19723

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง การศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชันในข้าวต้มมัดแช่แข็ง

(Study on Retrogradation Frozen of KhaoTom Mud)

T096552

โดย

นายกฤษณะ	วัชระเกียรติศักดิ์	รหัสประจำตัว	43040674
นางสาวจตุพร	สอนศรีนุสรณ์	รหัสประจำตัว	43040679
นายอนิรุธ	บุญมาเลิศ	รหัสประจำตัว	43040698

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

วพ.
ก281ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 93552
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชันของข้าวต้มมัดแช่แข็ง

(Study on Retrogradation Frozen Khao Tom Mud)

โดย

นายกฤษณะ	วัชระเกียรติศักดิ์	รหัสประจำตัว	43040674
นางสาวจตุพร	สอนศรีนุสรณ์	รหัสประจำตัว	43040679
นายอนิรุธ	บุญมาเลิศ	รหัสประจำตัว	43040698

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....27/มี.ค./47

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. พอใจ ถามากร)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายกฤษณะ วัชระเกียรติศักดิ์, นางสาวจตุพร สอนศรีนุสรณ์ และนายอนิรุธ บุญมาเลิศ. 2547 : การศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชันในข้าวต้มมัดแช่แข็ง (Study Retrogradation on Frozen of KhaoTom Mud) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.พอใจ ถามากร , 28 หน้า

การศึกษาถึงการเกิดรีโทรกราเดชันของข้าวต้มมัดแช่แข็งที่เก็บที่อุณหภูมิ 0 ° C , -10 ° C และ -20 ° C โดยทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีแบล็คเอ็กซ์ทรูชัน (Back Extrution) และทดสอบความแข็งและการยอมรับโดยรวมทางประสาทสัมผัส (Hedonic Scaling Test) ในวันที่ 3 , 6 , 15 , 22 และวันที่ 28 ของการแช่แข็ง จากการทดลอง วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีแบล็คเอ็กซ์ทรูชันพบว่า ในช่วง 6 วันแรกของการแช่แข็งเกิดรีโทรกราเดชันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นการเกิดรีโทรกราเดชันยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ในอัตราที่ต่ำกว่าในช่วงแรก โดยการแช่แข็งขณะร้อนและเย็นการเกิดรีโทรกราเดชันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การแช่แข็งข้าวต้มมัดที่ 0 ° C พบว่า เกิดรีโทรกราเดชันมากกว่าที่ -10° C และ -20° C สำหรับการแช่แข็งข้าวต้มมัดที่ -10° C และ -20° C เกิดรีโทรกราเดชันใกล้เคียงกันในช่วงระยะการแช่แข็ง 22 วัน แต่หลังจากการแช่แข็งมากกว่า 22 วัน ที่อุณหภูมิ -10° C มีแนวโน้มเกิดรีโทรกราเดชันสูงขึ้น ในขณะที่ข้าวต้มมัดที่เก็บที่อุณหภูมิ –20 ° C ยังมีการเกิดรีโทรกราเดชันที่คงที่ จากการทดสอบความแข็งและการยอมรับโดยรวมทางประสาทสัมผัส (Hedonic Scaling Test) พบว่า ข้าวต้มมัดที่เก็บที่อุณหภูมิต่างกันและมีอุณหภูมิเริ่มต้นต่างกันนั้นมีค่าคะแนนความแข็งและค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดช่วงเวลาการเก็บ 28 วัน

นายกฤษณะ วัชระเกียรติศักดิ์
นางสาวจตุพร สอนศรีนุสรณ์ 27/03/47
นาย อนิรุธ บุญมาเลิศ

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชันของข้าวต้มมัดแช่แข็งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ดร.พอใจ ถามากร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำ ให้คำปรึกษาและดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมา รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้า ที่ให้กำลังทรัพย์ทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและคอยเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

นายกฤษณะ วัชระเกียรติศักดิ์
นางสาวจตุพร สอนศรีนุสรณ์
นายอนิรุธ บุญมาเลิศ
16 มีนาคม พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 การเกิดรีโทรกราเดชัน	2
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดรีโทรกราเดชัน	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัตถุดิบและวิธีการทำข้าวต้มมัด	11
3.2 การทดลอง	11
บทที่ 4 ผลการทดลอง	13
4.1 ผลจากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี back extrusion	13
4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	15
บทที่ 5 สรุปผล	18
ข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	21
ภาคผนวก ก. การวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี back extrusion	22
ภาคผนวก ข. ค่าความแข็งและความชอบโดยรวม	24
ภาคผนวก ค. แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส	27
ประวัติผู้เขียน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าแรงสูงสุด (นิวตัน) ของข้าวต้มมัดที่เก็บ 0 °C, 10 °C และ -20 °C และอุณหภูมิเริ่มต้นการแช่แข็งขณะร้อนและเย็น	13
ตารางที่ ข.1 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 3 วัน	24
ตารางที่ ข.2 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 6 วัน	24
ตารางที่ ข.3 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 15 วัน	25
ตารางที่ ข.4 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 22 วัน	25
ตารางที่ ข.5 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 28 วัน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 กลไกการเกิดรีโทนกราเดชันของสตาร์ชข้าวพันธุ์ Akihikari	3
ภาพที่ 2.2 การรวมตัวของโมเลกุลอะไมโลเพกตินสายสั้น (A และ B1) ในสารละลายสตาร์ชเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานและหลังจากการอิ่มตัวระหว่างพันธะไฮโดรเจนของอะไมโลสและอะโลเพกติน	4
ภาพที่ 2.3 ลักษณะเกลียวของอะไมโลสในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชัน	5
ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงความแข็งของโครงสร้างแสดงค่าเป็นโมดูลัสเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	6
ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการเกิดผลึก	7
ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งของข้าวต้มมัดเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C, -10 °C และ -20 °C เป็นระยะเวลา 28 วัน โดยวิธี Back Extrusion	14
ภาพที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง	15
ภาพที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม	16
ภาพที่ ก.1 ตัวอย่างของการวัดความแข็งของข้าวต้มมัดด้วยเครื่อง texture analysis วิธี Back Extrusion	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตเกษตรโดยเฉพาะข้าวและข้าวเหนียวในปริมาณมาก การบริโภคทั้งในรูปของสดและการแปรรูปจึงควรมีการส่งเสริม การแปรรูปจะทำให้สามารถเพิ่มช่องทางในการจัดจำหน่ายสินค้าเกษตรนั้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บของผลผลิต การแปรรูปข้าวเหนียวเป็นข้าวต้มมัด เป็นของหวานไทยที่ได้รับความนิยมและมีรสชาติอร่อย นอกจากจะแปรรูปเพื่อรับประทานภายในประเทศแล้ว การส่งออกเพื่อให้ชาวต่างชาติได้มีโอกาสชิมอาหารของไทยจึงเป็นการช่วยเศรษฐกิจของประเทศด้วย การแช่แข็งนับเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาข้าวต้มมัดไม่ให้เสื่อมเสียระหว่างการขนส่ง

ผลิตภัณฑ์จำพวกแป้งจะเกิดรีโทรกราเดชันในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เนื้อสัมผัสแข็ง ไม่อ่อนนุ่ม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการควบคุมส่วนประกอบและสภาวะที่มีต่อการแช่แข็งข้าวต้มมัด เพื่อให้เกิดรีโทรกราเดชันน้อยที่สุด ผลิตภัณฑ์สามารถได้รับการยอมรับสูงหลังการคืนรูป (thawing) มีรสชาติและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ข้าวต้มมัดที่ผ่านการนึ่งใหม่ ๆ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการแช่แข็ง โดยศึกษาถึงผลของอุณหภูมิเริ่มต้นในการแช่แข็ง อุณหภูมิการแช่แข็งและระยะเวลาการแช่แข็งที่มีต่อการเกิดรีโทรกราเดชันและเนื้อสัมผัสของข้าวต้มมัดหลังจากการคืนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การเกิดรีโทรกราเดชัน

2.1.1 ความหมายการเกิดรีโทรกราเดชัน

ปัจจุบันการเกิดรีโทรกราเดชันได้รัยความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเกิดรีโทรกราเดชันมีบทบาทสำคัญในการเกิดความเก่า (Staling) ของขนมปัง ข้าวสุก และอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก การเกิดรีโทรกราเดชันของแป้งเป็นปรากฏการณ์ ที่ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิซึ่งจะนำไปสู่การเกิดผลึก (Crystallization) บางส่วนในองค์ประกอบของสตาร์ช

