1291

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Changing of Rice Cooking Quality Stored at Room Temperature

โดย

นางสาวปาริชาต สุชิตานนท์

นายสุธี พรสวรรค์วงศ์

ACC. NO.

Date Received 16 ส.ค. 2537

Call No.

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

กิตติ บรรจง 21/3/37 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....หัวหน้าภาควิชา.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 เดือน มี.ค. พ.ศ. 37

7 ส.ค. 2541

ฝพ.

ป 554กป

2536

14497

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Changing of Rice Cooking Quality Stored at Room Temperature

T097068

นางสาวปาริชาต สุชิตานนท์
นายสุธี พรสวรรค์วงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2537

ปพ.
ป554ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 97068
วัน,เดือน,ปี 5 JUN 2003

ปาริชาต สุชิตานนท์ และ สุธี พรสวรรค์วงศ์ . 2537. : การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (Changing of Rice Cooking Quality Stored at Room Temperature). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง, 68 หน้า.

การศึกษาใช้ข้าวพันธุ์ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123 ปีการเก็บเกี่ยวนาปี 2535 ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ นำไปสีและเก็บไว้เป็นเวลา 1.5 3.0 และ 4.5 เดือน ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณอไมโลส ความคงตัวของแป้งสุก ปริมาณโปรตีน และค่าการสลายเมล็ดในด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุเก็บรักษา ส่วนระยะเวลาการหุงต้มข้าวให้สุก อัตราการยืดตัวของข้าวสุก การขยายตัวทางปริมาตรของข้าวสุก และการดูดซึมน้ำของข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าวมีค่าลดลง เมื่อนำข้าวสารมาหุงโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าว 4 ระดับ ระหว่าง 1.3 ถึง 2.7 เท่าโดยน้ำหนัก แล้วทดสอบคุณภาพการรับประทานด้วยแบบทดสอบ 9-point Hedonic scale พร้อมกับวัดความแข็งของข้าวสุกด้วยวิธี Back-extrusion พบว่าระดับความชอบสูงสุดมีความสัมพันธ์กับความแข็งของข้าวสุก อัตราส่วนน้ำต่อข้าว และเวลาในการเก็บรักษา โดยผู้บริโภคชอบข้าวที่หุงค่อนข้างนุ่มคือ ข้าว กข 21 มีความแข็งเท่ากับ 18.6 กก. ข้าวสุพรรณบุรี 60 เท่ากับ 21.4 กก. และข้าวเหลืองประทิว 123 เท่ากับ 18.9 กก. และพบว่าข้าวที่มีอายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะมีความแข็งเพิ่มขึ้นและคะแนนความชอบลดลงทุกตัวอย่าง และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวสุกกับอัตราส่วนน้ำต่อข้าวของแต่ละพันธุ์ จะได้สมการที่ขึ้นกับค่าการขยายตัวทางปริมาตรของข้าวสุก โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.936 ถึง 0.97

.....	.....	.....
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง เป็นอย่างยิ่ง ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำ ตลอดการศึกษาปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ อ.งามชื่น คงเสรี นักวิทยาศาสตร์ 7 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ พี่ๆ กลุ่มวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ทุกท่าน ที่ได้ทำการสอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของเมล็ดข้าว

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ ธุรการ และพี่ ๆ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้

และสุดท้าย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการทดลอง จนปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปาริชาต สุขิตานนท์

(นางสาวปาริชาต สุขิตานนท์)

สุธี พรสวรรค์วงศ์

(นายสุธี พรสวรรค์วงศ์)

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ช

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวและคุณสมบัติของเมล็ดข้าว 2

2.2 เนื้อสัมผัสของข้าวสุก 7

3. อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.1 ตัวอย่างข้าว 12

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเมล็ดข้าวสาร 12

3.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้ม 17

3.4 การทดสอบคุณภาพในการรับประทาน 18

3.5 การวัดความแข็งของข้าวสุก 18

4. ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติและคุณภาพการหุงต้มของข้าว 19

4.2 การทดสอบคุณภาพในการรับประทานด้วยประสาทสัมผัส 29

4.3 การวัดความแข็งของข้าวสุก 38

4.4 การวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวสุกกับคุณสมบัติต่างๆ และอัตราส่วนน้ำที่ใช้หุง 42

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 45

5.2 ข้อเสนอแนะ 45

เอกสารอ้างอิง 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณอไมโลส และการบันทึกค่าการสลายเมล็ดในด่าง 49

