

สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ทำแห้งโดยวิธีการต่างกันและการนำไปใช้  
ในผลิตภัณฑ์อาหาร



นางสาวณัฐโสภิติน ทองประไพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2551  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RICE FLOUR FROM PADDY DRIED BY DIFFERENT  
DRYING METHODS AND ITS USE IN FOOD PRODUCTS

Ms. Nutthasopin Thongprapai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

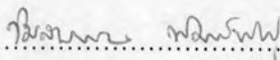
Copyright of Chulalongkorn University

510635

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ทำแห้ง  
โดยวิธีการต่างกันและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร  
โดย นางสาวณัฐโสภิต ทองประไพ  
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ

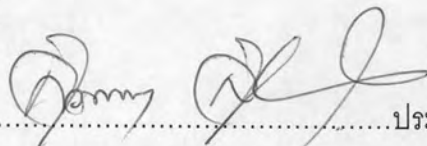
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

รองคณบดีฝ่ายบริหารรักษาการแทน

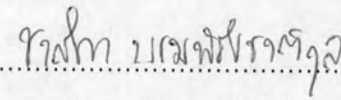
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธ์)

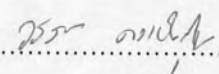
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

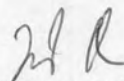
.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิमारต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(อาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(อาจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ชนิษฐา ธนานุวงศ์)

ณัฐโสภิต ท่องประไพ : สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ทำแห้งโดยวิธีการต่างกันและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RICE FLOUR FROM PADDY DRIED BY DIFFERENT DRYING METHODS AND ITS USE IN FOOD PRODUCTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.ชาลิตา บรมพิชัยชาติกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ดร.ละมุล วิเศษ, 109 หน้า.

การทำแห้งข้าวเปลือกเป็นวิธีการลดความชื้นข้าวเปลือกที่สำคัญ เพื่อเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ได้นาน ลดอัตราการเสื่อมเสียของข้าวเปลือกและสีได้ข้าวเต็มเมล็ด วิธีการอบแห้งข้าวเปลือกที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้แป้งข้าวเจ้าที่ได้จากข้าวเปลือกมีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน โดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ทำแห้งโดยวิธีต่างกันคือ ตากแห้ง การอบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิดไอเซชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 150°C ตามด้วยเทมเปอร์ริง (FADT) และใช้เทคนิคฟลูอิดไอเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ 170°C (FSSD) จากนั้นนำแป้งข้าวเจ้าที่ได้มาแปรรูปเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูป ผลการทดลองพบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD มีเปอร์เซ็นต์ข้าวตันสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD พบว่ามีค่า peak viscosity breakdown final viscosity setback พลังงานการดูดกลืนความร้อน และดัชนีความขาวน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ค่า pasting temperature สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากเกิดเจลลิตินในเซชันอย่างสมบูรณ์ในระหว่างการอบแห้งข้าวเปลือก ส่งผลให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อย ทนต่อแรงเฉือน และไม่ดูดกลืนพลังงานความร้อน แป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FADT มีกำลังการพองตัวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แม้ว่าวิธีการอบแห้งข้าวเปลือกจะมีอิทธิพลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าแต่แป้งจากข้าวตันและแป้งจากข้าวหักมีสมบัติทางเคมีกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อแปรรูปข้าวหักเป็นผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบพบว่า ข้าวหักจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD ใช้เวลา pre-gelatinization เร็วที่สุด (45 นาที) เมื่อเติมน้ำร้อนลงในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปในอัตราส่วน 10:1 ปิดฝาทิ้งไว้ 5 นาที วัดความหนืดพบว่า โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวหักที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD มีความหนืดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการตากแห้งมีค่าแรงในการเจาะทะลุมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จึงสรุปได้ว่าวิธีการอบแห้งมีผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า แต่ในวิธีการอบแห้งเดียวกันสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวตันและข้าวหักไม่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบที่แปรรูปจากข้าวหักที่ได้จากการทำแห้งข้าวเปลือกทั้งสามวิธี โดยมีความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ FSSD มากที่สุด

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนิติ.....*ณัฐโสภิต ท่องประไพ*.....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....*กมลทิพย์ บรมพิชัยชาติกุล*.....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....*ละมุล วิเศษ*.....