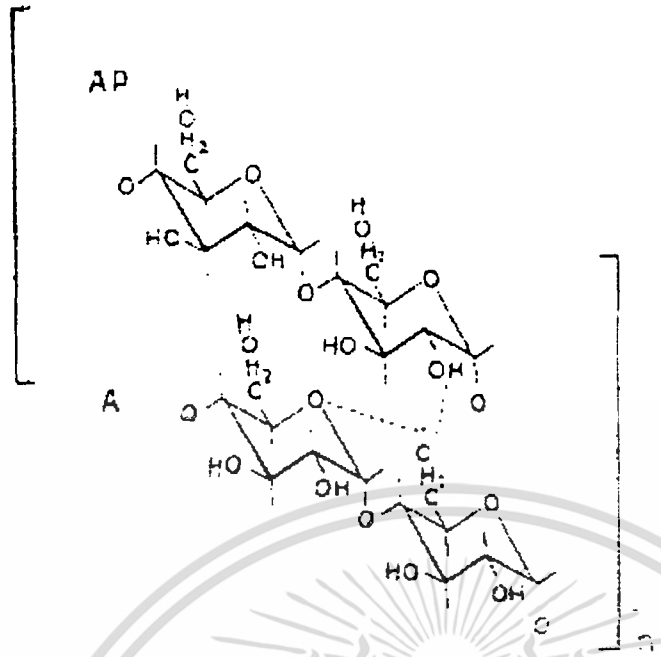
Atwell *et al.* (1988) ให้คำจำกัดความของการเกิดรีโทรกราเดชันว่า การเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลแป้งที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้ว มารวมกันในลักษณะโครงสร้างที่เป็นระเบียบซึ่งเป็นมาจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้นใหม่ในระหว่างโมเลกุล หรือภายในโมเลกุลเอง เกิดโครงสร้างเป็นเกลียวภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมีผลทำให้เกิดผลึก

2.1.2 กลไกการเกิดรีโทรกราเดชัน

กลไกการเกิดรีโทรกราเดชันเป็นกระบวนการเกิดผลึกของแป้งที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วเมื่ออุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลอะไมโลสและจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของโมเลกุลอะไมโลสในน้ำแป้งจากเดิมที่เป็นอสัณฐานไปเป็นผลึก หลังจากนั้นโมเลกุลของอะไมโลเพคตินจะจัดเรียงตัวเป็นเส้นตรงและจับกันเป็นผลึก การจับกันนี้มีผลทำให้น้ำที่เคยจับกันอยู่ก่อนตอนที่มีโครงสร้างร่างแหต้องถูกกำจัดออกไป ผลิตภัณฑ์พวกเจลจะมีการแยกน้ำ (Syneresis) ซึ่งสังเกตได้จากการที่มีน้ำซึมออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เจลมีความชื้นลดลง

การเกิดรีโทรกราเดชันเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการเกิดเจลาติไนเซชันเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้นการเกิแจลาติไนเซชันจึงมีความสำคัญต่อการเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง Tako and Hizukuri (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารละลายสตาร์ชข้าวพันธุ์ Akihikari ความเข้มข้นร้อยละ 4 ซึ่งเกิดเจลาติไนซ์เซชันแล้ว มาเก็บที่อุณหภูมิ 25°C และ 4O°C นาน 24 ชั่งโมง พบว่าการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินของสตาร์ชเปลี่ยนแปลงไป แสดงดังภาพที่ 2.1

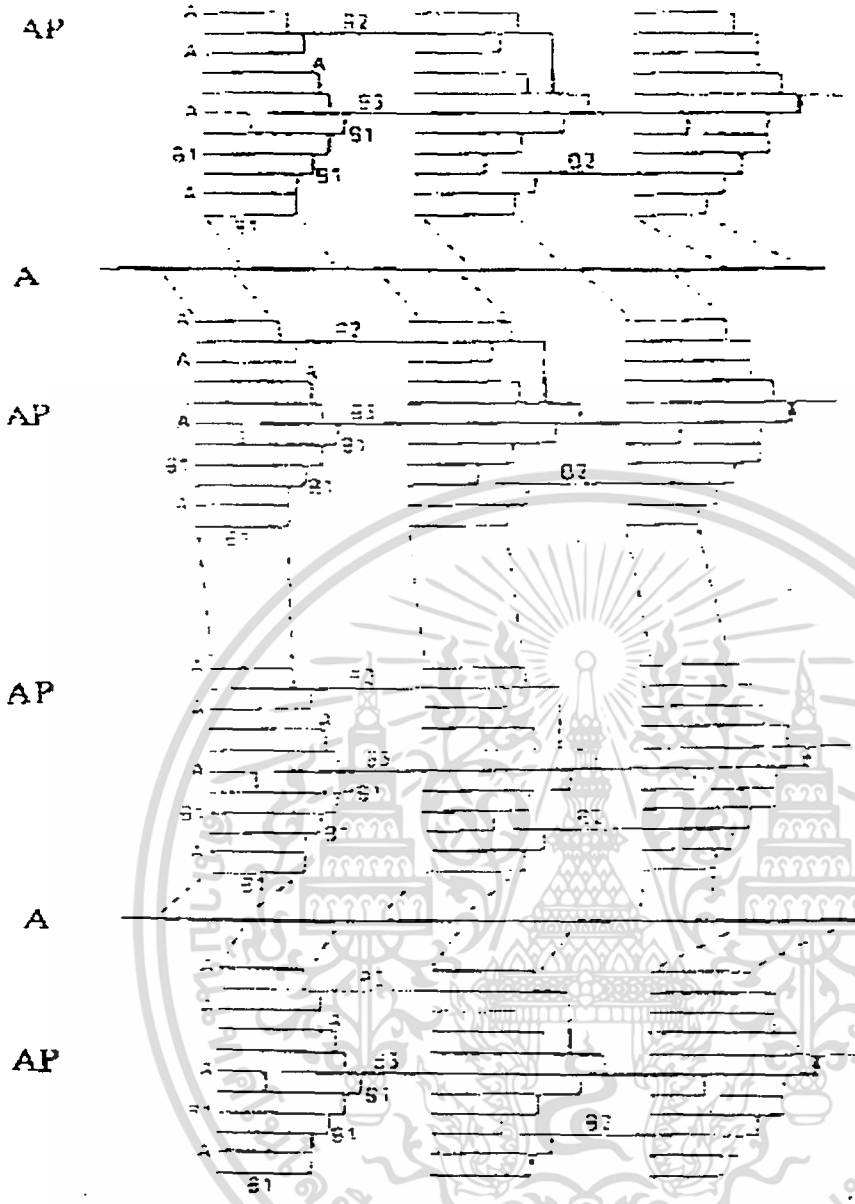
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 กลไกการเกิดรีโทรกราเดชันของสตาร์ชข้าวพันธุ์ Akihikari
ที่มา : Tako and Hizukuri (2000)

จากภาพที่ 2.1 การเกิดพันธะไฮโดรเจนในสารละลายสตาร์ชนอกจากจะเกิดระหว่างออกซิเจนอะตอมที่ 6 ของอะไมโลสอละหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งที่ 2 ของะไมโลเพคตินแล้วการเกิดพันธะไฮโดรเจนอาจอาจขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งที่ 2 ของอะไมโลสกับโมเลกุลอื่นหรืออาจเกิดกับออกซิเจนตำแหน่งที่ 6 ของอะไมโลเพคตินสายสั้น (A และ B1) เมื่อเก็บสารละลายสตาร์ชที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างธมเลกุลอะไมโลเพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน แสดงดังภาพที่ 2.2 พันธะไฮโดรเจนนี้เกิดขึ้นจากกรลดลงของ Brownian motin และพลังงานจลน์ของอะไมโลเพคตินและโมเลกุลของน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25^{o}C และ 4O^{o}C (Tako and Hizukuri. 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