ข. วิธีการคำนวณความเข้มข้นสารละลายในการทดลอง 52

ค. ความชื้นข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา 53

ง. แสดงผลการทำนายจากสมการถดถอย 54

จ. การทดสอบทางสถิติ 55

ฉ. ข้อมูลจากการทดลอง 57

ช. แบบทดสอบคุณภาพในการรับประทาน 64

ซ. รูปแสดงการทดลอง 65

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา 3

4.1 คุณสมบัติและคุณภาพการหุงต้มเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123 20

4.2 คะแนนการทดสอบคุณภาพการรับประทานด้านสี 30

4.3 คะแนนการทดสอบคุณภาพการรับประทานด้านความเหนียว 31

4.4 ความแข็งของข้าวสุกเมื่อวัดด้วย KMITL Food Texture Measuring Instrument 38

4.5 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้หุงที่ได้จากสมการถดถอย 44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Test Cell แบบ ottawa Texture Measuring (OTMS) 10

2.2 Test Cell แบบ Back Extrusion 11

3.1 แสดงแผนภูมิของขั้นตอนการทดลอง 13

4.1 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุก เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และแสดงค่าที่คำนวนได้จากสมการ 22

4.2 กราฟแสดงอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และแสดงค่าที่คำนวนได้จากสมการ 23

4.3 กราฟแสดงอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของข้าวสุก เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และแสดงค่าที่คำนวนได้จากสมการ 25

4.4 กราฟแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าว เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และแสดงค่าที่คำนวนได้จากสมการ 26

4.5 กราฟแสดงค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุก เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่าง ๆ และแสดงค่าที่คำนวนได้จากสมการ 28

4.6 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 32

4.7 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 33

4.8 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 34

4.9 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 35

4.10 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 36

4.11 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 ที่มีอายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ 39

4.13 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ 40

4.14 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่มีอายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ 41

4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์ กข 21 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ 43

4.16 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ 43

4.17 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ 44

บทที่ 1

บทนำ

การผลิตข้าวนั้นโดยทั่วไปหลังการเก็บเกี่ยวมักทำการเก็บรักษาข้าว และทยอยสีเป็นข้าวสารจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ซึ่งย่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ด และส่งผลให้คุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าวเปลี่ยนไปเช่น ข้าวเก่ามักมีความนุ่มและเหนียวลดลง นอกจากนี้ข้าวแต่ละพันธุ์ยังมีการเปลี่ยนแปลงต่างกันอีกด้วย สำหรับคนไทยซึ่งคุ้นเคยกับข้าวเป็นอย่างดี สามารถปรับเปลี่ยนวิธีการหุงต้มเพื่อให้ข้าวสุกมีคุณภาพตามต้องการ โดยเป็นที่รู้กันว่าข้าวใหม่และข้าวหอมต้องใช้น้ำน้อยในการหุง มิฉะนั้นข้าวสุกจะมีลักษณะเละและแฉะ ส่วนข้าวเก่าและข้าวเสาไห้ต้องใช้น้ำมากในการหุง มิฉะนั้นข้าวสุกจะแข็ง ในการขยายตลาดข้าวไทยไปยังประเทศที่ไม่คุ้นเคยกับข้าวไทย จำเป็นต้องสร้างความเชื่อถือให้กับลูกค้า นั่นคือเมื่อเขานำข้าวไปหุงต้มจะต้องได้ข้าวสุกที่มีคุณภาพดี ดังนั้นผู้ส่งออกข้าวจำเป็นต้องมีคำแนะนำในการหุงต้มที่เหมาะสมไปพร้อมกับสินค้า จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความแข็งของข้าวสุกเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค ปัญหาพิเศษนี้ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ คุณภาพการหุงต้ม และปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มของเมล็ดข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาต่าง เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่มีความแข็งตามต้องการ

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวและคุณสมบัติของเมล็ดข้าว

ข้าวเป็นธัญญพืชที่มีความสำคัญเริ่มเป็นที่รู้จักกันที่ประเทศอินเดียในยุคก่อนประวัติศาสตร์ ข้าวเป็นพืชเขตร้อน จึงสามารถปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อนและใกล้เขตร้อนของโลก (อรรควุฒิ ,2526)

