Mats, 1970) กระบวนการการพอง (puffing process) อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ

1. กระบวนการที่เกิดภายใต้ความดันบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนอย่างฉับพลันทำให้น้ำระเหยไปอย่างรวดเร็ว
2. กระบวนการที่เกิดจากการลดความดัน ซึ่งเกี่ยวกับการพาความร้อนสูง (superheat) อนุภาคความชื้น (moist particles) ไปยังช่องว่างที่มีความดันต่ำกว่า (Matz, 1959)

การพองเป็นปรากฏการที่ซับซ้อนไม่เพียงแต่เป็นการระเหยอย่างรวดเร็วของน้ำจากเมล็ดเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วยปลาย ๆ ปัจจัย เช่น ปริมาณอมิโลส ความชื้น และการจัดเรียงตัวของ องค์ประกอบภายในเมล็ด (Goodman, 1984) อัตราส่วนของอมิดลสและอมิโลเพคตินมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์มาก กล่าวคือ อมิโลสเพคตินจะช่วยในการพองตัวทำให้น้ำหนักเบา ส่วนอมิโลสถ้ามีมากจะลดการพองตัว หรือทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะต่ำลง (Feldberg, 1969)

Brockington และ Kelly (1972) กล่าวว่า ข้าวเหนียวจะมีการพองตัวมากเกินไปและแตกเป็นส่วน ๆ ระหว่างการพองภายใต้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับข้าวอมิโลสต่ำจากการศึกษาของ Antonio และ Juliano (1973) พบว่าปริมาณน้ำที่สมดุล (equilibiumwater comtent) มีแนวโน้มสูงสุดในของข้าวเหนียว มีแนวโน้มสูงสุดและจะลดลงตามด้วยข้าวอะไมโลสต่ำ ปานกลาง ค่อนข้างสูง และสูงตามลำดับ ซึ่ง Reyes (1965) กล่าวว่า การที่ปริมาณน้ำสูงในข้าวเหนียวอาจเนื่องมาจากการเกาะกันอย่างหลวม ๆ ของเม็ดแป้ง จึงเป็นผลให้ข้าวเหนียวมีความหนาแน่นต่ำไปด้วย และมีความเป็นไปได้ว่าช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งจะลดลงเมื่อปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น (Antonio และ Juliano, 1973)รอยแตกของเมล็ดข้าวเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุหนึ่งที่ไปลดอัตราการขยายตัว เนื่องจากไปทำให้ไอน้ำหนีรอดออกจากเมล็ดไปตามรอยแตก และเป็นผลให้ความดันลดลง (Chinnaswamy และ Bhattacharya, 1983)

Roberts และคณะ (1954) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขยายตัวของข้าวนึ่งโดยผ่านไอน้ำอุณหภูมิระหว่าง 64 – 140 องศาเซลเซียส ไปยังข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำมาก่อน (soaked paddy) พบว่าอัตราการขยายตัวจะสูงสุด ที่ 125 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Chinnaswamy และ Bhattacharya (1983) ยังพบว่าอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปสำหรับการแช่ข้าวในการทำข้าวนึ่ง จะไปทำให้เกิดท้องไข่และไปลดการขยายตัวของข้าวนึ่ง

2.8 การทอด

การทอดทำให้เกิดการพองตัวของแป้ง ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การทอดแตกต่างจากกระบวนการใช้ความร้อนวิธีอื่นดังนี้

1. การปรุงสุกถูกทำให้สำเร็จในเวลาสั้น ปกติใช้เวลา 5 วินาที เนื่องจาก

ก. ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งความร้อนและอาหารมีมาก

ข. ขนาดของอาหารแต่ละชิ้นปกติมีขนาดเล็ก

2. น้ำมันที่ทอดจะกลายเป็นองค์ประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ด้วย ทั้งนี้ปริมาณน้ำมันจะแปรผันตามประเภทอาหาร เช่นมี ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ในปลาแท่งชุบขนมปัง (breaded fish stick) ถึงร้อยละ 40 หรือมากกว่าในมันฝรั่งทอด

3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีผิวนอกที่กรอบกว่าวิธีอื่น

4. ตัวกลางในการพาความร้อน คือ น้ำมันที่ใช้ทอดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบและคุณสมบัติในการเก็บรักษา

5. ปัญหาทางกลอย่างเดียวที่เกี่ยวข้องในการควบคุมการทอดทางการค้า (Matz, 1984)

ปัจจัยที่ต้องกำนึงถึงในการทอดมีดังนี้คือ สภาพพื้นที่ผิว ลักษณะ และโครงสร้างของอาหาร ความชื้นเริ่มต้น เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทอด การทอดบางครั้งอาหารจะอมน้ำมัน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด หากใช้อุณหภูมิต่ำไป การอมน้ำมันจะมาก การทอดนานเกินไปจนเกิดการสุกเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์เช่นกัน (Thorner, 1970) นอกจากนี้อัตราส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินก็เป็นผลทางอ้อมของการดูดซับน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด การดูดซับน้ำมันของอาหารสามารถควบคุมได้โดยทำให้ผิดหน้าของอาหารแห้งก่อนนำไปทอด (Feldberg, 1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96837