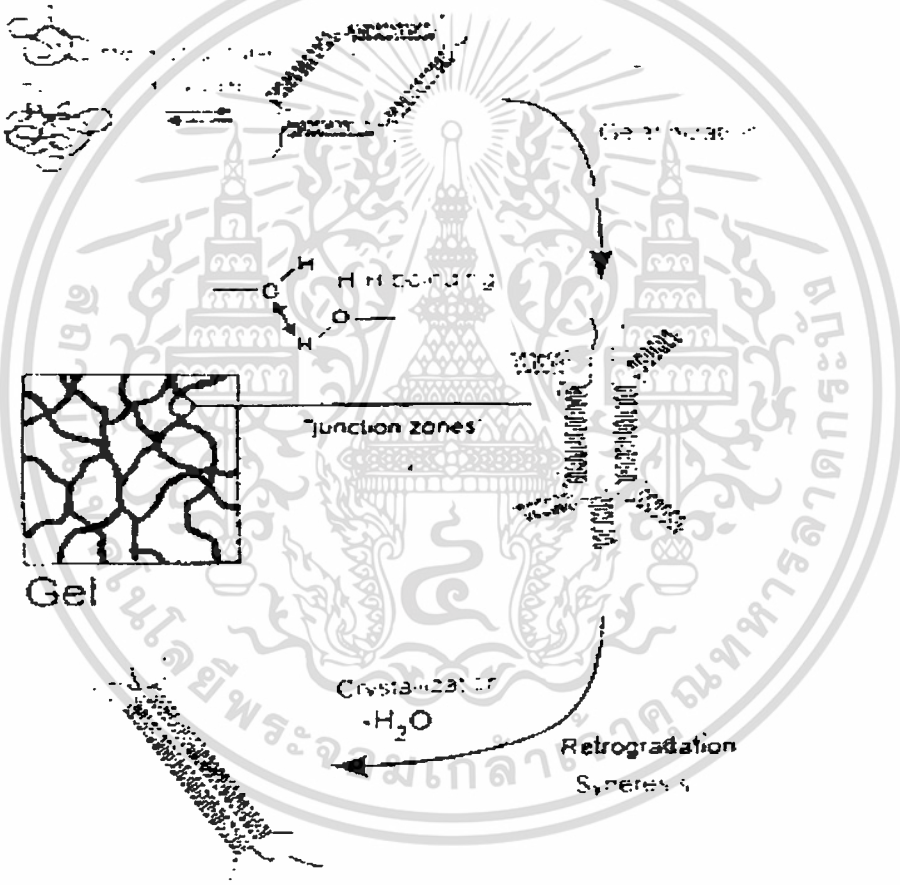
ภาพที่ 2.2 การรวมตัวของโมเลกุลอะไมโลเพคตินสายสั้น (A และ B1) ในสารละลายสตาร์ชเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานและหลังจากการอิ่มตัวระหว่างพันธะไฮโดรเจนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

ที่มา : Tako and Hizukuri (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Klucinnec and Thomson (1999) พบว่าในระหว่างการเกิรีโทรกราเดชันโมเลกุลของอะไมโลสจะฟอร์มตัวเป็นเกลียวคู่ (Double-helical) เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสประมาณ 40-70 หน่วย และโมเลกุลของอะไมโลเพคตินก็จะฟอร์มตัวเป็นเกลียวคู่เช่นเดียวกันแต่สั้นกว่า เนื่องข้อจำกัดของโครงสร้างที่มีกิ่งก้านสาขาจากนั้นเกลียวคู่ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวเป็นผลึก ลักษณะเกลียวของอะไมโลสในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชัน แสดงดังภาพที่ 2.3

นอกจากนี้การเกิดรีโทรกราเดชันยังมีผลทำให้ผลึกของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินการหักเหแสงเป็นแบบบี (B-pattern) เมื่อศึกษาด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ โดยที่ผลึกของอะไมโลเพคตินสามารถเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับได้เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ สูงกว่า 70°C



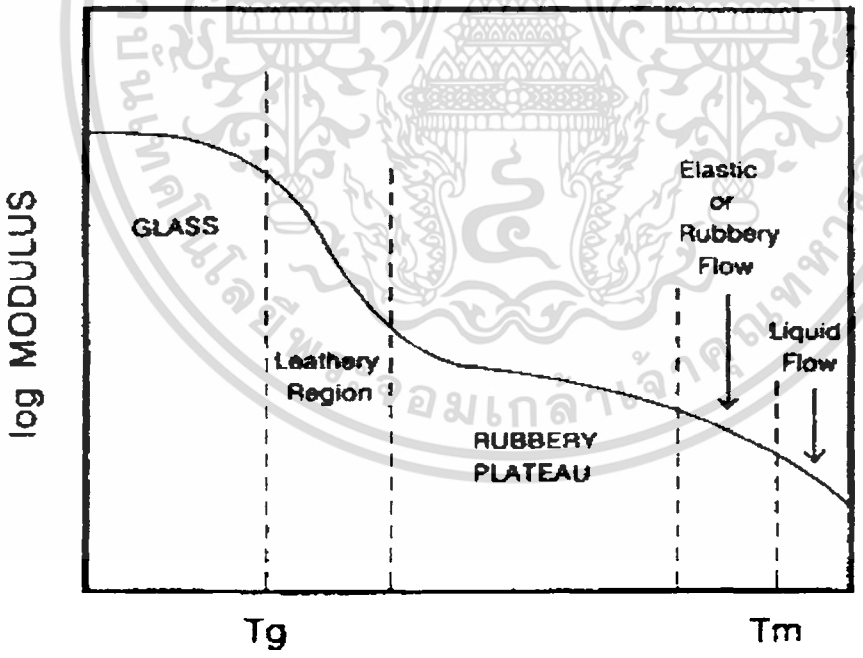
ภาพที่ 2.3 ลักษณะเกลียวของอะไมโลสในระหว่างการเกิดเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชัน
ที่มา : Borchard (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การเกิดผลึกระหว่างการเกิดการรีโทรกราเดชัน

การเกิดโพลีเมอร์หรือการเกิดรีโทรกราเดชันของสตาร์ชสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีกลไกการเกิดผลึก (Theory of crystallization kinetics) ของสสาร โดยที่ความแข็งแรงของโครงสร้างของสสารหรืออาหารจะแตกต่างกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของความแข็งของโครงสร้างโดยแสดงค่าเป็นโมดูลัส (Modulus) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิของอาหารต่ำกว่า T_g อาหารจะเปราะและแตกง่าย T_g เป็นอุณหภูมิเฉพาะของอาหารแต่ละชนิด ดังนั้นอาหารแต่ละชนิดจึงมี T_g ไม่เท่ากัน T_g เป็นอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของสารซึ่งเป็นของแข็งที่มีความหนืดสูงมากคล้ายแก้งหรือมีค่าโมดูลัสสูง เป็นสสารที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น (แสดงเป็นค่าโมดูลัสที่ลดต่ำลง) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอาหารให้สูงกว่า T_g สสารจะเป็นของแข็งที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้นแต่ยังไม่สามารถไหลได้เหมือนของเหลว มีลักษณะเหนียวคล้ายหนัง (Leathery) หรือเหนียวเป็นยาง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารจนสูงกว่า T_m สสารจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับของเหลว (Liquid-like) คือไหลได้และเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะ เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง (ค่าโมดูลัสลดต่ำลง) เพราะแรงยึดเกาะภายในของอาหารลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ จึงทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายเหมือนของเหลว

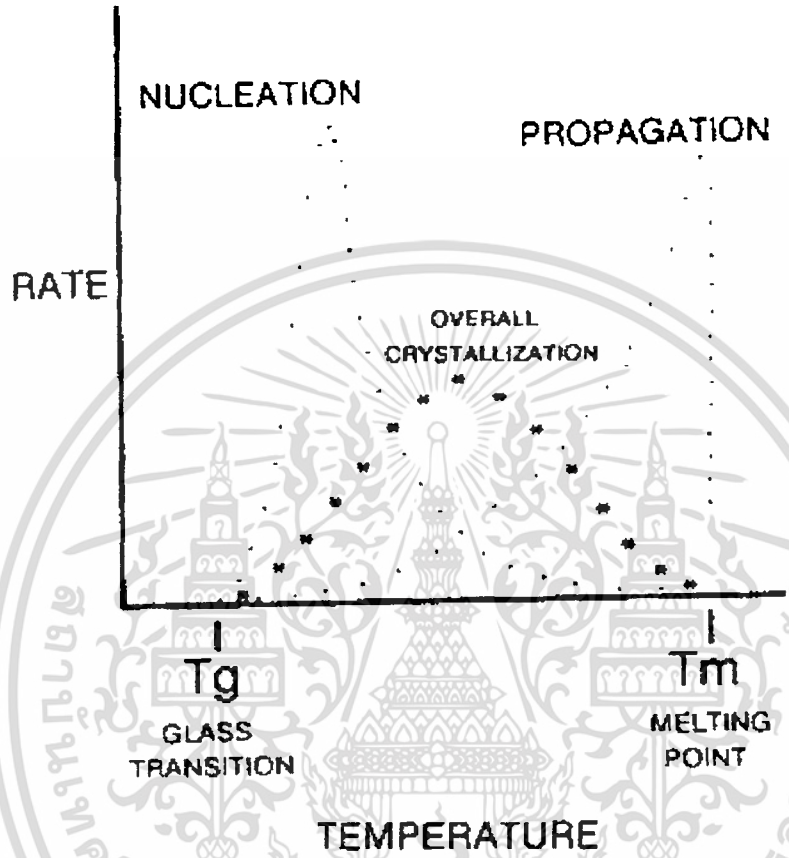


ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของโครงสร้างแสดงค่าเป็นโมดูลัสเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ที่มา : Slade and Levine (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดผลึกของสตาร์ชในระหว่างการเกิดรีโทรกราชัน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การเกิดนิวคลีเอชัน (Nucleation) หรือการเกิดอนุภาคใหม่ของผลึกและเติบโตขึ้นจนมีขนาดหนึ่ง และ 2) โพรพาเกชัน (Propagation) คือการจำนวนและการขนาดของผลึก ดังภาพที่ 2.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการเกิดผลึกของสตาร์ช



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการเกิดผลึก
ที่มา : Slade and Levine (1991)

อัตราการเกิดผลึกของสตาร์ชขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยผลึกจะขึ้นอยู่ในช่วงอุณหภูมิ $T_g<T<T_m$ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สตาร์ชมีสภาพเหนียวเป็นยาง ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในภาพที่ 2.6 ดังนั้น การเกิดผลึกของสตาร์ชจึงสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพเหนียวเป็นยางเท่านั้น และจากการทดลองพบว่า สารละลายอะไมโลเพคติน ที่มีปริมาณน้ำมากกว่าร้อยละ 27 สามารถเกิดผลึกได้ในช่วง T_g เท่ากับ –5OC และ T_m ประมาณ 60OC จากภาพที่ 2.5 การเกิดนิวคลีเอชันเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งทำให้สตาร์ชเคลื่อนตัวตลอดเวลาและฟอร์มตัวเป็นนิวคลีไอ (Nuclei) จำนวนการเกิดนิวคลีไอขึ้นอยู่กับอัตราการทำความเย็น นิวคลีไอเป็นอนุภาคที่เคลื่อนที่ได้เร็วมากจึงเรียกว่า หน่วยเคลื่อนที่ (Kinetic unit) ซึ่งแต่ละหน่วยอยู่ในตำแหน่ง เวลา ความเร็ว พลังงานและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นแตกต่างกันมาก เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอหน่วยเคลื่อนที่ 2 อนุภาค อาจมาเชื่อมต่อกันและอาจมีอนุภาคที่ 3 และอนุภาคอื่นๆ มาเชื่อมต่อกัน การรวมกันในลักษณะนี้เรียกว่า คลัสเตอร์ (Cluster) และเจริญเติบโตเป็นเอมบริโอ (Embryo) และนิวเคลียส (Nucleus) ถ้านิวเคลียสรับเอมบริโอและคลัสเตอร์เข้ามาเพิ่มขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นผลึก นิวคลีเอชันจะไม่เกิดขึ้นถ้า $T < T_g$ ซึ่งโมเลกุลของสตาร์ชส่วนใหญ่จะไม่เคลื่อนที่ในสภาวะของแข็งที่ $\eta = 10^{12}$ PaS อัตราการเกิดนิวคลีเอชันจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเกิดนิวคลีเอชันจะเป็นศูนย์เมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชเท่ากับ T_m และเมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชสูงกว่า T_g เล็กน้อยอัตราการเกิดนิวคลีเอชันจะสูงที่สุด

สำหรับการเกิดโพรพาเกชันจะเกิดขึ้นเมื่อสตาร์ชมีสถานะเป็นของเหลว ดดยอัตราการเกิดโพรพาเกชันเท่ากับศูนย์เมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชมีค่าเท่ากับ T_g เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเกิดโพรพาเกชันจะมีค่าสูงสุดเมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชต่ำกว่า T_m เล็กน้อย ดังนั้นจากภาพที่ 2.5 การเกิดผลึกของสตาร์ชในระหว่าง การเกิดโพรพาเกชัน ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดนิวคลีเอชันและโพรพาเกชันจะเกิดสูงสุดที่ช่วงอุณหภูมิตรงกลางระหว่าง T_g และ T_m และอัตราการเกิดผลึกจะเป็นศูนย์เมื่ออุณหภูมิของสตาร์ชเท่ากับ T_g และ T_m

2.1.4 ผลจากการเกิดรีโทรกราเดชันที่มีต่อเจลของแป้ง

การเกิดรีโทรกราเดชันเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปผลจากการเกิดรีโทรกราเดชันที่มีต่อเจลของแป้ง มีดังนี้

1.ทำให้เจลแป้งสลายตัวได้ยาก เมื่อสัมผัสกับกรดหรือเอนไซม์ เนื่องจากการเรียงตัวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้โครงสร้างแน่นและแข็งเพิ่มมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล

2.ทำให้เจลของแป้งขุ่น เนื่องจากเกิดผลึกมากมายและหลายขนาด โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง แป้งที่เกิดผลึกใหญ่กว่า 250 นาโนเมตร แสงจะสามารถผ่านไม่ได้ และสะท้อนออกมาออกมาเจลที่ได้จึงมีลักษณะขุ่นแต่ถ้าผลึกมีขนาดเล็กกว่า 250 นาโนเมตร แสงผ่านได้เจลที่ได้จะมีลักษณะใส

3.เจลของแป้งที่เกิดรีโทรกราเดชันจะไม่ทำปฏิกริยากับสารละลายไอโอดีนได้น้อย

4.ทำให้แป้งที่เกิดรีโทรกราเดชันละลายน้ำได้น้อยลง แต่ยังละลายได้ดีในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดรีโทรกราเดชัน

Wang และ Janc (1994) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกราสทรานซิชัน (glass transition temperature : T'_g) และการรีโทรกราเดชันของแป้งที่มีน้ำตาลและมอลโทเด็กซตรินซึ่งน้ำตาลประกอบด้วยกลูโคส ฟรุกโทส มอลโทสและซูโครสที่มีความเข้มข้น 6% และ 9 % โดยนำตัวอย่างไปวัดค่า T'_g ด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 2 °C และ -20 °C พบว่า การเกิดรีโทรกราเดชันของตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C น้อยกว่าที่ 2 °C ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิแช่แข็งต่ำกว่า T'_g ของตัวอย่าง (T'_g ของตัวอย่างอยู่ในช่วง -11.1°C ถึง -18.2°C) จะทำให้ตัวอย่างมีความเสถียรในการเก็บดีและเกิดการรีโทรกราเดชันน้อย และตัวอย่างแป้งที่มีฟรุกโทสเกิดรีโทรกราเดชันมากกว่ากลูโคส มอลโทสแงะซูโครสทั้งที่เก็บที่2 °C และ -20 °C โดยที่ 9 % ฟรุกโทสที่เก็บที่ -20 °C นาน 21 วัน ทำให้เกิดรีโทรกราเดชันมากที่สุด (57%) และถึงแม้ว่ามอลโทเด็กซตรินจะเพิ่มความเสถียรในการเก็บแต่ก็ยังพบว่าทำให้เกิดรีโทรกราเดชันในอาหารพวกแป้ง ฉะนั้นเมื่อวัดค่า T'_g ของตัวอย่างแล้วจะช่วยให้สามารถเลือกใช้อุณหภูมิแช่แข็งที่เหมาะสมและเกิดการรีโทรกราเดชันน้อยที่สุด

Leon และคณะ (1997) ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการแช่แข็งและอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่แข็งต่อการเกิดรีโทรกราเดชันของโดขนมปังที่ -18 °C โดยอบโดขนมปัง (dough) ที่ผ่านการแช่แข็งและโดที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง ทำการเก็บที่อุณหภูมิต่างกัน จากนั้นนำมาให้ความร้อนอีกครั้งโดยใช้เครื่องดิฟเฟอร์เรนเชียล สแกนนิง แคลลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter : DSC) เพื่อศึกษาว่าผลของการแช่แข็งและสภาวะการเก็บโดที่มีผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์เซชันและรีโทรกราเดชันของขนมปัง จากการศึกษาพบว่า โดที่เก็บไว้ที่ -18 °C หลังจากเก็บโดไว้ 50 วัน มีการเพิ่มขึ้นของค่าเอนทาลปีของการเกิดเจลาติไนซ์เซชัน (ΔH_g) และหลังจากเก็บโดไว้ 230 วัน พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของการหลอมละลายผลึก (T_0) ของแป้งที่เกิดรีโทรกราเดชันลดลง และช่วงของอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์เซชัน (ΔT_g) เพิ่มขึ้น จากการทดลองยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยารีโทรกราเดชันในแป้งเกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการแช่แข็ง

