

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวกลั๊อง

นายนนท์ เจริญสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1530-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 1 7 2 3 1 6 4 2 3

PRODUCT DEVELOPMENT OF BROWN WAXY RICE SNACK

Mr. Nont Reansuwan

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 2001

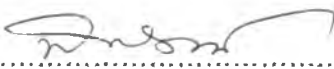
ISBN 974-03-1530-5

**441588**

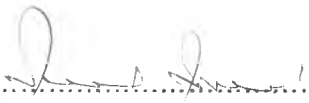
หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวกลั๊อง  
โดย    นายนนท์ เจริญสุวรรณ  
สาขาวิชา                                    เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษา                          ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กীরติพิบูล  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม                      ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์


---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชณน์ การเที่ยง) รักษาการแทนคณบดีคณะวิทยาศา-  
ศาสตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กীরติพิบูล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

  
..... กรรมการ  
(นายจิติ เลิศส์จัญณ)

นนท์ เจริญสุวรรณ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวกลิ้ง (Product Development of Brown Waxy Rice Snack) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุวิมล กิริติพิบูล,  
อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ , 96 หน้า. ISBN 974-03-1530-5

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากาเวาระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวกลิ้ง วัตถุประสงค์ที่ใช้คือข้าวเหนียวกลิ้งพันธุ์ กข 6 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.18 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณไขมันทั้งหมดร้อยละ 3.08 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 78.1 โดยน้ำหนักแห้ง Dietary fiber ร้อยละ 2.68 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 2.17 โดยน้ำหนักแห้ง ศึกษาผลของเวลาการนึ่ง 10 20 และ 30 นาที และความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างร้อยละ 23 26 และ 30 โดยน้ำหนักเปียก พบว่าค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) และมีความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างและเวลาในการนวด ( $p \leq 0.05$ ) และพบว่าเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างเพิ่มขึ้น ความหนาแน่น และปริมาตรพองตัวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ค่าความแข็งจะมีแนวโน้มลดลง การทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างร้อยละ 26 โดยน้ำหนักเปียก และเวลานวด 10 และ 20 นาที ให้ค่าความกรอบและความชอบรวมสูงสุด ( $p \leq 0.05$ ) ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียก ให้ค่าการยอมรับในความกรอบ การละลายในปาก ความหนายของเนื้อผลิตภัณฑ์ และความชอบรวมที่ต่ำที่สุดในทุกเวลานวด ( $p \leq 0.05$ ) จากนั้นใช้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการย่างร้อยละ 26 โดยน้ำหนักเปียก ในการศึกษาผลของเวลาการนึ่งแป้งข้าวที่ 10 20 และ 30 นาที เวลานวด 0 10 20 นาที และเวลาการแช่เย็นแป้งข้าวสุก 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดแป้งข้าวและเวลาการแช่เย็นแป้งข้าวสุก ( $p \leq 0.05$ ) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าความแข็งและปริมาตรพองตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในทุกการทดลอง แต่ค่า ความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกการทดลอง ( $p=0.432$ ) ผลิตภัณฑ์ที่นึ่ง 10 นาที นวด 10 20 นาทีและแช่เย็น 48 ชั่วโมงให้ค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่ำสุด การทดสอบทางประสาทสัมผัสค่าความหนายของเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p=0.765$ ) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเวลานึ่ง 10 นาที นวด 0 10 และ 20 นาทีและแช่เย็น 48 ชั่วโมง จะให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีค่าการยอมรับในความกรอบและความชอบรวมสูงสุด ( $p \leq 0.05$ ) นำเวลาการนึ่งและแช่เย็นที่ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีค่าความชอบรวมสูงสุดใช้ในการทำการศึกษาผลของเวลาการนึ่ง 5 และ 10 นาที เวลานวด 0 5 10 20 30 40 50 60 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเวลานึ่ง 10 นาที และเวลานวด 10 นาทีจะให้ ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่ำสุดและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเวลานึ่ง 10 นาที และเวลานวด 10 หรือ 20 นาที ให้ค่าการยอมรับด้านความกรอบและความชอบรวมสูงสุด แต่ในทุกการทดลองค่าการละลายในปากและค่าความหนายของเนื้อขนมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวกลิ้งในระดับห้องปฏิบัติการคือ เวลาการนึ่งแป้ง 10 นาที เวลานวดแป้งสุก 10 นาที เวลาแช่เย็น 48 ชั่วโมง ความชื้นก่อนย่างร้อยละ 26 โดยน้ำหนักเปียก

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต นนนท์ เจริญสุวรรณ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. สุวิมล กิริติพิบูล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ. ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

# # 4172316423 : MARJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: BROWN WAXY RICE / RICE SNACK / RICE BRAN / AMYLOPECTIN

NONT REANSUWAN : PRODUCT DEVELOPMENT OF BROWN WAXY RICE SNACK.

THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUWIMON KEERATIPIBUL, Ph.D.

THESIS COADVISOR : ASSIST. PROF. KITTIPHONG HUANGRAK, Ph.D. 96 pp.