# # 4872584923 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: FLUIDIZATION / SUPERHEATED STEAM / RICE FLOUR //

NUTTHASOPIN THONGPRAPAI : PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RICE FLOUR FROM PADDY DRIED BY DIFFERENT DRYING METHODS AND ITS USE IN FOOD PRODUCTS

THESIS PRINCIPAL ADVISOR: CHALEEDA BOROMPICHAICHARTKUL, Ph.D., THESIS

COADVISOR : LAMUL WISET, Ph.D. 109 pp.

Drying is a process to reduce moisture content of wet paddy for safe storage. The drying method also reduces the deterioration of paddy and helps with the grain milling process. Paddy dried with different drying methods exhibits different physicochemical properties of rice flour, especially with high-temperature drying method. The objective of this research is to study physicochemical properties of rice flour from paddy dried using different drying methods; sun drying, fluidization with hot air at 150°C followed by tempering (FADT), and fluidization with superheated steam at 170°C (FSSD). Rice flour was processed to be instant rice porridge and rice cracker. Their physical properties and also the acceptance of consumers towards the processed products was investigated. The results showed that using FSSD gave the highest head rice yield ( $p \leq 0.05$ ). The analysis of physicochemical properties of rice flour produced by FSSD drying paddy showed that flour from FSSD had the lowest peak viscosity, break down, final viscosity, set back of flour, endothermic enthalpy ( $\Delta H$ ), and white index significantly ( $p \leq 0.05$ ), but it had the highest pasting temperature ( $p \leq 0.05$ ). FADT drying paddy had the highest swelling behavior significantly ( $p \leq 0.05$ ). Although, drying methods affect rice flour physicochemical properties, the physicochemical properties of head rice and broken rice were not significantly different ( $p > 0.05$ ). When broken rice was processed to be instant rice porridge and rice cracker, it was found that broken rice from paddy dried by FSSD showed the fastest pre-gelatinization time (45 minutes). Viscosity of rice porridge was measured by using hot water and instant rice porridge powder at the ratio of 10:1 and left for 5 minutes; it was found that the instant rice porridge produced by FSSD had the highest viscosity ( $p \leq 0.05$ ). Rice cracker produced from sun drying paddy had the highest puncture force significantly ( $p \leq 0.05$ ). In addition, the sensory testing of rice porridge produced from paddy dried by different drying methods was performed by 50 persons, the result showed that it was not significantly different ( $p > 0.05$ ). The rice cracker produced by FSSD rice flour had the most favored score ( $p \leq 0.05$ ). This research concluded that drying method affects physicochemical properties of rice flour. However, using the same drying method showed no difference between physicochemical properties of head rice and broken rice. The panelists accepted in the instant rice porridge and rice cracker which produced by three different drying methods. Rice cracker which was produced by rice flour from paddy dried by FSSD was most accepted by the panelists.

Department: Food Technology

Student's signature..... *[Handwritten Signature]*

Field of study: Food Technology

Principal Advisor's signature..... *[Handwritten Signature]*

Academic year: 2008

Co-advisor's signature..... *[Handwritten Signature]*



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และการติดตามเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ สุภิมารส ผศ.ดร.วรมหา คงเป็นสุข และ อ.ดร.ชนิษฐา ธานวงค์ ที่ได้สละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการอบแห้ง

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนบัณฑิต

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆทุกคน ที่สร้างความทรงจำที่ดีในรั้วจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105.....	2
2.2 คำจำกัดความของข้าว.....	2
2.3 คุณภาพของข้าว.....	3
2.4 แบ่งข้าวเจ้า.....	4
2.5 การผลิตแบ่งข้าวเจ้า.....	5
2.6 การทำแห้งข้าวเปลือก.....	6
2.6.1 การตากแห้ง (Sun Drying).....	6
2.6.2 การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไอเซน.....	6
2.6.3 เหมเปอริง (Tempering).....	8
2.6.4 การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้ไอน้ำร้อนยิ่งยวด.....	10
2.7 สมบัติด้านความหนืดและการเกิดเจลลาติโนเซชันของแบ่ง.....	13
2.8 การวัดความหนืดของแบ่งโดยใช้เครื่อง Rapid Viscosity Analyzer .....	15
2.9 สมบัติทางความร้อนของแบ่ง .....	17
2.10 ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้อุณหภูมิสูงต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแบ่งข้าว.....	18
2.11 กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย.....	20
2.12 โครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแบ่งจากข้าวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูง.....	21
2.13 การนำข้าวเจ้าไปใช้ในผลิตภัณฑ์.....	22
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	24
3.1 วัตถุประสงค์.....	24
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	25