Silverio และคณะ (2000) ศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ของอะไมโลเพกติน (amylopectin) ในแป้งตัวอย่างแป้ง 10 ชนิดได้แก่ ธัญพืช 6 ชนิดคือข้าวสาลี, ข้าวไร, ข้าวบาร์เลย์ (ชนิดนอมอลอะไมโลส: normal — amylose, ไฮอะไมโลส: high — amylose และ แวกซี: waxy) มันฝรั่ง 3 ชนิดคือ ดีซีรี(Desiree), พรีเวเรน (Prevalent), ไฮอะไมโลเพกติน (high — amylopectin) และถั่ว 1 ชนิดคือ ซิงเกิลพี (single pea)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรวจวัดการเกิดรีโทรกราเดชัน ด้วยเครื่องดิฟเฟอร์เรนเชียวสแกนนิงแคลอริมิเตอร์(Differential Scanning Calorimeter: DSC) ในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 6°C ในวันแรก (24 ชม.) เพื่อเหมาะแก่การเกิดนิวคลีเอชัน (nucleation) วันที่ 2 เก็บไว้ที่ 30 หรือ 40°Cเพื่อเหมาะแก่การเกิดกระบวนการโพรพาเกชัน (propagation) และนำไปตรวจวัด ส่วนการเก็บตัวอย่างในวันที่ 3 และ 4 จะทำการเก็บเช่นเดียวกับ 2 วันแรก โดยทำซ้ำอีก 1 รอบ

วงจรอุณหภูมิ (temperature cycling) มีผลอย่างมากต่อการกลับมารวมตัวเป็นผลึกใหม่ (รีคริสตอลไลเซชัน: recrystallization) ของอะไมโลเพกติน ตัวอย่างที่ผ่านวงจรอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างแป้งชนิดเดียวกันซึ่งผ่านการเก็บที่ 6 °C 2 วันพบว่าพลังงานความร้อน (เอนทาลปี: enthalpy: ΔH) ในการหลอมละลาย recrystallized amylopectin ลดลง และอุณหภูมิที่อะไมโลเพกตินเกิดกระบวนการโพรพาเกชัน (propagation) มีผลกระทบอย่างมากต่ออุณหภูมิเริ่มต้นการหลอมละลาย (onset temperture: T_o)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19723

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและวิธีการทำข้าวต้มมัด

3.1.1 ส่วนผสมของข้าวต้มมัด

1.1.1 ข้าวเหนียวงู	800	กรัม
1.1.2 หัวกะทิจากมะพร้าวขูด	1	กิโลกรัม
1.1.3 น้ำตาลทราย	300	กรัม
1.1.4 เกลือ	20	กรัม
1.1.5 กล้วยน้ำว้า	1	หวี
1.1.6 ใบตอง		

3.1.2 วิธีทำข้าวต้มมัด

1.2.1 แช่ข้าวเหนียวทิ้งไว้ 3-4 ชั่วโมง เสร็จแล้วพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

1.2.2 ตั้งกระทะทองเหลือง นำกะทิ น้ำตาลทรายและเกลือมาคนให้เข้ากัน ใส่ข้าวเหนียวลงไปกวนต่อไปจนแห้ง ใช้ไฟค่อนข้างอ่อน

1.2.3 ฉีกใบตองกว้าง 5 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว ตัด 2 ชิ้น ให้ขนาดไล่เลี่ยกัน

1.2.4 วางข้าวเหนียวแล้วจึงใส่กล้วย เอาข้าวเหนียวทับอีกครั้ง แล้วห่อจีบหัวท้ายพับเข้าหากันนึ่ง 40 – 45 นาที

3.2 การทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส รุ่น TA-XT2i
- หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร พร้อมก้านต่อ
- กระบอกพลาสติก
- ฐานรอง
- ตุ้มน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม
- เครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3. 2.2 วิธีการทดลอง

ปัจจัยมี่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ

1. อุณหภูมิการเก็บที่ 0 °C ,-10 °C และ -20 °C
2. อุณหภูมิเริ่มต้นการแช่แข็งขณะร้อน(อุณหภูมิประมาณ 50 °C) และขณะเย็น (อุณหภูมิห้อง)

3.2.2.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวโดยใช้เครื่อง Texture analyser แบบ Back extrusion (BE) ของข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่แข็ง (0 °C ,-10 °C และ -20 °C) แต่ละตัวอย่าง ๆ ละ 2 ครั้ง ในวันที่ 3 , 6 , 15 , 22 และวันที่ 28 ของการแช่แข็ง โดยละลายน้ำแข็งของข้าวต้มมัดจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วจึงนำมาวัดในแต่ละตัวอย่างค่าแรงที่อ่านได้มีหน่วยเป็น “นิวตัน” นำค่าแรงสูงสุดที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าความแข็ง

3.2.2.2 การทดสอบประสาทสัมผัส

นำข้าวต้มมัดแช่แข็งมาละลายน้ำแข็ง (thaw) แล้วนำไปนึ่งนาน 15 นาที ทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง หั่นข้าวต้มมัดเป็นชิ้น ๆ นำไปให้ผู้ทดสอบ (tester) ทำการทดสอบใช้ผู้ทดสอบจำนวน 12 คนและให้ผู้ทดสอบประเมินคุณภาพทางด้านความแข็งและความชอบโดยรวม ทำการวิเคราะห์ในวันที่ 3 , 6 , 15 , 22 และวันที่ 28 ของการแช่แข็ง

ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS แบบ Factorialระดับ 3x2 และเปรียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี back extrusion

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงสูงสุด (นิวตัน) ของข้าวต้มมัดที่เก็บ 0 °C ,-10 °C และ -20 °C และอุณหภูมิเริ่มต้นการแช่แข็งขณะร้อนและเย็น

ระยะเวลาแช่แข็ง (วัน)	แรง(นิวตัน)					
	0 °C		-10 °C		-20 °C	
	ร้อน	เย็น	ร้อน	เย็น	ร้อน	เย็น
3	13.14	13.14	7.88	33.46	9.51	5.4
6	82.46	95.26	19.12	14.58	23.41	22.41
15	104.33	52.93	10.75	16.24	16.91	28.27
24	134.86	166.27	25.43	28.73	29.33	21.4
28	145.83	141.11	51.4	74.26	18.63	21.41