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียว 6 พันธุ์ คือ เขี้ยวงู หางยี 71 กข.10 กข.6 สกลนคร 1 และอุบล 2 ที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
2. น้ำตาลอ้อย
3. น้ำแตงโมสด
4. น้ำเปล่า
5. น้ำมันพืช ตราองุ่น

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งชนิดหยาบและละเอียด
2. เครื่องกะเทาะเปลือกข้าวแบบ Satake
3. เครื่องสีข้าว McGill No.3
4. เครื่องขัดรำข้าว
5. เครื่องบดตัวอย่างแบบ UD Cyclone sample mill
6. เครื่องย่อยโปรตีนและเครื่องกลั่นหาไนโตรเจน
7. โถดูดความชื้น (desicator) และถ้วยอลูมิเนียม (can) สำหรับหาความชื้น
8. ตู้อบ (tray drier)
9. Brabender viscoamylograph
10. Hot air oven
11. เครื่องแก้วอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น บีกเกอร์ ขวด กระบอกตวง และอื่นๆ
12. เคมีภัณฑ์ในการวิเคราะห์
13. ชุดเครื่องสำหรับการทอด เช่น กะทะ ถาด ตะหลิว ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของวัตถุดิบ โดยวิธีการ

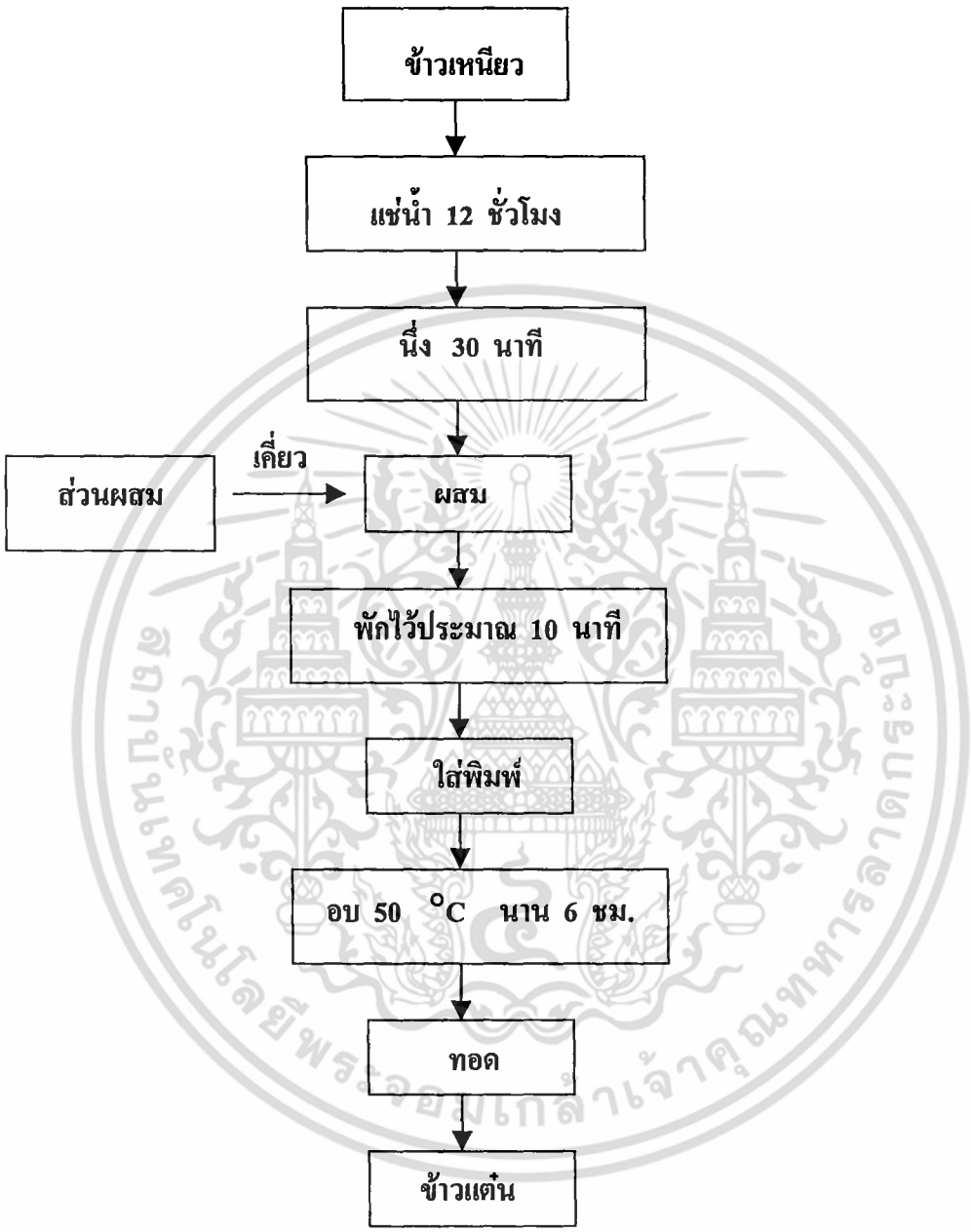
- ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) โดยวิธีของ Little, Hilder และ Danson (1958) ดังแสดงในภาคผนวก ก
- ความคงทนของแป้งสุก (Gel Consistoney) โดยวิธี Cagampang, Ferez และ Juliano (1973) ดังแสดงในภาคผนวก ก
- การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำแป้งในระหว่างการหุงต้มโดยเครื่อง Brabender Viscoanylograph (Halick และ Kelly, 1959) ดังแสดงในภาคผนวก ก
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธีนี้ ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC Method 46 – 12 (1995) ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3.2 การทำผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น

