ภาวะกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าว

นายการันต์ วีระพัฒนานุวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0667-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS CONDITIONS AFFECTING PHYSICAL CHARACTERISTICS OF RICE SNACK

Mr. Karun Weraphatananuwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0667-9

431634

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ภาวะกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าว
โดย	นายการันต์ วีระพัฒนานุวงศ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

.....กรรมการ

(นายธีติ เลิศสัจญาณ)

การันต์ วีระพัฒนานุวงศ์ : ภาวะกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าว (PROCESS CONDITIONS AFFECTING PHYSICAL CHARACTERISTICS OF RICE SNACK) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุวิมล กีรติพิบูล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ , 134 หน้า. ISBN 974-13-0667-9

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ในขั้นตอนแรกได้ทดลองผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็น แท่งกลม สีน้ำตาลอ่อนและมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้น จากนั้นศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่ข้าวต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าวคือ 9 ชั่วโมง ซึ่งภาวะดังกล่าวผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาตรการพองตัวสูง โดยก้อนแป้งหลังผ่านการแช่เย็นที่ภาวะดังกล่าวมีค่าเอนทาลปี (ΔH) 6.75 cal/g เมื่อตรวจสอบด้วย DSC (Differential Scanning Calorimetry) ต่อมาศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งแป้งต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าภาวะที่เหมาะสมคือการนึ่งจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งเป็น 90 องศาเซลเซียส 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรการพองตัวสูง และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมสูง โดยก้อนแป้งหลังผ่านการนึ่งที่ภาวะดังกล่าวพบว่ามีลักษณะพื้นผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีผลึกของเม็ดแป้งหลงเหลืออยู่อีกเมื่อตรวจด้วย SEM (Scanning Electron Microscope) และไม่พบ peak ของเอนทาลปี (ΔH) เมื่อตรวจสอบด้วย DSC ต่อมาศึกษาผลของระยะเวลาในการนวดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าภาวะที่เหมาะสมคือใช้เวลาในการนวด 6 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาตรการพองตัวค่อนข้างสูงและได้รับคะแนนด้านความกรอบและการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยก้อนแป้งหลังผ่านการนวดที่ภาวะดังกล่าว พบว่ามีโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมากกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอภายในก้อนแป้งเมื่อตรวจสอบด้วย SEM จากนั้นหาภาวะที่ทำให้ก้อนแป้งหลังการแช่เย็นมีความคงตัวที่เหมาะสมเพื่อสะดวกในการตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้ง ซึ่งพบว่าภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิในการแช่เย็น 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ ปริมาตรการพองตัวสูง โดยภาวะดังกล่าวมีค่าเอนทาลปี (ΔH) 6.65 cal/g สุดท้ายศึกษาผลของขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าขนาดอนุภาคที่เหมาะสมคือ 50-60 mesh ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ ปริมาตรการพองตัวสูง ได้รับการยอมรับด้านความกรอบที่ดี โดยก้อนแป้งหลังผ่านการนวดที่เตรียมจากขนาดอนุภาคดังกล่าวมีผิวเรียบเนียนสม่ำเสมอ และมีโพรงอากาศขนาดเล็กอยู่ทั่วไป โดยไม่พบส่วนของผลึกแป้งในตัวอย่างเมื่อตรวจด้วย SEM

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4072209923 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: GLUTINOUS RICE / RICE SNACK / AMYLOPECTIN / PROCESSING

KARUN WERAPHATANANUWONG : PROCESS CONDITIONS AFFECTING PHYSICAL CHARACTERISTICS OF RICE SNACK. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUWIMON KEERATIPIBUL, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASSIST.PROF. KITTIPHONG HUANGRAK, Ph.D. 134 pp. ISBN 974-13-0667-9