3.3.1	ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	26
3.3.2	ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและลักษณะของข้าวอบกรอบและโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	27
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	29
4.1	สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	29
4.1.1	เปอร์เซ็นต์ข้าวตันจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	29
4.1.2	สมบัติด้านความหนืด (pasting properties).....	34
4.1.2.1	ค่า peak viscosity จากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	34
4.1.2.2	ค่า breakdown ของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีต่างกัน.....	35
4.1.2.3	ค่า final viscosity จากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	36
4.1.2.4	ค่า setback จากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	39
4.1.2.5	Pasting temperature (°C) ของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	40
4.1.3	สมบัติความร้อนของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	42
4.1.4	กำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	46
4.1.5	ปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า และความชื้น ของแป้งข้าวเจ้าจากการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	47
4.1.6	ปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	49
4.1.7	ดัชนีความขาวของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	50
4.2	การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์.....	52
4.2.1	ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป.....	52
4.2.1.1	เวลาที่ใช้ต้มข้าวหักที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีการต่างๆเพื่อทำ pre-	



Gelatinization.....	52
4.2.1.2 ศึกษาอัตราการเติมน้ำในผลิตภัณฑ์ไอ้กึ่งสำเร็จรูป.....	53
4.2.1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอ้กึ่งสำเร็จรูป.....	53
4.2.2 ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ.....	56
4.2.2.1 ศึกษาแรงการเจาะทะลุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีต่างกันโดยใช้เครื่อง Texture Analyser.....	57
4.2.2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ.....	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	60
5.2 ศึกษาการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์.....	60
ข้อเสนอแนะ.....	60
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง.....	68
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	84
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง.....	100
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการวิจัย.....	104
ภาคผนวก จ การนำเสนอผลงาน.....	108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	109

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของข้าวเจ้า.....	5
2.2 สมบัติของแป้งข้าวเจ้า.....	5
4.1 สมบัติความร้อนของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	42
4.2 ปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า และความชื้น ของแป้งที่ได้จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	46
4.3 ปริมาณแอมิโลสของแป้งข้าวจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งแบบต่างๆ.....	48
4.4 เวลาที่ใช้ต้มข้าวหักที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีการต่างกันเพื่อทำ pre-gelatinization.....	49
4.5 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่อัตราการเติมน้ำต่างกัน.....	52
4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน.....	53
4.7 ค่าแรงการเจาะทะลุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีต่างกัน โดยใช้เครื่อง Texture Analyser.....	54
4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน.....	56
ข1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ข้าวตันจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	84
ข2. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสมบัติด้านความหนืดจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดย วิธีต่างกัน.....	84
ข2.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า Peak Viscosity (cP) จากข้าวเปลือกที่ผ่าน การทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	84
ข2.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า Breakdown จากข้าวเปลือกที่ผ่าน การทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	85
ข2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า Final Viscosity จากข้าวเปลือกที่ผ่าน การทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	85
ข2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่า Setback จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้ง โดยวิธีต่างกัน.....	86
ข2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของ Pasting Temperature จากข้าวเปลือกที่ผ่าน การทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	86
ข3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสมบัติความร้อนจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี	

ต่างกัน.....	87
ข3.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของ $T_{onset}$ จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	87
ข3.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของ $T_{peak}$ จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่าง ๆ.....	87
ข3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของ $T_{conclusion}$ จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดย วิธีต่างกัน.....	88
ข5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของดัชนีความขาวจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	89
ข6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณแอมิโลสจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	89
ข7. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของความชื้นจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	90
ข8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณไขมันจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	90
ข9. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณโปรตีนจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	91
ข10. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณเถ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธี ต่างกัน.....	92
ข11. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของขนาดอนุภาคของแป้งที่ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh จาก ข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	92
ข12. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โจ๊ก กึ่งสำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	91
ข12.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบสีของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่ง สำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	93
ข12.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่ง สำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	93
ข12.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบด้านความหนืดของ ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	94
ข12.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	94

ข12.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ใจึก กึ่งสำเร็จรูปจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	95
ข12.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของความหนืดของใจึกที่อัดรวมใจึกกึ่งสำเร็จรูป: น้ำเป็น 1:9 จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	95
ข12.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของความหนืดของใจึกที่อัดรวมใจึกกึ่งสำเร็จรูป: น้ำเป็น1:10 จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	96
ข13. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนม อบกรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	97
ข13.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบสีของผลิตภัณฑ์ ขนมอบกรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	97
ข13.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ขนมอบ กรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	97
ข13.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	98
ข13.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบด้านความกรอบของ ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	98
ข13.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนม อบกรอบจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	98
ข13.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่าแรงการเจาะทะลุผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	99
ค1 ความชื้นข้าวเปลือกภายหลังการทำแห้ง.....	100