เตรียมข้าวเหนียวแช่น้ำ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่ง 30 นาที แล้วผสมกับน้ำแตงโม น้ำตาลอ้อย น้ำเปล่า ที่เคี่ยวแล้ว ให้เข้ากันดังขั้นตอนในรูปที่ 3.1 แล้วสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

- วิเคราะห์ค่าการขยายตัวของปริมาตร (Volume expansion) ดังแสดงในภาคผนวก ก
- การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยการทดสอบชิมแบบ Ranking test ซึ่งมีการเรียงลำดับจากคะแนน 1 ถึง 6 โดยคะแนนน้อยที่สุด = 1 และคะแนนมากที่สุด = 6 ดังแสดงในภาคผนวก ข ให้มีผู้ทดสอบจำนวน 40 คน ทำการทดสอบชิม นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยแบบการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 7.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวแต๋น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1895c

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติของข้าวเหนียว

4.1.1 ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali Test)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการสลายเมล็ดในด่าง

พันธุ์ข้าว	Alkali Test (% KOH)[1]		
	1.3	1.4	1.7
เขี้ยวงู	$5.0^{b} \pm 0$	$5.5^{c} \pm 0.20$	$5.4^{c} \pm 0.49$
กข.6	$6.0^{a} \pm 0$	$6.0^{b} \pm 0.32$	$7.0^{a} \pm 0$
กข.10	$4.3^{c} \pm 0.03$	$5.2^{c} \pm 0.25$	$5.6^{bc} \pm 0.34$
หางยี 71	$6.0^{a} \pm 0$	$6.6^{a} \pm 0$	$7.0^{a} \pm 0$
สกลนคร 1	$5.9^{a} \pm 0.03$	$6.1^{b} \pm 0.28$	$7.0^{a} \pm 0$
อุบล 2	$4.9^{b} \pm 0.03$	$5.5^{c} \pm 0.20$	$6.0^{b} \pm 0$

หมายเหตุ[1] ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ตามแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้กำกับตัวอักษรเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าการสลายเมล็ดในด่างที่ระดับความเข้มข้นของ KOH ทั้ง 3 ระดับ มีอยู่ในช่วง 5-7 ซึ่งสามารถจัดระดับอุณหภูมิแป้งสุกของข้าวเหนียวทุกพันธุ์เป็นประเภท อุณหภูมิแป้งสุกต่ำ โดยที่ระดับความเข้มข้นของ KOH ทั้ง 3 ระดับ สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงแนวโน้มของค่าการสลายเมล็ดในด่างได้ โดยนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกันซึ่งจะทำให้สามารถเห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และจากการทดลองข้าวเหนียวพันธุ์หางยี 71 จะมีแนวโน้วเป็นแป้งสุกต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับพันธุ์กข.10 จะเป็นแป้งสุกปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.1.2 ค่าความคงตัวของแป้งสุก

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก

พันธุ์ข้าว	ความคงตัวของแป้งสุก (มม.)[2]	
	100 (มก.)	120 (มก.)
เขี้ยวงู	99.1[a] ± 2.04	99.5[a] ± 1.22
กข.6	98.3[a] ± 4.08	96.1[a] ± 9.38
กข.10	83.8[b] ± 13.12	72.6[b] ± 11.09
หางยี 71	81.0[b] ± 11.45	68.5[b] ± 8.16
สกลนคร 1	93.5[a] ± 11.45	70.6[b] ± 5.88
อุบล 2	100.0[a] ± 0	90.8[a] ± 10.92

หมายเหตุ[2] ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ตามแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้กำกับตัวอักษรเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan'5 New Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าความคงตัวของแป้งสุกที่น้ำหนักแป้ง 100 และ 120 มิลลิกรัม ของข้าวเหนียวทั้ง 6 พันธุ์ มีค่ามากกว่า 50 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถจัดเป็นประเภทแป้งสุกอ่อน โดยที่ข้าวเหนียวพันธุ์อุบล 2 จะมีแนวโน้มเป็นแป้งสุกอ่อนที่สุด เมื่อเทียบกับข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู, กข.6, สกลนคร 1 และหางยี 71 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำแป้งในระหว่างการหุงต้มโดยเครื่อง Brabender Viscoanylograph

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่อ่านและคำนวณได้จากกราฟแสดงความหนืดของแป้งข้าว 6 พันธุ์

