

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสารในระหว่างการเก็บ
ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก



นางสาวสุสติ จันทะสอน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2314-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PHYSICOCHEMICAL CHANGES OF STORED MILLED RICE AFFECTING
COOKED RICE TEXTURAL CHARACTERISTICS

Miss Phusati Jantasorn

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 2005

ISBN 974-53-2314 -4

481535

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสารในระหว่างการเก็บที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

โดย นางสาวมุสตี จันทะสอน

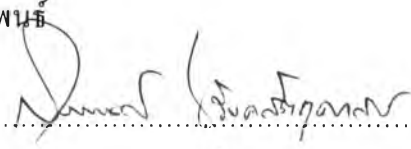
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. จิรรัตน์ ทัดติยกุล

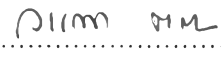
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวด)

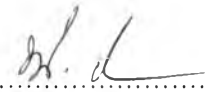
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. จิรรัตน์ ทัดติยกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณา คุลยชัย)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรณ)


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

ผุสดี จันทะสอน : การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสารในระหว่างการเก็บที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก. (PHYSICOCHEMICAL CHANGES OF STORED MILLED RICE AFFECTING COOKED RICE TEXTURAL CHARACTERISTICS)
 อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. จิรรัตน์ ทัดติยกุล 111 หน้า. ISBN 974-53-2314-4.

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 และคุณภาพการหุงพร้อมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่เตรียมจากข้าวสารที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสมดุลเฉลี่ย 3 ระดับ คือ 9.87% 12.22% และ 14.15% ที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

ข้าวสารที่เป็นวัตถุดิบในการทดลองมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 8.42 % ไขมัน 0.44 % เส้นใย 0.33 % เถ้า 0.52 % และคาร์โบไฮเดรต 90.30 % เมื่อเก็บที่ความชื้นสมดุลเฉลี่ย 3 ระดับ คือ 9.87% 12.22% และ 14.15% เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่ามีปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำร้อนและกรดอะมิโนซิสทีนเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนซิสทีนเป็นผลจากการเปลี่ยนพันธะซัลไฟ-ไฮไดรลในกรดอะมิโนซิสเตอีนไปเป็นพันธะไดซัลไฟด์ในกรดอะมิโนซิสทีน ส่วนปริมาณอะไมโลสที่ละลายน้ำร้อนและกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสลดลง ส่งผลให้ % solid loss และ degree of gelatinization ของข้าวมีค่าลดลง เวลาที่เหมาะสมในการหุงต้มและความแตกต่างของสีในข้าวสารมีค่าเพิ่มขึ้น และข้าวสุกมีค่า hardness เพิ่มขึ้นในข้าวที่เก็บที่ความชื้นสมดุลเฉลี่ยร้อยละ 9.87 ส่วนในข้าวสารที่มีความชื้นสมดุลเฉลี่ยร้อยละ 12.22 และ 14.15 ในช่วง 3 เดือนแรก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและหลังจากเก็บข้าวนาน 3 เดือนขึ้นไป มีแนวโน้มลดลง โดยข้าวที่เก็บที่ความชื้นสมดุลเฉลี่ยสูงกว่าที่เวลาการเก็บเท่ากัน มีปริมาณอะไมโลสที่ละลายในน้ำร้อนและปริมาณกรดอะมิโนซิสเตอีนน้อยกว่า แต่มีกรดอะมิโนซิสทีน ปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำร้อนและกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสสูงกว่า % solid loss และ degree of gelatinization มีค่าน้อยกว่า เวลาที่เหมาะสมในการหุงต้มและความแตกต่างของสีในข้าวสารมีค่ามากกว่า และข้าวสุกมีแนวโน้มของค่า hardness เพิ่มขึ้นในข้าวสารที่เก็บในช่วง 3 เดือนแรกมากกว่า เมื่อเทียบกับข้าวสารที่เก็บที่ความชื้นสมดุลเฉลี่ยต่ำกว่า

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572391823 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: HOT WATER SOLUBLE AMYLOSE / CYSTEINE AND CYSTINE CONTENT / HARDNESS / COOKED RICE

PHUSATI JANTASORN : PHYSICOCHEMICAL CHANGES OF STORED MILLED RICE AFFECTING COOKED RICE TEXTURAL CHARACTERISTICS. THESIS ADVISOR : JIRARAT TATIYAKUL, Ph. D., 111 pp. ISBN 974-53-2314-4.