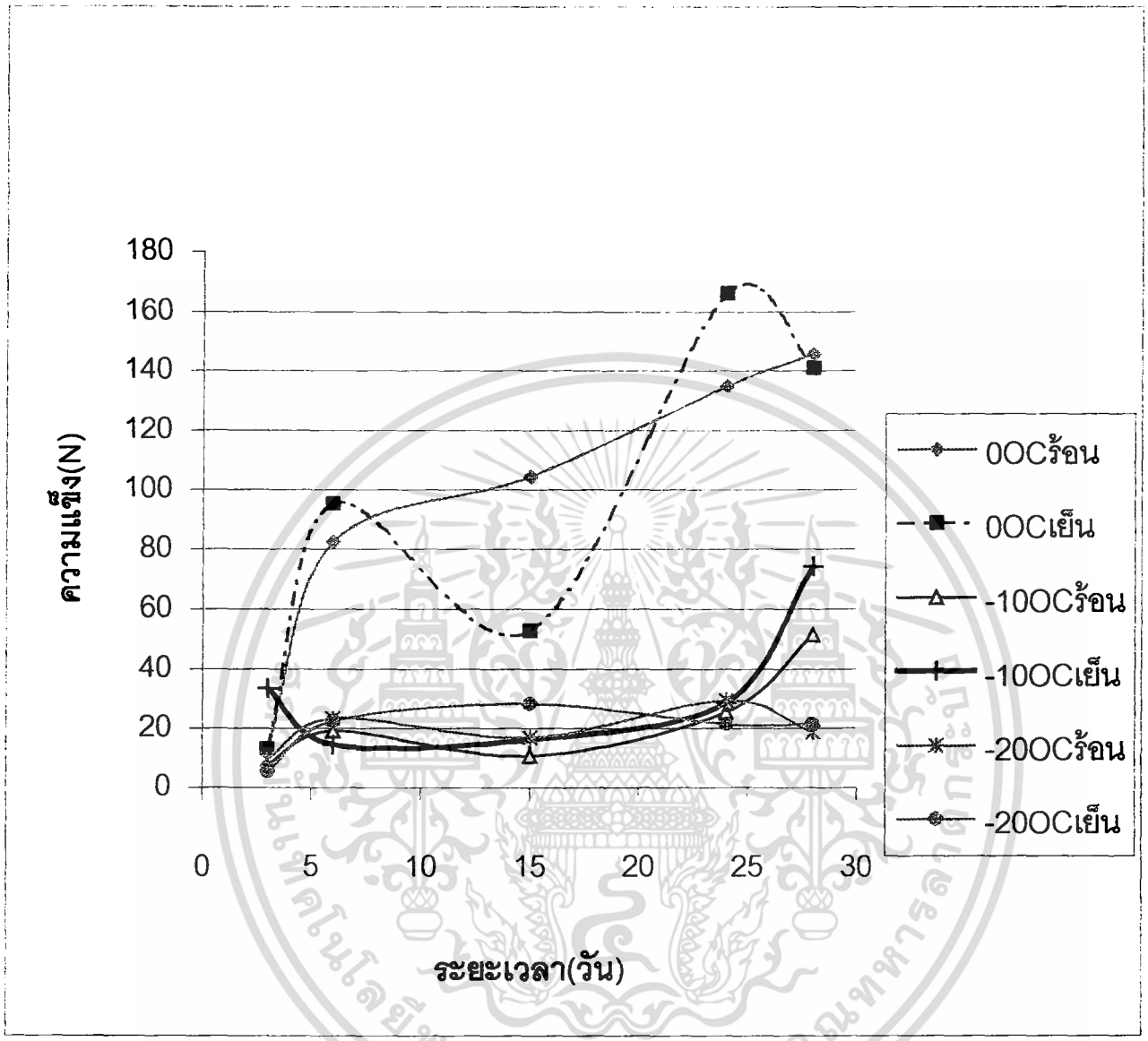
จากผลการทดลองพบว่า

เมื่อระยะเวลาการแช่แข็งเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ข้าวต้มมัดจะแข็งขึ้น แต่พบว่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นในช่วง 3 – 6 วันแรกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเห็นได้ชัดเจนในข้าวต้มมัดที่มีอุณหภูมิแช่แข็งที่ 0 °C

หลังจากแช่แข็ง 6 วัน ที่อุณหภูมิ -10 °C มีความแข็งเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มในอัตราที่ต่ำและค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 22 หลังจากนั้นความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ -20 °C มีความแข็งเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1

อย่างไรก็ตามพบว่าที่อุณหภูมิแช่แข็งเดียวกัน ไม่พบความแตกต่างของค่าความแข็งของข้าวต้มมัดที่เก็บที่อุณหภูมิเริ่มต้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

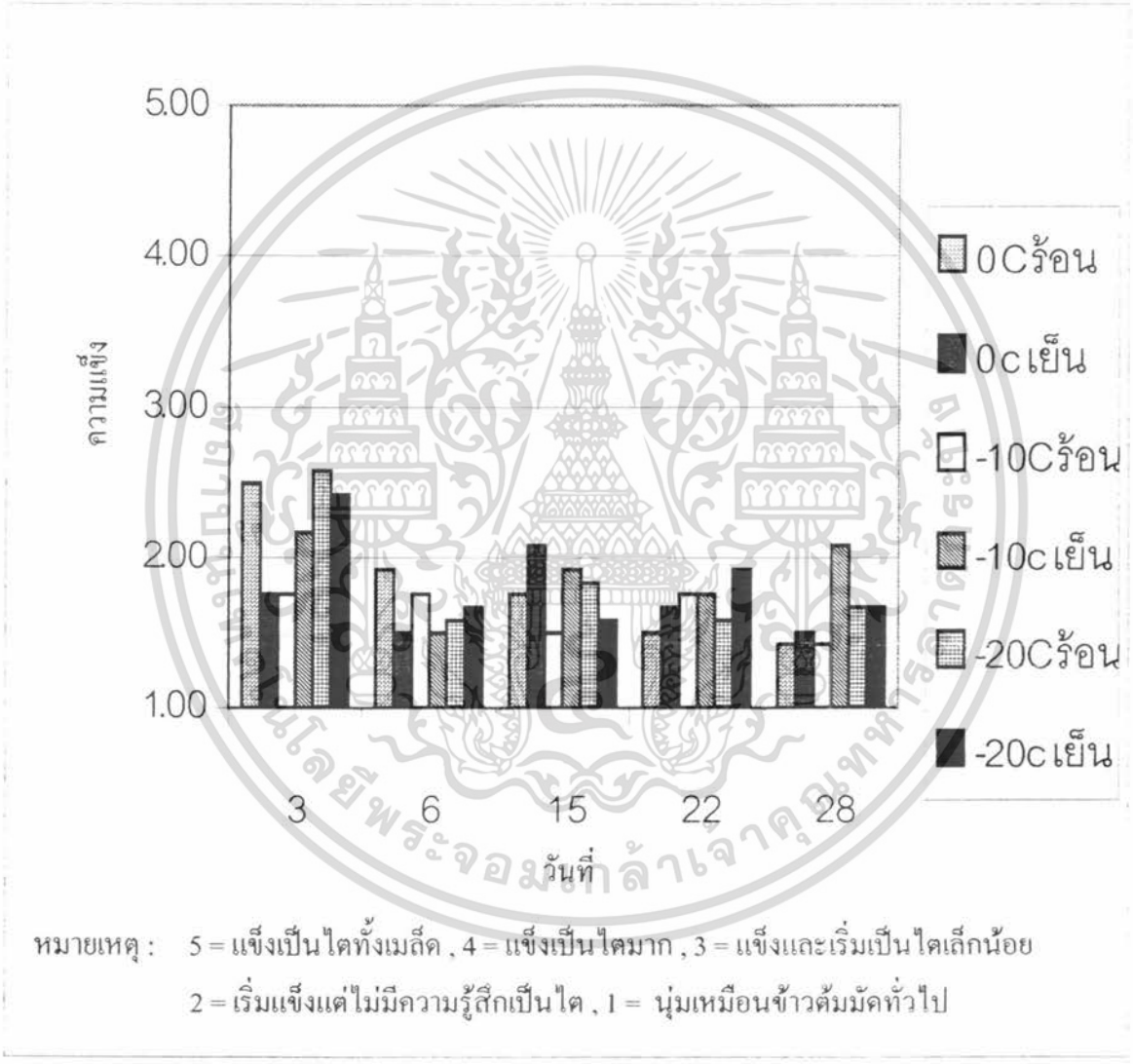


ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความแข็งของข้าวต้มมัดเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C ,-10 °C และ -20 °C เป็นระยะเวลา 28 วัน โดยวิธี Back Extrusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