จากหลักฐานทางโบราณคดีแสดงว่าได้มีการปลูกข้าวในดินแดนสยามหรือในประเทศไทยมาไม่น้อยกว่า 5,000 ปี โดยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวมีความสำคัญต่อชีวิต ความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจของคนไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คนไทยบริโภคข้าวทุกวันตั้งแต่ 1-3 มื้อหรือมากกว่า ชาวนาไทยโดยทั่วไปได้ยึดถือประเพณีเคารพบูชา "แม่โพสพ" เทพีแห่งข้าวเพื่อขอความสมบูรณ์พูนผลในการทำนาแต่ละฤดู ในด้านเศรษฐกิจนั้น ปัจจุบันข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญที่สุดและนำเงินตราเข้าประเทศได้เป็นมูลค่ามหาศาล (บริบูรณ์ ,2535)

ในการบริโภคข้าวนั้น นิยมบริโภคในลักษณะที่หุงต้มแล้ว ดังนั้นเมื่อเอ่ยถึง "คุณภาพ" ผู้บริโภคจึงมักคำนึงในแง่ของ "คุณภาพทางกายภาพ" และ "คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน หรือข้าวสุก"

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพ (physical quality) หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดที่เห็นได้ ซึ่งอาจจำแนกเป็น

2.1.1.1 สีของข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออก อาจพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงน้ำตาลหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ หากมีปนในข้าวขาวจะทำให้ชนิดคุณภาพด้อยลง

2.1.1.2 ขนาดของเมล็ด ขนาดของเมล็ดอาจวัดจากความยาว กว้าง และหนาของเมล็ด แต่ในการพิจารณา คุณภาพเมล็ดทั่วไปมักคำนึงถึงความยาวของเมล็ด มาตรฐานข้าวไทยได้กำหนดชั้นของเมล็ดเป็น 4 ขนาดตามตารางที่ 1 การกำหนดขนาดของเมล็ดข้าวของประเทศต่าง ๆ จะแตกต่างกัน เช่น Adair et.al.(1966) ได้แบ่งความยาวของเมล็ดเป็น 4 ขนาดเช่นกัน แต่มีขนาดแตกต่างจากมาตรฐานข้าวไทย

ตารางที่ 2.1 ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา

ชั้นของเมล็ด	ไทย	สหรัฐอเมริกา
เมล็ดยาวชั้น 1 (Extra long)	> 7.0	> 7.50
เมล็ดยาวชั้น 2 (Long)	6.6 - 7.0	6.61 - 7.50
เมล็ดยาวชั้น 3 (Medium)	6.2 - 6.6	5.51 - 6.60
เมล็ดสั้น (Short)	< 6.2	< 5.50

รูปร่างเมล็ด ประเมินจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างแบ่งได้เป็น 3 พวก

รูปร่างเมล็ด	ความยาวต่อความกว้าง
เรียว	> 3.0
ปานกลาง	2.1 - 3.0
ป้อม	< 2.0

แต่มาตรฐานข้าวไทยไม่มีการกำหนดรูปร่างเมล็ดเนื่องจากข้าวส่วนใหญ่มีรูปร่างเรียว และข้าวไทยเป็นประเภท indica จึงทำให้เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าข้าวชนิด indica มีเมล็ดยาวเรียว แต่โดยความเป็นจริงมีข้าวไทยบางพันธุ์มีเมล็ดป้อม

2.1.1.3 **ข้าวท้องไข่** (chalky grain) เป็นจุดขุ่นขาวทึบแสงภายในเมล็ดข้าวเจ้า เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ระหว่างผลึกแป้ง กลุ่มแป้ง และโปรตีน ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ และเห็นเป็นลักษณะทึบแสง (Juliano,1972) ข้าวท้องไข่เป็นลักษณะที่ไม่เป็นที่นิยมของวงการข้าว เพราะทำให้เมล็ดข้าวดูไม่งาม และคุณภาพการสีไม่ดีเนื่องจากมีข้าวหักมาก

2.1.1.4 **คุณภาพการสี** เนื่องจากผู้บริโภคนิยมข้าวที่ผ่านการสีเป็นข้าวสารที่มีข้าวหักน้อย ดังนั้นคุณภาพของข้าวเปลือกนอกจากจะพิจารณาจากคุณลักษณะข้างต้น ยังต้องคำนึงถึงปริมาณข้าวสาร ต้นข้าวและข้าวหักที่ได้จากการสีข้าว ในการสีนั้นจะได้แกลบ 20-25 % รำประมาณ 10 % ส่วนที่เหลือคือข้าวสาร ในส่วนของข้าวสารนี้ประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว (มากกว่า 8/10 ความยาวเมล็ด)