The objective of this research was to study the chemical and physical changes of milled rice c.v. Chainat 1 as well as cooking quality and textural characteristic of cooked rice prepared from milled rice aged at different equilibrium moisture contents (EMC : 9.87, 12.22 and 14.15 %) for 6 months

Freshly milled rice contained 8.42 % protein, 0.44 % fat, 0.33 % fiber, 0.52 % ash, and 90.3 % carbohydrates. After storage for 6 months at 9.87 %, 12.22 % and 14.15 % EMCs, the proximate composition of aged milled rice did not change significantly ($P>0.05$). Hot water - insoluble amylose and cystine content increased, hot water soluble amylose and protease activity decreased, resulted in decreases in % solid loss and degree of gelatinization and increases in color difference of milled rice, and cooking time. Hardness of cooked milled rice tended to increase during the storage at 9.87% EMC for 6 months. However, for cooked milled rice stored at 12.22% and 14.15% EMC, the hardness increased during the first 3 months of storage, and tended to decrease afterwards. Milled rice stored at higher EMCs at the same storage time had higher amount of hot-water insoluble amylose and cysteine content, lower amount of soluble amylose, % solid loss, and degree of gelatinization and higher cooking time, color difference of milled rice, and cooked rice hardness compared to that stored at lower EMCs.

Department.....Food Technology..... Student's signature...*Phusati Jantasorn*.....
Field of study....Food Technology..... Advisor's signature...*Jirarat Tatiyakul*.....
Academic year..... 2005..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. จิราวัฒน์ ทัดติยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณมา ตูลยชัย อาจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ และอาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์ ที่สละเวลาในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์และเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ให้กับผู้วิจัย

ขอขอบกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ญาติพี่น้องทุกๆ คน ที่ได้ให้กำลังใจ ช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ พี่ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับกำลังใจ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยและการให้ความช่วยเหลือกันตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว.....	3
2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	4
2.3 การจำแนกลักษณะของข้าว.....	7
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวสาร.....	8
2.5 การเกิดเจลาตินในเซชัน.....	14
2.6 การเปลี่ยนแปลงของข้าวขณะสุก.....	15
2.7 การเปลี่ยนแปลงของข้าวสารในระหว่างการเก็บที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ของข้าวหุงสุก.....	16
2.8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก.....	26
2.9 กลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บ.....	28
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
- วัตถุประสงค์.....	30
- สารเคมี.....	30
- เครื่องมือและอุปกรณ์.....	31
- การวิเคราะห์.....	33
- ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	34
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	37
4.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของข้าวสารใหม่.....	37
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นสมดุลของข้าวสาร.....	41
4.3 การเปลี่ยนแปลงของข้าวสารตลอดระยะเวลาในการเก็บ.....	42