ชนิดของแป้ง	Gelatinization temp. (°C)	Peak vis. (B.U)	Final vis. 94°C (B.U)	Final vis. 50°C (B.U)	Break down (B.U)	Consistency (B.U)	Setback (B.U)
เขี้ยวงู	60.2	750	340	390	390	50	-340
กข.6	60.8	1025	440	490	585	50	-535
กข.10	63.4	1150	640	670	510	30	-480
หางยี 71	60.7	1010	670	690	340	20	-320
สกลนคร 1	63.35	1240	910	950	330	40	-290
อุบล 2	60.7	1010	440	480	570	40	-530

หมายเหตุ ค่าที่ได้จากการทดลอง 1 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.3 จะสรุปผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำแป้งในระหว่างการหุงต้มโดยการวัดความหนืดของน้ำแป้งจากเครื่อง Brabender Amyloviscoamylograph ของข้าวเหนียวพันธุ์อุบล 2, เขี้ยวงู, หางยี 71 และกข. 6 มีอุณหภูมิแป้งสุก 63.4 และ 63.35°C ข้าวทั้ง 6 พันธุ์ จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่า 65°C ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อย การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้นน้ำแป้งสุกของข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity ; PV) สกลนคร 1, กข.10, กข.6, อุบล 1, หางยี 71 และเขี้ยวงู มีค่า PV เท่ากับ1240, 1150, 1025, 1010, 1010 และ 730 B.U (Brabender Units) ตามลำดับ ข้าวเหนียวที่มีค่า PV สูง แสดงว่าเม็ดแป้งขยายตัวได้ดีเมื่อทำให้สุกในน้ำ และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงถึง 94°C และต้มต่อไปอีก 20 นาที แป้งบางส่วนจะแตกตัวและทำให้ความหนืดของน้ำแป้งสุกลดลง ทำให้ค่าการแตกตัวของแป้ง (breakdown ;BD) ของข้าวเหนียว 6 พันธุ์ มีค่าเท่ากับ 585, 570, 510, 370, 340 และ330 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่อยๆ ลดอุณหภูมิของน้ำแป้งลงจนถึงที่ 50°C ความหนืดของน้ำแป้งจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบความหนืดแป้งสูงที่ 50°C กับ PV เมื่อหาค่าคืนตัว (Setback ; SB) ข้าวเหนียวจะมีค่า SB ต่ำมากใกล้เคียงกัน สำหรับค่าความคงตัวของแป้งสุก (Consistency ; CC) ซึ่งเป็นความแตกต่างของความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งสุกที่ 94°C และที่ 50°C เช่นเดียวกับ SB ข้าวเหนียวที่นำมาทดสอบมีค่า CC ต่ำเช่นกัน ทั้งค่า SB และ CC เป็นค่าสำหรับคาดคะเนความนุ่มของข้าวสุก หากมีค่าสูงข้าวจะแข็งกระด้างกว่าข้าวที่มีค่าต่ำ ค่า CC แสดงถึงความแตกต่างระหว่างแป้งสุกร้อนและแป้งสุกเย็นลง ดังนั้นจึงใช้คาดคะเนความแตกต่างของข้าวร้อนและข้าวเย็นของข้าวเหนียวพันธุ์กข.6, สกลนคร 1, อุบล 2, กข.10, หางยี 71 และเขี้ยวงูมีค่า CC เท่ากับ 50, 40, 40, 30, 20 และ 50 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแล้วค่า CC ของข้าวแต่ละพันธุ์ จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือ ค่าจะไม่สูงมาก ค่อนข้างจะต่ำ เมื่อสุกแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ความนุ่มเพิ่มขึ้น

4.1.4 ปริมาณโปรตีน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าปริมาณโปรตีน