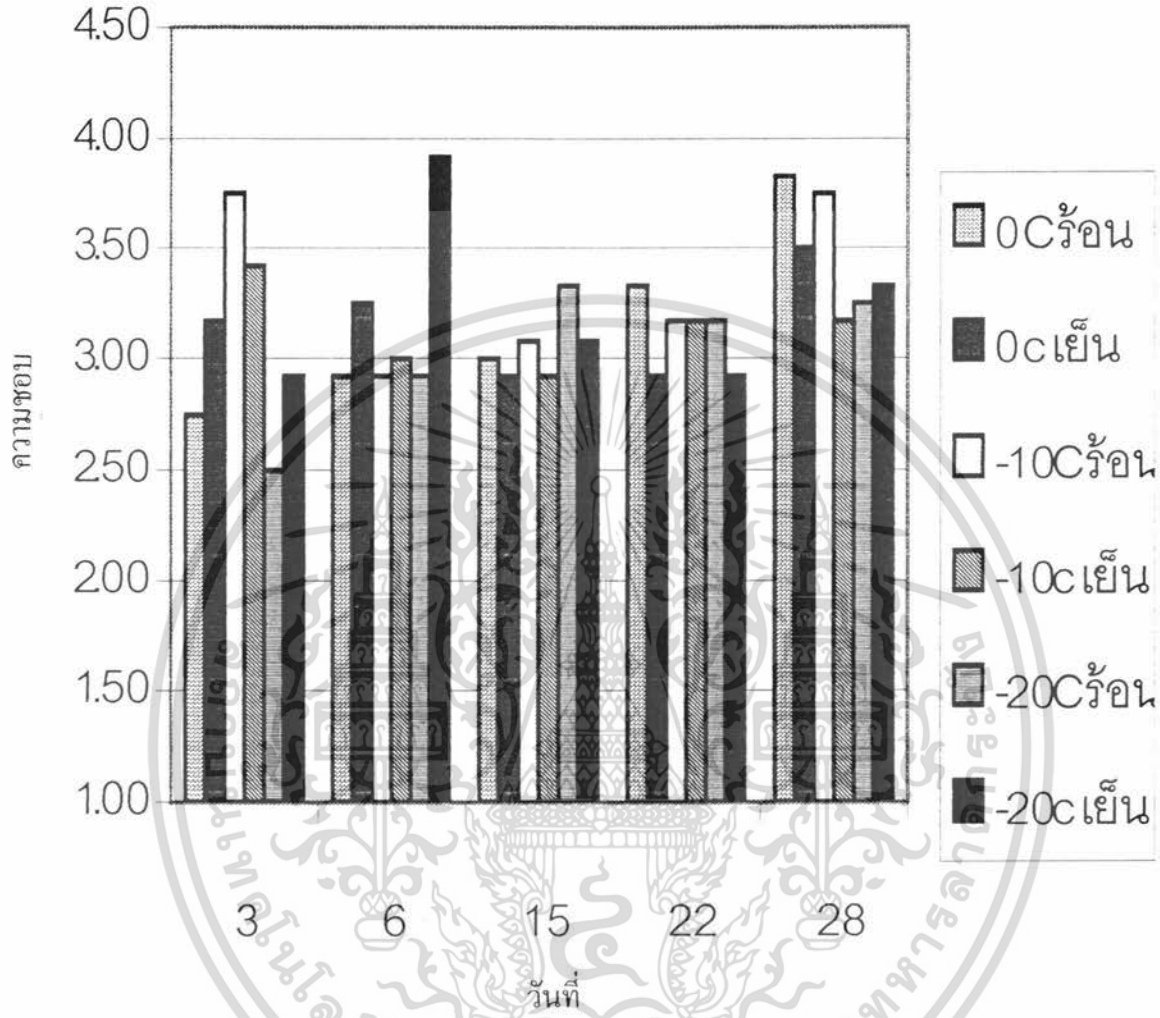
ข้าวต้มมัดที่เก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในระยะเวลาต่างกัน นำมาละลายนำแข็งและนำไปนึ่งเสริฟพร้อมกันให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบทางด้านความแข็งโดยใช้การทดสอบแบบ Scoring ให้คะแนน 5 ระดับ โดย 5 คือ แข็งเป็นไตทั้งเมล็ด และ 1 คือ นุ่มเหมือนข้าวต้มมัดทั่วไป และการยอมรับโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ Hedonicscalc 5 ระดับโดย 5 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด



หมายเหตุ : 5 = แข็งเป็นไตทั้งเมล็ด , 4 = แข็งเป็นไตมาก , 3 = แข็งและเริ่มเป็นไตเล็กน้อย
2 = เริ่มแข็งแต่ไม่มีความรู้สึกเป็นไต , 1 = นุ่มเหมือนข้าวต้มมัดทั่วไป

ภาพที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ: 5 = ชอบมากที่สุด , 4= ชอบมาก , 3= ชอบปานกลาง
2= ไม่ชอบมาก , 1=ไม่ชอบมากที่สุด

ภาพที่ 4. 3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง พบว่า

ค่าคะแนนความแข็งอยู่ในช่วง 1.5-2 แสดงว่า ผู้ทดสอบรู้สึกว่าข้าวต้มมัดเริ่มแข็งแต่ไม่มีความรู้สึกเป็นไต

ค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 3-4 แสดงว่า ผู้ทดสอบชอบปานกลางถึงชอบมากที่ทุกอุณหภูมิการเก็บและระยะการเก็บ

จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี back extrusion พบว่าข้าวต้มมัดมีความแข็งเพิ่มขึ้นซึ่งชี้ให้เห็นว่าเกิดรีโทรกราเดชันขึ้น แต่เมื่อนำไปให้ความร้อนอีกครั้ง (reheat) โดยนึ่งนาน 15 นาที พบว่าข้าวต้มมัดที่เกิดรีโทรกราเดชันจะมีเนื้อสัมผัสเหมือนข้าวต้มมัดทั่วไป อย่างที่ผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

93552

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการแช่แข็งไม่มีผลต่อการเกิดรีโทรกราเดชัน แต่อุณหภูมิในการแช่แข็งมีผลต่อการเกิดรีโทรกราเดชันคือ ที่อุณหภูมิ 0 ° C เกิดรีโทรกราเดชันมากที่สุด และที่ -10 ° C และ –20 ° C มีการเกิดรีโทรกราเดชันที่ใกล้เคียงกันแต่จะมีอัตราการเกิดที่น้อยกว่า 0 ° C ส่วนระยะเวลาการแช่แข็ง 6 วันแรกจะเกิดรีโทรกราเดชันอย่างรวดเร็วของทุกอุณหภูมิ และเมื่อเวลาในการแช่แข็งเพิ่มขึ้น ที่ 0 ° C เกิดรีโทรกราเดชันเพิ่มขึ้น ส่วนที่ -10 ° C และ –20 ° C การเกิดรีโทรกราเดชันค่อนข้างคงที่ หลังจากนำข้าวต้มมัดมาคืนรูปแล้วนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ข้าวต้มมัดที่ผ่านการนึ่งใหม่ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1.ถ้าต้องการเก็บข้าวต้มมัดในระยะไม่เกิน 28 วัน สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 0 ° C ได้ เพื่อประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย เนื่องจากเมื่อนำข้าวต้มมัดมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้วเนื้อสัมผัสไม่ต่างไปจากข้าวต้มมัดที่เก็บที่อุณหภูมิอื่น ๆ

2. ถ้าต้องการเก็บข้าวต้มมัดในระยะเวลานานกว่า 28 วัน ควรจะเก็บข้าวต้มมัดที่อุณหภูมิ -20° C เพราะอัตราการเกิดรีโทรกราเดชันยังคงที่และเกิดน้อย

3. ควรมีการศึกษาการแช่แข็งที่อุณหภูมิ –10 ° C เป็นระยะเวลานานกว่า 28 วัน เพื่อตรวจสอบการเกิดรีโทรกราเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Atwell, W.A., Hood, L.F., Lineback D.R., Varriano-Marston, E. and Zobel, H.F. 1988. The Terminology and methodology associated with basic starch phenomena. Cereal Food World. 33 : 306-311.

Borchard, W. 1996. Rheologische untersuchungen zum einfluβ von hydrokolloiden auf die Geffrier-tau-stabilitat von starkek leisterm. Starch/Starke. 48 : 52-57.

Klucinnec, J.D. and Thomson, D.B. 1999. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed high-amylose starch. Cereal Chem. 76(2) : 282-291.

Leon, A. E. 1997. Effect of freezing and frozen storage on the gelation retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimetry. Food Research International. 36 : 357-368.

Silverio, J. Et al. 2000. The effect of temperature cycling on the amylopectin retrogradation of starches with different amylopectin unit chain length distribution. Carbohydrate Polymer. 42 : 175-184.

Slade, L. and Levine, H. 1991. Beyond water activity : recent advavces based on and alternative approach to the assessment of food quality and safety. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 30 : 115-360

Tako, M. and Hizukuri, S. 2000. Retrogradation mechanism of rice starch.Cereal Chem. 77(4): 473-477.