5. สรุปผลการทดลอง.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	72
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	73
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี.....	79
ภาคผนวก ค วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้น สมดุลของข้าวสาร.....	99
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์ทางชีวเคมี.....	104
ภาคผนวก จ ตาราง ANOVA.....	106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวสาร เปลือกข้าว รำข้าว ส่วนคัพพะ และจมูกข้าว (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง).....	6
2.2 มาตรฐานของขนาดเมล็ดข้าวสาร.....	7
2.3 รูปร่างและอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวสาร.....	7
2.4 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียส เวลา 12 เดือน	21
2.5 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในข้าวสารที่เก็บที่ระดับความชื้นร้อยละ 13 , 14.3 และ 15.7 และเก็บที่อุณหภูมิ 5 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส.....	26
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารใหม่.....	37
4.2 ปริมาณอะไมโลสในข้าวสารใหม่.....	38
4.3 ปริมาณกรดอะมิโน cysteine และกรดอะมิโน cystine ในข้าวสารใหม่.....	38
4.4 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในข้าวสารใหม่.....	39
4.5 สมบัติทางกายภาพของข้าวสารใหม่.....	40
4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกใหม่.....	40
4.7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารที่เก็บรักษาในระหว่าง 0-6 เดือน ที่ความชื้น สมดุลเฉลี่ยร้อยละ 9.87 โดยใช้สารละลายอิ่มตัวของ NaCl ($a_w = 0.75$) ในการควบคุม ความชื้นสัมพัทธ์.....	42
4.8 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารที่เก็บรักษาในระหว่าง 0-6 เดือน ที่ความชื้น สมดุลเฉลี่ยร้อยละ 12.22 โดยใช้สารละลายอิ่มตัวของ KCl ($a_w = 0.842$) ในการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์.....	43
4.9 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารที่เก็บรักษาในระหว่าง 0-6 เดือน ที่ความชื้น สมดุลเฉลี่ยร้อยละ 14.15 โดยใช้สารละลายอิ่มตัวของ K_2SO_4 ($a_w = 0.975$) ในการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์.....	43
4.10 ปริมาณอะไมโลสที่ละลายในน้ำร้อน (%AM) ของข้าวสารที่ระดับความชื้น สมดุลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 ที่เก็บเป็นเวลานาน 6 เดือน.....	45

ตารางที่	หน้า
4.11 ปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำร้อน (%IM) ของข้าวสารที่ระดับความชื้น สมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 ที่เก็บเป็นเวลานาน 6 เดือน.....	46
4.12 ปริมาณกรดอะมิโน cysteine ของข้าวที่มีความชื้นสมมูล เฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เก็บข้าวเป็นเวลานาน 6 เดือน.....	48
4.13 ปริมาณกรดอะมิโน cystine ของข้าวที่มีความชื้นสมมูล เฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เก็บข้าวเป็นเวลานาน 6 เดือน.....	49
4.14 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ protease ของข้าวที่เก็บที่ความชื้น สมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เป็นเวลา 6 เดือน.....	51
4.15 ค่า water uptake (%) ของข้าวสารที่เก็บเป็นเวลา 6 เดือน ที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15	53
4.16 ค่า solid loss (%) ของข้าวสารที่เก็บเป็นเวลา 6 เดือน ที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15	54
4.17 Degree of gelatinization ในข้าวสารที่เก็บที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เป็นเวลา 6 เดือน	55
4.18 Cooking time ในข้าวสารที่เก็บที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ยร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เป็นเวลา 6 เดือน.....	56
4.19 ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ในข้าวสารที่เก็บที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ย ร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เป็นเวลา 6 เดือน.....	57
4.20 ค่า hardness ของข้าวสุกของข้าวสารที่เก็บที่ความชื้นสมมูลเฉลี่ย ร้อยละ 9.87, 12.22 และ 14.15 เป็นเวลา 6 เดือน.....	59

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	4
2.2 ลักษณะโครงสร้างของอะไมโลเพคตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึก (1) และส่วนอสัณฐาน (2)	9
2.3 ลักษณะโครงสร้างเกลียวคู่ของอะไมโลเพคติน.....	10
2.4 ลักษณะโครงสร้างอะไมโลเพคตินที่ประกอบด้วยสาย A, B และ C.....	11
2.5 แบบจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์.....	13
2.6 ระยะในการเกิดเจลลาตินเซชันของเมล็ดสตาร์ช	14
2.7 RVA curve ของแป้งที่สกัดจากข้าวสารใหม่และข้าวสารที่เก็บเป็นเวลา 7 และ 12 เดือนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	17
2.8 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนพันธะจาก sulfhydryl ในกรดอะมิโน cysteine เป็น disulfide ในกรดอะมิโน cystine.....	20
2.9 ความหนืดของแป้งข้าวก่อนเติม DTT และหลังเติม DTT ในข้าวทั้ง 6 พันธุ์.....	23
2.10 ความสัมพันธ์และความจำเพาะเจาะจงในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ และซับสเตรต (substrate).....	25
2.11 กลไกที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บข้าวสาร	29
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความชื้นสมดุลของ ข้าวสารที่เก็บในสภาวะที่ปรับความชื้น โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวที่มีค่า a_w ต่าง ๆ.....	41