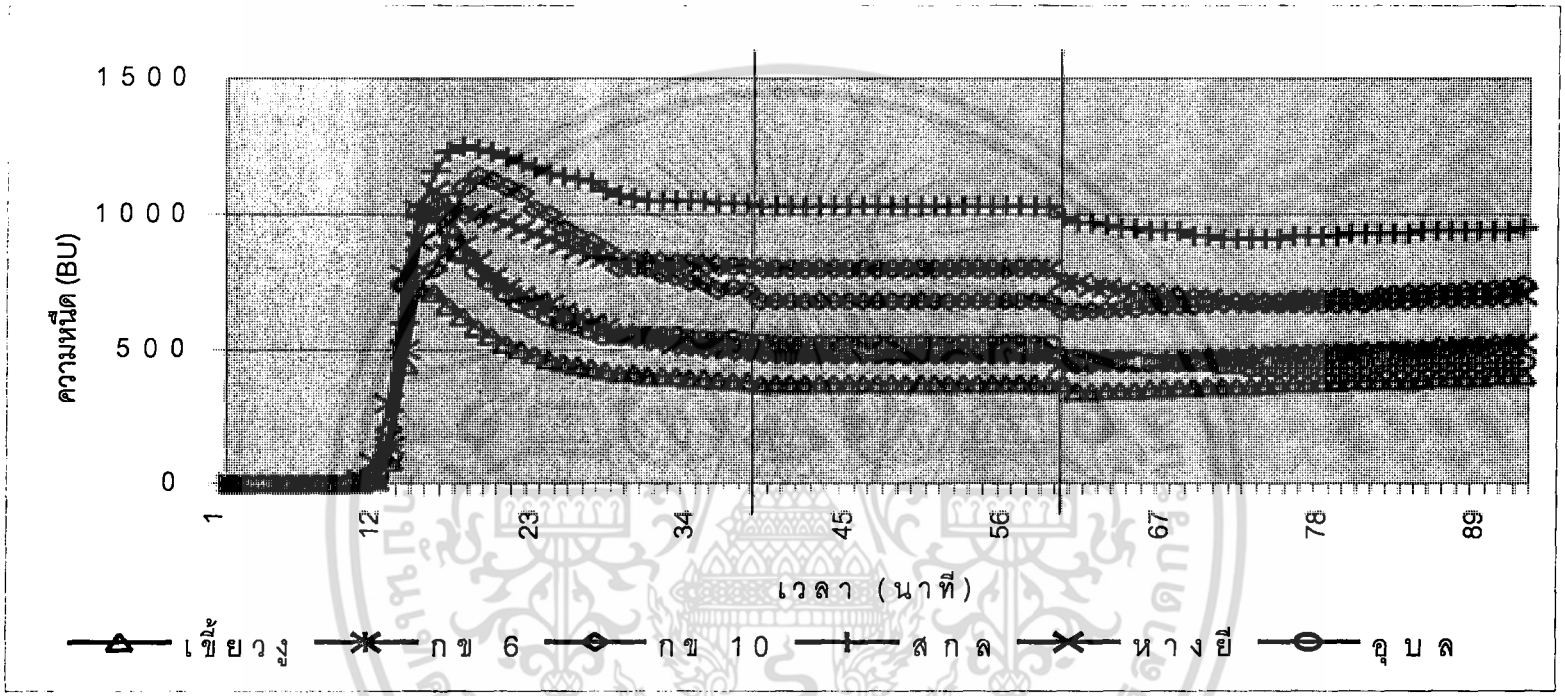
พันธุ์ข้าว	ปริมาณโปรตีน (%)[3]
เขี้ยวงู	6.40
กข.6	6.42
กข.10	7.77
หางยี 71	5.82
สกลนคร 1	7.32
อุบล 2	7.42

หมายเหตุ[3] ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 1 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.4 ปริมาณโปรตีนของข้าวเหนียว ทั้ง 6 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 6-7 โดยที่ข้าวเหนียวพันธุ์หางยี 71 จะมีปริมาณโปรตีนต่ำสุด คือ 5.82 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 องศาเซลเซียส 94 94 50 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวพันธุ์ต่างๆ

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

4.2.1 การขยายตัวของปริมาตร (Volume expansion)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าของอัตราการขยายตัวของปริมาตรข้าวแต๋น

พันธุ์ข้าว	การขยายปริมาตร (ml)		% การขยายตัวของ
	ก่อนทอด	หลังทอด	ปริมาตร
เขี้ยวงู	40	168	420
กข.6	42	142	338
กข.10	45	135	300
หางยี 71	44	137	311.3
สกลนคร 1	44	139	315.9
อุบล 2	43	140	325.5

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของปริมาตรของพันธุ์ข้าวเหนียวจะมีความใกล้เคียงกัน แต่พันธุ์ข้าวเหนียวเขี้ยวงูจะมีเปอร์เซ็นต์ การขยายตัวของปริมาตรสูงที่สุด รองลงมา คือ ข้าวเหนียวพันธุ์กข.6, อุบล 2, สกลนคร 1, หางยี 71 และ กข.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.6 แสดงผลทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม จำนวน 40 คน

พันธุ์ข้าว	ลักษณะทดสอบทางประสาทสัมผัส[5]		
	ลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว	ความกรอบพองของข้าวแต๋น	ความชอบรวม
เขี้ยวงู	$5.5^{a} \pm 0.21$	$4.8^{a} \pm 1.58$	$4.6^{a} \pm 1.78$
กข.6	$2.6^{c} \pm 1.25$	$3.0^{c} \pm 1.43$	$2.9^{c} \pm 1.23$
กข.10	$1.8^{d} \pm 0.16$	$1.7^{d} \pm 1.71$	$1.9^{d} \pm 1.34$
หางยี 71	$2.9^{c} \pm 1.30$	$3.7^{b} \pm 1.35$	$3.9^{ab} \pm 1.60$
สกลนคร 1	$3.0^{c} \pm 1.29$	$3.7^{b} \pm 1.42$	$4.0^{ab} \pm 1.49$
อุบล 2	$5.0^{b} \pm 0.24$	$3.8^{b} \pm 1.47$	$3.4^{bc} \pm 1.46$

หมายเหตุ[5] ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบชิม 40 ซ้ำ ตามแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้กำกับตัวอักษรเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การยอมรับของผู้ทดสอบชิมในตารางที่ 4.6 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว และความกรอบพองของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู ได้รับการยอมรับสูงสุด และ อุบล 2 สกลนคร 1 หางยี 71 กข.6 และ กข.10 ตามลำดับ ด้านคุณลักษณะของความชอบรวมพันธุ์ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ได้รับการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ สกลนคร 1, หางยี 71, อุบล 2, กข.6 และ กข.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้ คือ พันธุ์เขี้ยวงู กข.6 กข.10 หางยี 71 สกลนคร 1 และอุบล 2