The optimum conditions for production of rice snack using Thai cultivars of milled rice glutinous rice (RD 6) were studied. For the production of rice snack in laboratory scale, the snack obtained had light brown colour, rod shape and good puffing property. The soaking time of milled glutinous rice affecting physical characteristics of rice snack were investigated. The results showed that the optimum condition for soaking was 9 hours. Under this condition, the product had low bulk density and high volume expansion. Rice starch gels after chilling possessed enthalpy (ΔH) of 6.75 cal/g when detected by DSC (Differential Scanning Calorimetry). The steaming temperature and time were varied. It was found that core temperature of rice starch gels at 90 °C for 10 min was the optimum condition. According to sensory evaluation, it was found that the product had high volume expansion with high score of total acceptability. Rice starch gels had smooth surface, no starch granule retained when detected by SEM (Scanning Electron Microscope), and no endothermal peak was detected by DSC. Then, the kneading time were varied. It was found that kneading time at 6 min was the optimum condition. The product was acceptable for crispiness and total acceptability with high volume expansion. Rice starch gels after kneading (mochi) had a plenty of small air bubble dispersed consistently when detected by SEM. To increase the hardening property of starch gels after chilling, temperature and time of aging were studied. The optimum condition for hardening of starch gel was 5 °C for 2 days, the snack had low bulk density, high volume expansion and enthalpy of 6.65 cal/g. The Effect of particle size of glutinous rice flour on physical properties of the snack were studied, the suitable particle size was 50-60 mesh, the product obtain had low bulk density, high volume expansion with the highest score of crispiness. The Mochi had smooth surface, small air bubble dispersed consistently, no starch granule when detected by SEM .

Department	Food Technology	Student' s signature.....
Field of study	Food Technology	Advisor' s signature.....
Academic year	2000	Co-Advisor' s signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาของการปฏิบัติงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในด้านวิชาการตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบพระคุณคุณ ฐิติ เลิศสัจญาณ ผู้จัดการโรงงาน บริษัท SMTC ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำรวมทั้งข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคุณ ดวงพร สามัตถิยะ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ในงานวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณพนักงานฝ่ายประกันคุณภาพ รวมทั้งฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท SMTC ที่ช่วยเหลือให้ข้อมูลด้านต่าง ๆ ในงานวิจัยอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท SMTC ที่กรุณาเอื้อเฟื้อวัตถุดิบ และทุนอุดหนุนการวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ปริญญาโทและปริญญาตรีเป็นอย่างสูง ที่ให้กำลังใจตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่
1. บทนำ.....1
2. วารสารปริทัศน์..... 4
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย..... 23
4. ผลการทดลอง..... 32
5. วิจารณ์ผลการทดลอง..... .81
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....98
รายการอ้างอิง..... 100
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก..... 107
ภาคผนวก ข.....122
ภาคผนวก ค.....124
ภาคผนวก ง.....126
ภาคผนวก จ.....127
ภาคผนวก ฉ.....132
ประวัติผู้เขียน.....134

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวในปี พ.ศ. 2541 4
2.2 การจำแนกลักษณะข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส.....13
2.3 การแบ่งประเภทแป้งสุกตามระยะทางการไหลของแป้ง 14
2.4 การประมาณอุณหภูมิแป้งสุกตามวิธี alkaline digestibility test 16
4.1 องค์ประกอบทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 33
4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรเวลาในการแช่ข้าวต่างกัน 38
4.3 DSC Characteristics ของแป้งที่ได้จากชิ้นขนมหลังผ่านการแช่เย็นโดยใช้เวลาในการแช่ข้าวต่าง ๆ กัน 40
4.4 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลานึ่งต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ 41
4.5 ความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง.....44
4.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลาในการนึ่ง.....45
4.7 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับรวมเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง.....46
4.8 DSC Characteristics ของแป้งหลังผ่านการนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลาต่างกัน 52
4.9 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรเวลาในการนวดแป้งต่างกัน.....56
4.10 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้งต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์.....64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้ง 68
4.12 DSC Characteristics ของแป้งที่ได้จากชิ้นขนมหลังผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน 70
4.13 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียว.....75
จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาแช่ข้าวต่างกัน.....127
จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์จากเวลาแช่ข้าวต่างกัน.....127
จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งนึ่งที่มีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 20 และ 30 นาที.....128
จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งนึ่งที่มีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 20 และ 30 นาที.....128
จ.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาในการนวดต่างกัน.....129
จ.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาในการนวดต่างกัน.....129
จ.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งแช่เย็นที่มีอุณหภูมิ 10 5 0 และ -5 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1 2 และ 3 วัน.....130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 5 0 และ –5 องศาเซลเซียสที่เวลา 1 2 และ 3 วัน.....130

จ.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งขนาดอนุภาคต่างกัน.....131

จ.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งขนาดอนุภาคต่างกัน.....131