ISBN 974-03-1530-5

The purpose of this research is to study the optimal production process for developing the Brown Waxy Rice Snack. Raw material used in this research was Waxy Rice (RD 6). Three steaming times of 10, 20, and 30 minutes with the pre-grill moisture content of 23, 26, and 30 % (wet basis) were studied. The results of sensory evaluation indicated that the hardness of the final products had effect on the total acceptance of products significantly ( $p < 0.05$ ) in every experiment. The results also suggested that bulk density and expansion volume positively correlated with pre-grill moisture contents ( $p < 0.05$ ). On the other hand, the hardness of products tended to behave in the opposite direction. From sensory evaluation, the products with 26 % moisture content (wet basis) when kneaded for 10, 20 minutes, gave the highest score of crispiness and total acceptance ( $p < 0.05$ ), but the products with 30 % moisture content (wet basis) gained the lowest score of crispiness and total acceptance ( $p < 0.05$ ). Then products with 26 % moisture content (wet basis) were used to further study the effect of processing on the total acceptance by varying steaming time (0, 10, and 30 min), kneading time (0, 10, and 20 min) and Mochi aging time (48 and 72 hours). The results showed that there were considerable interactions among steaming, kneading, and Mochi aging times ( $p < 0.05$ ) and there were effect on both hardness and expansion volume of the products in every experiment ( $p < 0.05$ ). However, there were no effect on bulk density in all experiments ( $p = 0.432$ ). The products with the conditions of steaming time 10 minutes, kneading time 10, 20 minutes and aging time of 48 hours obtained the lowest score of final products hardness. In addition, the sensory evaluation showed that the conditions used had no effect on roughness of the products ( $p = 0.765$ ). The products, which were steamed for 10 min., kneaded for 0, 10 minutes, and aged for 48 hours, gained the highest score for crispiness and total acceptance ( $p < 0.05$ ). By maintaining aging time as 48 hours, steaming time and kneading time were varied as 5, 10 minutes and 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes respectively. The results indicated that steaming time of 10 minutes and kneading time of 10 minutes gave the highest score of total acceptance, while the hardness of the products got the lowest score. It can be concluded that the optimal process for producing Brown Waxy Rice Snack in the laboratory scale are: steaming time of 10 minutes, kneading time of 10 minutes, and Mochi aging time of 48 hours with the pre-grill moisture content of 26 %

Department Food Technology

Field of study Food Technology

Academic year 2001

Student's signature *Nont Reansuwan* .....

Advisor's signature *Suwimon Keeratipibul* .....

Co- Advisor's signature *Kittiphong Huangrak* .....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กิรติพิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาของการปฏิบัติงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ น่วงรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัย รวมทั้งให้ความแนะนำต่าง ๆ ตลอดเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาใช้เวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือทางวิชาการตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณ สุทธิ เลิศสัจญาณ ผู้จัดการโรงงาน บริษัท SMTC จำกัด ที่กรุณาใช้เวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำรวมทั้งข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณ ดวงพร สามัตถิยะ ที่กรุณาใช้เวลาอันมีค่าเพื่อช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ในงานวิจัย ตลอดจนให้ข้อมูลที่มีคุณค่ายิ่ง

ขอขอบพระคุณพนักงานฝ่ายประกันคุณภาพ รวมทั้งฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท SMTC จำกัด ที่ให้การต้อนรับอย่างอบอุ่นและช่วยเหลือให้ข้อมูลด้านต่าง ๆ ในงานวิจัยอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท SMTC ที่กรุณาเชื้อเพื่อวัตถุประสงค์ สดงานที่และทุนอุดหนุนการวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ปริญญาโทและปริญญาตรีเป็นอย่างสูง ที่ให้กำลังใจตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	24
4. ผลการทดลอง.....	29
5. วิจัยกรณีผลการทดลอง.....	65
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	74
รายการอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	79
ภาคผนวก ข.....	87
ภาคผนวก ค.....	89
ภาคผนวก ง.....	91
ภาคผนวก จ.....	92
ภาคผนวก ฉ.....	95
ประวัติผู้เขียน.....	96

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว.....	5
2.2 การจำแนกโดยใช้ปริมาณอะไมโลส.....	9
2.3 การเปลี่ยนแปลงค่า $\Delta H$ ในระหว่างกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียว.....	18
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวกลัองพันธุ์ กข 6.....	29
4.2 ผลของปริมาณความชื้นและเวลานวดต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์.....	30
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรเวลานวดและปริมาณความชื้นก่อนย่าง.....	34
4.4 ผลของเวลานึ่ง นวดและแช่เย็นต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์.....	35
4.5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อแปรเวลาเวลานึ่ง นวด และแช่เย็น.....	42
4.6 ผลของเวลานึ่ง และนวดต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์.....	53
4.7 ผลของเวลานึ่ง และนวดต่อคุณภาพประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์.....	54
๑.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัวและความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลานวดและความชื้นก่อนย่างที่ต่างกัน.....	92
๑.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ การละลายในปาก ความหนียวของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลานวด และความชื้นก่อนย่างที่ต่างกัน.....	92
๑.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลานึ่ง นวดและเวลาแช่เย็นที่ต่างกัน.....	93
๑.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ การละลายในปาก ความหนียวของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาเวลานึ่ง นวดและเวลาแช่เย็นที่ต่างกัน.....	93
๑.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลา นึ่ง และนวดที่ต่างกัน.....	94
๑.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ การละลายในปาก ความหนียวของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาเวลานึ่ง และนวดที่ต่างกัน.....	94



## สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่	หน้า
2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว.....	4
2.2 โครงสร้างโมเลกุลอะไมโลส.....	6
2.3 โครงสร้างโมเลกุลอะไมโลเพคติน.....	6
2.4 แบบจำลองโครงสร้างเม็ดแป้ง.....	7
2.5 การเปลี่ยนแปลงเม็ดแป้งระหว่างหุงต้ม.....	10
2.6 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าว.....	11
2.7 ระยะเวลาต่าง ๆ ในการเกิดเจลลิตีในเซชันของเม็ดแป้ง.....	12
2.8 ตัวอย่างกราฟ thermogram จากเครื่อง DSC.....	13
2.9 แสดงกระบวนการเกิดการคืนตัวของแป้งสุก.....	14
2.10 การจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์.....	15
2.11 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าว.....	16
2.12 กราฟจากเครื่อง DSC ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเหนียวหนึ่งที่อุณหภูมิหนึ่งต่าง ๆ.....	18
2.13 กราฟจากเครื่อง DSC ของแป้งข้าวเหนียวสุกคืนตัวที่เวลาแช่เย็นต่าง ๆ.....	19
2.14 กราฟจากเครื่อง DSC ของแป้งข้าวเหนียวสุกคืนตัวที่อุณหภูมิหนึ่ง และเวลาแช่เย็นต่าง ๆ.....	19
2.15 DSC thermograms ของแป้งที่ผ่านเวลาและอุณหภูมิหนึ่งต่าง ๆ.....	20
2.16 โครงสร้างภายในก้อนแป้งที่ผ่านเวลานวด 8 นาที.....	21
2.17 โครงสร้างภายในก้อนแป้งที่ผ่านเวลานวด 10 นาที.....	22
2.18 DSC thermograms ของแป้งที่ผ่านเวลาและอุณหภูมิแช่เย็นต่าง ๆ.....	23
3.1 ขั้นตอนการผลิตขนมขบเคี้ยวในห้องปฏิบัติการ.....	26
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นก่อนย่างและเวลาในการนวดต่อความหนาแน่น.....	31
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นก่อนย่างและเวลาในการนวดต่อปริมาตรการพองตัว.....	32
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นก่อนย่างและเวลาในการนวดต่อความแข็งของ ผลิตภัณฑ์.....	35
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 48 ชั่วโมง.....	36

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 72 ชั่วโมง.....	37
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อปริมาตรภาพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 48 ชั่วโมง.....	38
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 72 ชั่วโมง.....	39
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 48 ชั่วโมง.....	40
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลานึ่ง นวดต่อความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาแช่เย็น 72 ชั่วโมง.....	41
4.10 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 0 นาที (X100).....	44
4.11 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 10 นาที (X100).....	44
4.12 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 20 นาที (X100).....	45
4.13 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 0 นาที (X100).....	45
4.14 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 10 นาที (X100).....	45
4.15 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 20 นาที (X100).....	46
4.16 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 30 นาที นวด 0 นาที (X100).....	46
4.17 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 30 นาที นวด 10 นาที (X100).....	46
4.18 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 30 นาที นวด 20 นาที (X100).....	47
4.19 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 0 นาที (X2000).....	47
4.20 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 10 นาที (X2000).....	48
4.21 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 10 นาที นวด 20 นาที (X2000).....	48
4.22 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 0 นาที (X2000).....	49
4.23 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 10 นาที (X2000).....	49
4.24 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 20 นาที นวด 20 นาที (X2000).....	50
4.25 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 30 นาที นวด 0 นาที (X2000).....	50
4.26 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งสุก นึ่ง 30 นาที นวด 10 นาที (X2000).....	51

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.27 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 30 นาที นวด 20 นาที (X2000).....	51
4.28 อธิพิพลร่วมระหว่างเวลานึ่งและเวลานวดต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์.....	53
4.29 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 0 นาที .....	56
4.30 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 5 นาที.....	56
4.31 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 10 นาที.....	57
4.32 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 20 นาที.....	57
4.33 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 30 นาที.....	58
4.34 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 40 นาที.....	58
4.35 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 50 นาที.....	59
4.36 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 5 นาที นวด 60 นาที.....	59
4.37 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 0 นาที.....	60
4.38 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 5 นาที.....	60
4.39 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 10 นาที.....	61
4.40 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 20 นาที.....	61
4.41 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 30 นาที.....	62
4.42 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 40 นาที.....	62
4.43 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 50 นาที.....	63
4.44 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแข็งสูง นึ่ง 10 นาที นวด 60 นาที.....	63
ก.1 กราฟแสดงลักษณะของ Endothermic peak เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC.....	86
ข.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส.....	88
ฉ.1 กราฟแสดงลักษณะของ Endothermic peak ของตัวอย่างแป้งข้าวเหนียวกลัอง.....	95