2. เมล็ดข้าวเหนียวที่นำไปบดเป็นแป้งแล้วนำไปวิเคราะห์ทางเคมีได้ผล ดังนี้

- การสลายเมล็ดข้าวในด่าง 5.50 6.00 5.20 5.50 6.10 และ 6.60 ตามลำดับ
- ความคงตัวของแป้งสุก (มม.) 99.00 96.00 72.00 90.00 70.00 และ 68.00 ตามลำดับ
- การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำแป้งในระหว่างการหุงต้มมี
  - อุณหภูมิแป้งสุก (B.U) 60.2 60.8 63.4 60.1 63.35 และ 60.7 ตามลำดับ
  - ค่าการแตกตัวของแป้ง (B.U) 390 585 510 570 330 และ 340 ตามลำดับ
  - ค่าการคืนตัว (B.U) -340 -535 -480 -530 -290 และ -320 ตามลำดับ
  - ค่าความคงตัว (B.U) 50 50 30 40 40 และ 20 ตามลำดับ
- ปริมาณโปรตีนมีค่า 6.40 6.42 7.27 7.42 7.32 และ 5.82 ตามลำดับ

3. จากการศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น พันธุ์ข้าวเหนียวที่มีความพองตัวดีที่สุด (เฉลี่ย 4.20 เท่า) คือ พันธุ์เขี้ยวงู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

งามชื่น คงเสรี. 2531. **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสถาบันวิจัยข้าว.** การปรับปรุงคุณภาพขาวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 94-101 น.

ชาญ มงคล. 2536. **ข้าว.** ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ. 149 น.

ประพาส วีระแพทย์. 2526. **ความรู้เรื่องข้าว.** สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช, กรุงเทพฯ. 108 น.

วิลัศนา โพธิ์ศรี. 2540. **คุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจากแหล่งปลูกที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 34 น.

Brockington, S.F. and V.J. Kelly. 1972. **Rice breakfast cereal and infant foods.** In D.F. Houton. (ed.). Rice Chemistry and Technology, Am.Assoc.Cereal chemists, Inc.., st. Paul, Minn. 400 p.

Cagampang, G.B., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. **A Gel consistency test for eating quality of rice.** J. Sci. Food Agr. 24:1589-94.

Chinnaswamy, R. and K.R. Bhattacharya. 1983a. **Studies on expanded rice.** Physicochemical basis of varictal differences. J. Food Sci. 48:1600-1603.

Feldberg, C. 1969. **Extruded starch-based snacks.** Cereal Sci. Today. 4:211-215.

Goodman, D.E. and R.M. Rao. 1984. **Amylose content and puffed volume of Gelatinized rice.** J. Food Sci. 49:1204-1205.

Juliano, B.O. 1971. **A Simplified assay for milled-rice amylose.** Cereal Sci Today. 16:334-340.

Juliano, B.O. 1975. **The International Rice Institute Annual Report. Citied by D.E. Good and R.M. Rao.** 1984. Amylose Content and Puffed Volume of Gelatinized Rice. J. Food Sci. 49:1204-1205.

Juliano, B.O., L.U. Onate and A. Del Mondo. 1965. **The relation of starch composition, protien content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice.** Cited by D.E. Goodman and R.M. Rao. 1984. Amylose Content and Puffed Volume of Gelatinized Rice. J. Food Sci. 49:1204-1205.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. **Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice.** Cereal Chem. 35:111-126.

Matz , S.A. 1959. **The Chemistry and Technology of Cereal as Food and Feed.** The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 732 p.

Matz , S.A. 1970. **Cereal Teachnology.** The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 388 p.

Perez, C.M. **Gel consistency and viscosity of rice.** In Proceeding of the workshop. On chemical aspects of rice grain quality. pp.293-302 Los Banos; Int, Rice Res. Inst.

Roberts, R.L., A.L. Potter, E.B. Kester and K.K. Keneaster. 1954. **Effect of processing conditions on the expanded volume, color, and soluble starch of parboiled rice.** Cereal Chem. 31:121-129.

Thorner, M.E. 1970. **Deep Frying in Convenience and Fats Food Handbook.** The AVI Publishing Co.,Inc.,Westport, Connecticut. 358 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของข้าว

<u>วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี</u>

1. ปริมาณความชื้น การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นดัดแปลงมาจากวิธีของ AACC 32.1.03 (1995)

เครื่องมือ

1. ตู้อบ (Hot Air Oven)
2. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
3. ถาดอลูมิเนียมพร้อมฝา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งละเอียดประมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมที่แห้งสนิท (โดยนำภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2°C นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝาไว้

2. นำตัวอย่างแป้งที่ชั่งแล้วไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 130 $\pm$ 2°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอลูมิเนียมไว้

3. นำออกจากตู้ใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชั่งน้ำหนักแป้งที่เย็นแล้วพร้อมภาชนะอลูมิเนียมและฝา
5. นำไปอบต่ออีก 15-30 นาที จนน้ำหนักคงที่
6. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้งพร้อมภาชนะอลูมิเนียมและฝา แล้ว หักลบ น้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา จะได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งก่อนอบ (กรัม) - น้ำหนักแป้งหลังอบ (กรัม)}\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์โปรตีน ดัดแปลงจากวิธีของ A.A.C.C. Method 46-12 (1995)