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว 9
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 13
2.3 ระยะในการเกิด gelatinization ของเม็ดแป้ง 15
2.4 แผนภูมิความหนืดของแป้งข้าว 17
2.5 การเกิด retrogradation ของโมเลกุลแป้ง 19
3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวในห้องปฏิบัติการ 26
4.1 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวโดยใช้กระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการ.....32
4.2 amylogram ของแป้งข้าวเหนียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 34
4.3 ผลของเวลาในการแช่ข้าวต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ 35
4.4 ผลของเวลาในการแช่ข้าวต่อปริมาตรการพองตัวของผลิตภัณฑ์.....36
4.5 ผลของเวลาในการแช่ข้าวต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ 37
4.6 DSC thermograms ของแป้งที่ได้จากชิ้นขนมหลังผ่านการแช่เย็นโดยใช้เวลาในการแช่ข้าวต่างกัน.....39
4.7 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลาในการนึ่งต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์.....42
4.8 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลาในการนึ่งต่อปริมาตรการพองตัวของผลิตภัณฑ์.....43
4.9 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้งและเวลาในการนึ่งต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์.....44
4.10 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 70 ^{o}C เวลา 10 นาที 47
4.11 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 70 ^{o}C เวลา 20 นาที 47
4.12 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 70 ^{o}C เวลา 30 นาที 47
4.13 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 80 ^{o}C เวลา 10 นาที 48
4.14 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 80 ^{o}C เวลา 20 นาที 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 80 ^{o}C เวลา 30 นาที.....48
4.16 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 90 ^{o}C เวลา 10 นาที 49
4.17 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 90 ^{o}C เวลา 20 นาที 49
4.18 ลักษณะโครงสร้างภายในของแป้งนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง 90 ^{o}C เวลา 30 นาที 49
4.19 DSC thermograms ของแป้งหลังผ่านการนึ่งที่อุณหภูมิจุดกึ่งกลางก้อนแป้ง และเวลาต่างกัน.....51
4.20 ผลของเวลาในการนวดต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ 53
4.21 ผลของเวลาในการนวดต่อปริมาตรการพองตัวของผลิตภัณฑ์ 54
4.22 ผลของเวลาในการนวดต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ 55
4.23 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ไม่ผ่านการนวด (X200เท่า) 57
4.24 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ไม่ผ่านการนวด (X2000เท่า) 57
4.25 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 2 นาที (X200เท่า) 58
4.26 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 2 นาที (X2000เท่า) 58
4.27 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 4 นาที (X200เท่า) 59
4.28 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 4 นาที (X2000เท่า) 59
4.29 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 6 นาที (X200เท่า) 60
4.30 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 6 นาที (X2000เท่า) 60
4.31 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 8 นาที (X200เท่า) 61
4.32 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 8 นาที (X2000เท่า) 61
4.33 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 10 นาที (X200เท่า) 62
4.34 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่ผ่านการนวด 10 นาที (X2000เท่า) 62
4.35 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้งต่อความหนาแน่น ของผลิตภัณฑ์..... 65
4.36 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้งต่อปริมาตรการพองตัว ของผลิตภัณฑ์.....66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.37 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่เย็นแป้งต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์.....67
4.38 DSC thermograms ของแป้งที่ผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....69
4.39 ผลของขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ 72
4.40 ผลของขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวต่อปริมาตรการพองตัวของผลิตภัณฑ์ 73
4.41 ผลของขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเหนียวต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ 74
4.42 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 20-30 mesh (x 100 เท่า) 76
4.43 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 20-30 mesh (x 2000 เท่า) 76
4.44 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 30-40 mesh (x 100 เท่า) 77
4.45 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 30-40 mesh (x 2000 เท่า) 77
4.46 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 40-50 mesh (x 100 เท่า) 78
4.47 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 40-50 mesh (x 2000 เท่า) 78
4.48 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 50-60 mesh (x 100 เท่า) 79
4.49 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้ง (โมจิ) ที่เตรียมขึ้นจากอนุภาคแป้ง 50-60 mesh (x 2000 เท่า) 79
ก.1 แผนภูมิความหนืดของแป้งข้าว.....119
ก.2 กราฟแสดงลักษณะของ Endothermic peak เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC 121
ข.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2) และหัววัด cylinder probe (P2) 123

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ฉ.1 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการนวด (X200 เท่า).....132
ฉ.2 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการนวด (X2000 เท่า)...132
ฉ.3 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลังผ่านการนวด (X200 เท่า).....133
ฉ.4 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลังผ่านการนวด (X2000 เท่า)...133