ข้าวหัก ข้าวคุณภาพดีควรสีได้ข้าวสารมากโดยมีข้าวหักน้อย ปัจจัยที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการสี ได้แก่ เมล็ดยาวมาก เมล็ดบิดเบี้ยวหรือไม่สมบูรณ์ เมล็ดมีท้องไข่มาก เมล็ดอ่อน การเกิดเมล็ดร้าวก่อนการสี ซึ่งอาจเนื่องจากการเก็บเกี่ยวข้าวที่แช่น้ำหรือแก่มากเกินไป รวมทั้งการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว

2.1.2 คุณภาพข้าวสุก

ถึงแม้ในมาตรฐานข้าวจะมิได้กำหนดคุณภาพการหุงต้มและรับประทานไว้ แต่ผู้บริโภคมักเลือกซื้อข้าวที่มีคุณภาพข้าวสุกที่ตนชอบ เช่น ข้าวเสาไห้หรือเจ๊กเชย เป็นข้าวที่ร่วนหุงขึ้นหม้อ ข้าวหอมมะลิต้องเป็นข้าวนุ่มแฉะเป็นต้น ในเมล็ดข้าวสารที่ใช้บริโภคกันทั่วไป มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก(75-80 % ที่ความชื้น 14 %) และมีโปรตีนอยู่ 4-14 %(ข้าวส่วนใหญ่มีโปรตีนอยู่ 6-8 %) แป้งข้าวจึงมีส่วนสำคัญต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทาน คุณสมบัติกายภาพเคมีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องได้แก่

2.1.2.1 ปริมาณอไมโลส (apparent amylose content) แป้งข้าวมีอไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นองค์ประกอบหลัก มีอไมโลสเป็นส่วนรอง แต่โดยทั่วไปนักวิจัยมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยกล่าวถึงอไมโลสเป็นหลัก ทั้งนี้เมื่อเอ่ยถึงเปอร์เซนต์อไมโลสมักมีความหมายว่าส่วนที่เหลือของแป้งเป็นอไมโลเพกติน อัตราส่วนของอไมโลสและอไมโลเพกตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกันเช่น แป้งข้าวเหนียวมีแต่อไมโลเปคตินหรือมีอไมโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีอไมโลสปนอยู่มากกว่า มีการจัดประเภทข้าวตามอไมโลส ดังนี้

ประเภทข้าว	ปริมาณอไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 - 2	เหนียวมาก
ข้าวอไมโลสต่ำ	10 - 19	เหนียว
ข้าวอไมโลสปานกลาง	20 - 25	เหนียวเล็กน้อย
ข้าวอไมโลสสูง	25 - 34	ร่วน แข็ง

ในการหุงต้ม ข้าวที่มีอไมโลสมากจะดูดซึมน้ำมากและข้าวสุกที่ได้จะร่วนและแข็งกว่าข้าวที่อไมโลสน้อย ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวอไมโลสต่ำจึงหุงแฉะง่าย และเหนียวติดกันเป็นก้อน สำหรับข้าวอไมโลสสูงนั้นเนื่องจากต้องการน้ำในการหุงต้มมาก และร่วนฟู จึงทำให้ข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มาก หรือที่เรียกกันว่าหุงขึ้นหม้อ

ข้าวที่นิยมในแต่ละประเทศมีปริมาณอไมโลสแตกต่างกันไปเช่น ชาวญี่ปุ่นและเกาหลี ชอบข้าวอไมโลส

ต่ำ ในขณะที่ชาวไทย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ชอบข้าวประเภทอไมโลสต่ำ ปานกลาง และสูง และชาวอินเดีย ศรีลังกา ชอบข้าวอไมโลสสูง เนื่องจากการวิเคราะห์หาอไมโลสโดยทำปฏิกิริยาแป้งกับสารไอโอดีนนั้น ยังมีผลกระทบที่เกิดจากอไมโลเพคติน ดังนั้นต่อมาจึงเรียกปริมาณอไมโลสที่วิเคราะห์ได้ว่า apparent amylose content