เครื่องมือ

1. เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi B-426)
2. เครื่องกลั่นหาโปรตีน (Buchi B-316)
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. สายละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95-97 % (AR grade)
2. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (AR grade) ความเข้มข้น 0.1 N ที่ Standardize ด้วยสารละลามาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade) ความเข้มข้นร้อยละ 32 (W/V)
4. สารละลายกรดบอริก (AR grade)ความเข้มข้นร้อยละ 2 (W/V) โดยผสมอินดิเคเตอร์ในข้อ 6 ร้อยละ 0.2 ของปริมาณสารละลายกรดบอริก
5. สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs cu 3.5)
6. โมดิฟายด์เมธิลเรด เมธิลลีนบลูอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 0.75 กรัม และเมลธิลีนบลู 0.5 กรัม ในเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 300 มิลลิลิตร

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวประมาณ 1 กรัม ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน(ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในหลอดย่อย (ระวังอย่าให้แป้งเกาะอยู่ข้างหลอด) ใส่สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs Cu 3.5) 1 เม็ด antibumping beads ลวไป 2-3 เม็ด ตามด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มbลลิลิตร
2. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อย (Buchi B-426) ที่ต่ออยู่กับเครื่อง Scrubber (Buchi B-412) (เป็นเครื่องที่เปลี่ยนไอกรดจากเครื่องย่อย ให้เป็นไอที่มี pH เป็นกลาง ตั้ง heater ไว้ที่เบอร์ 9 ซึ่งมีอุณหภูมิในการย่อยคือ 380°C ย่อยต่ออีก 30 นาทีรวมเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง 30 นาที เอาออกจากเตาแล้วทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยที่เย็นแล้ว แล้วนำหลอดย่อยนั้นไปยึดติดกับชุดเครื่องกลั่น (Buchi B-316) หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ลงไปจนกระทั่งสารละลายในหลอดย่อยมีสีดำ ซึ่งจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 80 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รองรับที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ทำการกลั่นตัวอย่างเป็นเวลา 6 นาที หรือ จนกระทั่งได้สารละลายในขวดรองรับมีปริมาตรประมาณ 250 มิลลิลิตร
5. นำสารละลายในขวดรองรับมาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มอ่อน
6. ทำ blank โดยทำทุกอย่างเหมือนกันตามวิธีข้อ 1-5 ยกเว้นไม่ใช่ตัวอย่างแป้ง
7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(S-B)\times N \times 1.4007 \text{ g.}}{G}$$

S = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ไตรเตรทของตัวอย่างแป้ง

B = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ไตรเตรทของ blank

N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟูริก

G = น้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนของแป้งเป็นกรัม

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักเปียก) = ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) ×5.95

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีน(ร้อยละน้ำหนักเปียก)}\times 100}{(100 - \text{เปอร์เซนต์ความชื้นของแป้ง})}$$

หมายเหตุ ระหว่างที่เปลี่ยนตัวอย่างให้ล้างเครื่องกลั่นน้ำกลั่นด้วยการกลั่นน้ำกลั่นครั้งละ 2 นาที

3. การวิเคราะห์หาค่า Alkali digestibility ใช้วิธีของ Little , Hilder และ Dawson (1958)

อุปกรณ์

จานเลี้ยงเชื้อ(petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

สารเคมี

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.3 และ 1.7 W/V เตรียมจากโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์แบบเกล็ดบริสุทธิ์ 85% โดยสารละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดแล้วทิ้งให้เย็นแล้วปิดฝาระวังมิให้อากาศเข้า เมื่อเตรียมเสร็จแล้วทิ้งสารละลายนี้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. วางจานเลี้ยงเชื้อบนพื้นสีดำ เพื่อช่วยให้ประเมินค่าได้ง่ายและชัดเจน

2. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 27 มิลลิลิตร

3. สุ่มเม็ดข้าว 10 เมล็ด แล้วเรียงไว้ในจาน (สังเกตให้ข้าวจมอยู่ในสารละลาย)

4. ตั้งทิ้งไว้ 23 ชม. ในอุณหภูมิห้อง (ระวังการขยับเขยื้อนของเมล็ด)

5. ประเมินค่าของ Alkili digestibility ของเมล็ดข้าว โดยให้คะแนน 7 ระดับคะแนนดังเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนน	ลักษณะการสลายเมล็ด
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	ตัวมีแป้งกระจายโดยรอบและวงกว้าง
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ดโดยรอบ และวงกว้าง
5	เมล็ดแตกปริทางขวางที่กระจายออกโดยรอบและวงกว้าง
6	เมล็ดรวมกับแป้งที่กระจายออกมา รอบเมล็ดใส ตรงกลางยังขุ่น
7	เมล็ดสลายจนหมดและใส

4. การวิเคราะห์หาค่า gel consistency ใช้วิธีของ Cagampang, Perez และคณะ Juliano (1973)

วัสดุและเครื่องมือ

1. หลอดทดลองขนาด 13×100 มม. (pyrex No.9820)