Wang Y. J. and Jane J. 1994. Correlation between glass transition temperature and starch retrogradation in the presence of sugars and maltodextrin. Cereal Chem. 71(6) : 527-531.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

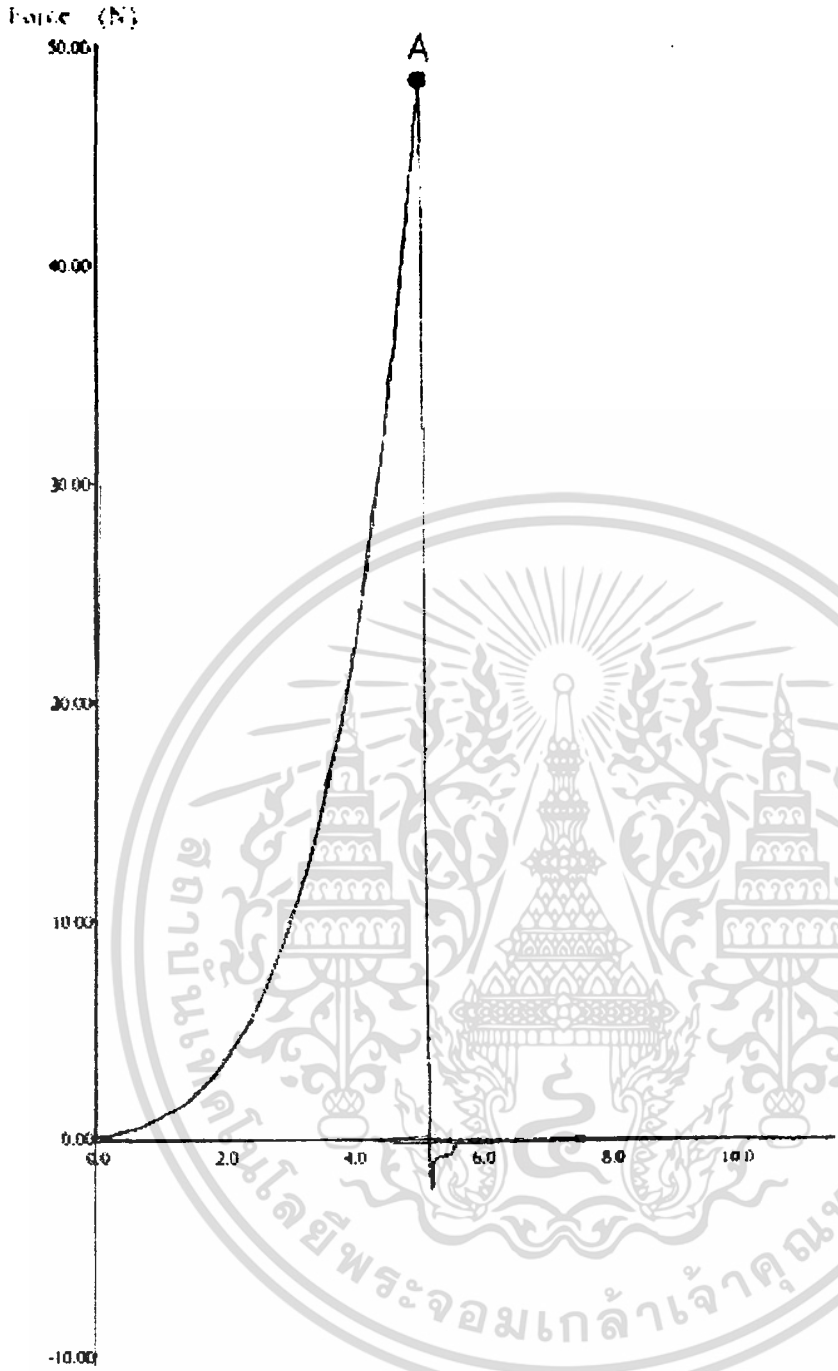
ภาคผนวก ก

การวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี back extrusion

วัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Back Extrusion (BE) เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวต้มมัดโดยใช้ Back Extrusion รุ่น TA-XT2i ขนาดรับน้ำหนัก 5 กิโลกรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้โปรแกรม Back Extrusion ทดสอบความแข็ง (Hardness)

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวต้มมัดแช่แข็งทำโดยนำข้าวต้มมัดที่ผ่านการแช่แข็งมาละลายน้ำแข็ง (thaw) ชั่งเฉพาะส่วนที่เป็นข้าวเหนียว 10-15 กรัม บรรจุตัวอย่างลงใน test cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร นำไปวัดด้วยวิธี Back Extrusion ที่มีหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ซึ่งต่อกับ load cell ของเครื่อง ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัสข้าวเหนียว (Pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะที่เคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวเหนียว (Test speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะที่เคลื่อนที่ขึ้นจากข้าวเหนียว (Post-test speed) 10.0 มิลลิเมตร/วินาที และระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวเหนียวเท่ากับร้อยละ 50 (50% strain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ ก.1 ตัวอย่างผลการวัดความแข็งของข้าวต้มมัดด้วยเครื่องวัด texture analysis วิธี back Extrusion

A คือ ค่าแรงสูงสุด (นิวตัน) ที่วัดจากข้าวต้มมัดหลังการคืนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 3 วัน

ผลิตภัณฑ์		ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
0 ° C	ร้อน	2.50 ± 0.90	2.75^{bc} ± 0.87
	เย็น	1.75 ± 0.87	3.17^{abc} ± 1.11
-10 ° C	ร้อน	1.75 ± 0.87	3.70^{a} ± 0.96
	เย็น	2.17 ± 1.03	3.42^{ab} ± 0.10
-20 ° C	ร้อน	2.58 ± 0.10	2.50^{c} ± 0.80
	เย็น	2.42 ± 0.67	2.92^{bc} ± 0.67

ตารางที่ ข.2 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 6 วัน

ผลิตภัณฑ์		ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
0 ° C	ร้อน	1.92 ± 0.80	2.92 ± 0.79
	เย็น	1.50 ± 0.67	3.25 ± 1.14
-10 ° C	ร้อน	1.75 ± 0.62	2.92 ± 0.79
	เย็น	1.50 ± 0.52	3.00 ± 0.95
-20 ° C	ร้อน	1.58 ± 0.79	2.92 ± 1.08
	เย็น	1.67 ± 0.65	3.42 ± 0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 15 วัน

ผลิตภัณฑ์		ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
0 ° C	ร้อน	1.75 ± 0.96	3.00 ± 0.85
	เย็น	2.08 ± 0.79	2.92 ± 0.67
-10 ° C	ร้อน	1.50 ± 0.52	3.08± 0.67
	เย็น	1.92 ± 0.90	2.92 ± 0.90
-20 ° C	ร้อน	1.83 ± 1.11	3.33 ± 1.15
	เย็น	1.58 ± 0.79	3.08 ± 0.90

ตารางที่ ข.4 ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 22 วัน

ผลิตภัณฑ์		ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
0 ° C	ร้อน	1.50 ± 0.67	3.33 ± 0.49
	เย็น	1.67 ± 0.65	2.92 ± 0.51
-10 ° C	ร้อน	1.75 ± 0.75	3.17± 1.11
	เย็น	1.75 ± 0.87	3.17 ± 0.72
-20 ° C	ร้อน	1.58 ± 0.10	3.17 ± 0.94
	เย็น	1.92 ± 1.16	2.92 ± 1.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางที่ ข.5</u> ค่าความแข็งและความชอบโดยรวมของข้าวต้มมัดที่ระยะการเก็บ 28 วัน

ผลิตภัณฑ์		ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
0 °C	ร้อน	1.42 ± 0.67	3.83 ± 0.94
	เย็น	1.50 ± 0.90	3.50 ± 0.67
-10 °C	ร้อน	1.42 ± 0.51	3.75 ± 0.62
	เย็น	2.08 ± 0.10	3.17 ± 0.94
-20 °C	ร้อน	1.67 ± 1.07	3.25 ± 0.96
	เย็น	1.67 ± 0.78	3.33 ± 0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

(Hedonic Scaling Test)

ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... วันที่ .....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ข้าวต้มมัดแซ่แข็ง

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์ข้าวต้มมัดแต่ละตัวอย่าง ใช้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โปรดให้เหตุผลในการอธิบายความรู้ของท่านด้วย การแสดงความรีสึกของท่านอย่างแท้จริงจะเป็นประโยชน์ต่อการทดลองเป็นอย่างมาก

กำหนดการให้คะแนน

5 = แข็งเป็นไตทั้งเมล็ด	5 = ชอบมากที่สุด
4 = แข็งเป็นไตมาก	4 = ชอบมาก
3 = แข็งและเริ่มเป็นไตเล็กน้อย	3 = ชอบปานกลาง
2 = เริ่มแข็งแต่ไม่มีความรู้สึกเป็นไต	2 = ไม่ชอบมาก
1 = นุ่มเหมือนข้าวต้มมัดทั่งไป	1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ระดับความชอบ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง					
	215	548	102	339	451	289
ความแข็ง	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....	.....	.....

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

1. นายกฤษณะ วัชระเกียรติศักดิ์ เกิดที่ จ. เพชรบุรี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพรหมมานุสรณ์ จ.เพชรบุรี ศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นางสาวจตุพร สอนศรีนุสรณ์ เกิดที่ จ. ลำพูน จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ ลำพูน ศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3..นายอนิรุธ บุญมาเลิศ เกิดที่กรุงเทพ ฯ จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบางกะปี กทม. ศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้