2.1.2.2 **ความคงตัวของแป้งสุก** (gel consistency) แม้ว่าปริมาณอไมโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน แต่ในข้าวบางพันธุ์ จะมีอไมโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวสุกยังคงมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวตามค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิดคือ

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล มม. (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N 2 มล.)
แป้งสุกแข็ง	26 - 40
แป้งสุกปานกลาง	41 - 60
แป้งสุกอ่อน	61 - 100 (Juliano ,1980)

ข้าวที่มีปริมาณอไมโลสประเภทเดียวกัน หากเป็นแป้งสุกแข็งจะมีข้าวสุกที่แข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน

2.1.2.3 **อุณหภูมิแป้งสุก** (gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจล และเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม (Juliano et.al.,1980) โดยทั่วไปต้องใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุก ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกนั้นสามารถคาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง (alkali test) ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้เป็น 3 ประเภท

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55 - 69	ต่ำ	6 - 7
70 - 74	ปานกลาง	4 - 5
74.5 - 79	สูง	2 - 3

สำหรับข้าวเหนียว ซึ่งมีอไมโลสน้อยมาก ข้าวที่คุณภาพดีควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ หากมีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูงจะทำให้นึ่งไม่สุกและข้าวสุกที่ได้แข็งกระด้าง (Kongseree,1979) ในทำนองเดียวกัน ข้าวอไมโลสต่ำก็ควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำเช่นกัน เนื่องจากในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปด้วยทำให้ความชื้นภายในเมล็ดสูงขึ้น หากข้าวอไมโลสต่ำมีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง หรือสูง ปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวเมื่อสุกแล้วอาจสูงเกินไป ทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ สำหรับข้าวอไมโลสปานกลางหรือสูงจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว

2.1.2.3 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบโดยเฉพาะด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์เมล็ดสามารถยืดตัวได้มาก ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มากหากเมล็ดข้าวสุกไม่เหนียวติดกัน คุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อได้ดียิ่งขึ้น (Juliano and Perez ,1984)

2.1.2.4 กลิ่นหอม (aroma) เป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่ม มีรายงานว่าข้าวที่มีกลิ่นหอมมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไปซึ่งสารดังกล่าวนี้พบในข้าวสารหอมพันธุ์ต่างๆ เป็นปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม และในข้าวกล้องประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สารหอมชนิดนี้ยังพบปริมาณสูงในพืชตระกูลใบเตย (Pandonus amaryllifolins Roxb.,fragent screw pine) ทั้งนี้อาจมีปริมาณสูงถึง 1 ไมโครกรัมต่อกรัม ในการทดสอบข้าวหอมนั้นกระทำโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำเกลือเข้มข้น 10 % ปิดฝาให้สนิทเพื่อให้สารหอมระเหยออกมาแล้วจึงดมแยกข้าวหอมออกจากข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม (Buttery et.al.,1986)

คุณภาพของข้าวสุกนอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดดังกล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนทำให้คุณภาพข้าวสุกแตกต่างกันได้อีกด้วย เช่น การหุงต้มข้าวอไมโลสสูง หากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นและทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วย การหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้ง (เช็ดน้ำ) เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำได้มากขึ้น และทำให้ข้าวแข็งกระด้างน้อยลง (ข้าวอไมโลสสูง) แต่ระหว่างดงข้าวเพื่อไล่ความชื้นที่มีมากเกินไป ข้าวยังได้รับความร้อนสูง ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดสุกได้ หากการรินน้ำกระทำเมื่อข้าวค่อนข้างสุกก็อาจทำให้ข้าวแฉะได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวอไมโลสต่ำ (งามชื่น ,2532)

งามชื่น (2536) ได้ทำการทดลองหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร พบว่าปริมาณอไมโลสเป็นปัจจัยที่แสดงความสัมพันธ์กับอัตราส่วนน้ำหุงต้มที่เหมาะสมเด่นที่สุด โดยมีสมการถดถอย

ในกลุ่มผู้ชิมรวมคือ W = 0.329+0.08 A โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.76 โดย W คืออัตราส่วนน้ำหุงต้มที่เหมาะสม และ A คือปริมาณอไมโลสเป็นร้อยละ และถ้าเพิ่มปัจจัยของปริมาณโปรตีนและระยะเวลาหุงต้มข้าวให้สุกจะได้ผลดียิ่งขึ้น โดยมีค่า R^2 เป็น 0.85 โดยมีสมการถดถอยคือ
W = 0.124+0.114A+0.089P-0.069CT โดยที่ P คือปริมาณโปรตีนเป็นร้อยละ และ CT คือระยะเวลาหุงต้มข้าวให้สุก