2. ลูกแก้วใช้ปิดปากหลอดทดลอง

3. vortex mixer (*Thremolyne Maxi Mix II 37600*)

สารเคมี

1.สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 N (Potassium hydroxide (KOH) เตรียมโดยชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ร้อยละ 85 ปริมาณ 13.2 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวมทั้งหมด 1000 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

2. เติมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์ความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร เพื่อป้องกัน clumping ของแป้งเขย่าให้แป้งกระจายตัว

3. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 N ปริมาณ 2.00 มิลลิลิตร ทันทีปั่นของเหลวในหลอดนาน 2-3 วินาที ด้วย vortex mixer เพื่อให้แป้งกระจายตัวและลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต้มหลอดทดลองในน้ำเดือดพล่านทันที ปิดฝาหลอดทดลองด้วยลูกแก้วต้มนาน 8 นาที ให้น้ำแป้งในหลอดทดลองขึ้นสูงเพียง 2/3 ของหลอด

5. เมื่อครบ 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือดได้แป้งสุกเป็นสีน้ำเงิน แล้งตั้งหลอดทดลองทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

6. ทำให้แป้งคงตัวโดยแช่หลอดทดลองในน้ำผสมน้ำแข็งนาน 20 นาที

8. วางหลอดแป้งในแนวนอนบนกระดาษกราฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ข้อควรระวัง

1. น้ำจะต้องเดือดพล่าน หากเดือดไม่รุนแรงจะเกิดการนอนก้นของแป้ง
2. เมื่อนำหลอดทดลองที่มีน้ำแป้งอยู่ลงต้ม ต้องแน่ใจว่าแป้งไม่นอนก้นหลอด
3. ระดับน้ำของภาชนะที่ต้มน้ำให้เดือดต้องพอเหมาะ มิฉะนั้นแป้งจะเดือดล้นหลอดทดลอง

5. การวิเคราะห์ค่าการขยายตัวของปริมาตร (Volume expansion)

1. สุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ก่อนการทอด 10 ชิ้น ทำการวัดปริมาตร ด้วยวิธีการแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาดำ
2. สุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้ว 10 ชิ้น ทำการวัดปริมาตรด้วยวิธีการแทนที่ปริมาตรด้วยเมล็ดงาดำ
3. ทดลองทำ 3 ครั้งต่อ 1 ซ้ำ โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังทอดใหม่ทุกครั้ง คำนวณการขยายตัวของปริมาตรจาก

$$\text{ค่าการขยายตัวของปริมาตร (Volume expansion) (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรหลังทอด} \times 100}{\text{ปริมาตรก่อนทอด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

RANKING TEST

ชื่อ.....วันที่.....ผลิตภัณฑ์ ข้าวแต๋น

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และเรียงลำดับตัวอย่างจากลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว โดยพองตัวน้อยที่สุด = 1 และพองตัวมากที่สุด = 6

287.....	387.....
453.....	765.....
524.....	824.....

ให้เรียงลำดับความกรองพอง โดยกรอบพองน้อยที่สุด = 1 และกรอบพองมากที่สุด = 6

287.....	387.....
453.....	765.....
524.....	824.....

ให้เรียงลำดับความชอบรวม โดยชอบน้อยที่สุด = 1 และชอบมากที่สุด = 6

287.....	387.....
453.....	765.....
524.....	824.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ 1 Analysis of variance การสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับความเข้มข้น KOH 1.3%

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	5.8110	1.1620	697.333*
Error	12	0.0200	0.0016	
Total	17	5.8310		

ตารางผนวกที่ 2 Analysis of variance การสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับความเข้มข้น KOH 1.4%

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	3.9630	0.7930	14.41*
Error	12	0.6600	0.0550	
Total	17	4.6230		

ตารางผนวกที่ 3 Analysis of variance การสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับความเข้มข้น KOH 1.7%

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	8.3760	1.6750	27.6640*
Error	12	0.7270	0.06050	
Total	17	9.1030		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 Analysis of variance ค่าความคงตัวของแป้งสุก น้ำหนักแป้ง 100 mg.

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	2057.806	411.561	7.013*
Error	30	1760.500	58.683	
Total	35			

ตารางผนวกที่ 5 Analysis of variance ค่าความคงตัวของแป้งสุก น้ำหนักแป้ง 120 mg.

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	5856.556	1171.311	16.213*
Error	30	2167.333	72.244	
Total	35			

ตารางผนวกที่ 6 Analysis of variance ของการยอมรับการพองตัวของเมล็ดข้าวในผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	416.6	83.32	57.33*
Block	39	0	0	
Error	195	283.4	1.453	
Total	239	700		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 Analysis of variance ของการยอมรับความกรอบพองในผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	207.283	41.457	16.632*
Block	39	0.650	0.016	0.007^{ns}
Error	195	486.050	2.493	
Total	239			

ตารางผนวกที่ 8 Analysis of variance ของการยอมรับความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋น

SOV	Df	SS	MS	F
trt	5	174.000	34.800	12.901*
Block	39	0	0	
Error	195	526.000	2.697	
Total	239	700		

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้