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	ข้าวงาขาวดอกมะลิ 105.....2
2.2	ส่วนของข้าวกาหักและขนาดของข้าวกาหัก.....3
2.3	ฟลูอิดิเซชันด้วยลมร้อน..... 7
2.4	แผนผังขั้นตอนการอบแห้งข้าวกาเปลือกในอุตสาหกรรม..... 9
2.5	อัตราการทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่างของการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยิ่งยวด และลมร้อน..... 11
2.6	ฟลูอิดิเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด.....12
2.7	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม.....14
2.8	ระยะการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง.....15
2.9	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Viscosity Analyzer (RVA).....16
2.10	Amylose-lipid complex.....19
2.11	ภาพถ่ายโครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแป้งข้าวกาล้างขาวดอกมะลิ 105.....21
4.1	เปอร์เซ็นต์ข้าวกาตันจากข้าวกาเปลือกที่ผ่านการทำให้แห้งโดยวิธีต่างกัน.....29
4.2	กลไกการเคลื่อนที่ของน้ำในเมล็ดข้าวกาที่อบแห้งโดยใช้เทคนิค ฟลูอิดิเซชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่170°C.....31
4.3	กลไกการเคลื่อนที่ของน้ำในเมล็ดข้าวกาที่อบแห้งโดยใช้เทคนิค เทคนิคฟลูอิดิเซชันด้วยลมร้อนที่ 150°C ตามด้วยเทมเปอริง.....32
4.4	ข้าวกาหนึ่ง.....32
4.5	ภาพถ่ายส่วนตัดขวางของเมล็ดข้าวกาที่ผ่านการทำให้แห้งโดยวิธีต่างกัน.....33
4.6	ค่า peak viscosity จากแป้งข้าวกาเจ้าจากข้าวกาเปลือกที่ผ่าน การทำให้แห้งโดยวิธีต่างกัน.....34
4.7	ค่า breakdown จากแป้งข้าวกาเจ้าจากข้าวกาเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....36
4.8	ค่า final viscosity จากแป้งข้าวกาเจ้าจากข้าวกาเปลือกที่ผ่านการทำ แห้งโดยวิธีต่างกัน.....37
4.9	ค่า setback จากแป้งข้าวกาเจ้าจากข้าวกาเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....39
4.10	Pasting temperature (°C) ของแป้งข้าวกาเจ้าจากข้าวกาเปลือกที่ผ่าน การทำให้แห้งโดยวิธีต่างกัน.....40
4.11	ภาพถ่ายโครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแป้งจากเครื่อง Scanning Electron



	Microscopeที่กำลังขยาย 3000 เท่า.....	44
4.12	ภาพถ่ายโครงสร้างของอนุภาคของเม็ดแป้งจากเครื่อง Scanning Electron Microscope.....	45
4.13	กำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้ง โดยวิธีต่างกัน.....	46
4.14	ดัชนีความขาวของแป้งข้าวเจ้าจากข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	50
ก.1	กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส.....	80
ค2	กราฟของค่าความหนืด (cP) ของแป้งข้าวเจ้าจากเครื่อง Rapid Viscosity Analyzer.....	100
ค3.1	สมบัติพลังงานความร้อนของแป้งข้าวตันที่ผ่านการตากแห้ง.....	101
ค3.3	สมบัติพลังงานความร้อนของแป้งข้าวตันที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดิเดชัน ด้วยลมร้อนที่ 150°C ตามด้วยเทมเปอริง.....	102
ค3.4	สมบัติพลังงานความร้อนของแป้งข้าวหักที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดิเดชัน ด้วยลมร้อนที่ 150°C ตามด้วยเทมเปอริง.....	102
ค3.5	สมบัติพลังงานความร้อนของแป้งข้าวตันที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิดิเดชัน ด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ 170°C.....	103
ง.1	ผลิตภัณฑ์เจี๊ยกกิ่งสำเร็จรูปจากข้าวหักที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	104
ง.2	ผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบโดยแป้งจากข้าวที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน.....	105
ง.3	เครื่องฟลูอิดิเดชันข้าวเซชันด้วยลมร้อน.....	106
ง.4	เครื่องฟลูอิดิเดชันด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด.....	107