2.1.2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บ หลังการเก็บเกี่ยวภายในเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ Juliano (1985) ได้รวบรวมรายงานของนักวิทยาศาสตร์ต่างๆ ขึ้นซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงที่ให้คุณคือ คุณภาพการสี ข้าวเก่ามีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวเก็บเกี่ยวใหม่ๆ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงยังมีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุก เช่นการเพิ่มการดูดน้ำและการขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้ม แต่น้ำข้าวจะมีของแข็งแขวนลอยอยู่น้อยลงหรือใสขึ้น ยกเว้นข้าวญี่ปุ่น สำหรับข้าวสุกนั้นข้าวเก่ามีความเหนียว ความนุ่มและเลื่อมมันน้อยลง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะมีในข้าวเหนียวน้อยมากเมื่อเก็บไว้ 6 เดือน นอกจากนี้ข้าวเก่ายังมีกลิ่นอับเกิดขึ้นเนื่องจากสาร carbonyl ที่มีชื่อว่า propialdehyde หรือ acetone n-valeraldehyde และ n-caproaldehyde หากเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมความหอมของข้าวสุกจะลดน้อยลงด้วย (Chikubu และ Suzuki,1970)

2.2 เนื้อสัมผัสของข้าวสุก

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวประกอบด้วยสมบัติสำคัญ 2 ประการคือ ความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) โดยที่ความแข็งหมายถึงสมบัติในการต้านแรงที่มากระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเหนียวหมายถึงสมบัติในการเกาะตัวกันระหว่างเมล็ดข้าว (Jowitt,1974)

2.2.1 การวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร

เนื้อสัมผัสของอาหารจะเริ่มรับรู้โดยทันที ตั้งแต่อาหารเริ่มสัมผัสกับช้อน ส้อม มีด หรือมือ เช่น เมื่อใช้มือบิขนมปังบิสกิต และเมื่อตักเยลลี่ด้วยช้อนเป็นต้น เราบอกลักษณะของเนื้อสัมผัสได้โดยยังไม่ต้องสัมผัสด้วยปาก และเมื่ออาหารเข้าไปอยู่ในปากแล้ว เราสามารถรับรู้เนื้อสัมผัสได้โดยการใช้ฟันขบอาหาร การถูกันระหว่างลิ้นและเพดานปาก การคลุกเคล้าผสมกับน้ำลาย การบดระหว่างฟัน และการละเลียดกลืน ซึ่งจะบอกลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้อาจใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสที่สร้างให้มีการทำงานคล้ายปากมนุษย์ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แตก และวัดค่าเนื้อสัมผัสออกมาในรูปของค่าแรงใน

หน่วยมาตรฐาน (Earle,1979) กล่าวโดยสรุปวิธีการวัดเนื้อสัมผัสของอาหารอาจจำแนกได้ดังนี้

ก. การทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ หรือการทดสอบแบบ Subjective มี 2 แบบคือ การสัมผัสด้วยปากหรือการชิม ซึ่งจะบอกได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ และการสัมผัสด้วยมือหรือนิ้วโดยไม่ต้องให้อาหารเข้าไปในปาก

ข. การทดสอบโดยใช้เครื่องมือ หรือการทดสอบแบบ Objective มี 2 แบบ คือ การวัดสมบัติที่เป็นเนื้อสัมผัสโดยตรงเช่น ความแข็ง เป็นต้น และการวัดสมบัติทางกายภาพที่เป็นผลเนื่องมาจากเนื้อสัมผัสเช่น ระยะทาง การแผ่กระจาย เป็นต้น

การชิมเป็นวิธีที่ใช้มานานแล้ว แต่มีข้อเสียคือต้องฝึกฝนผู้ชิม ต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก เสียเวลาและแรงงานมาก และที่สำคัญคือความถูกต้องแม่นยำไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับผู้ชิม (Del Mundo,1979) ส่วนการใช้เครื่องมือวัดโดยปรกติพบว่ามีความละเอียดมากกว่าและได้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนกว่า สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกันได้สะดวกทั่วโลก (Juliano et.al.,1981)

2.2.2 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส

เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสในระยะแรก วัดแรงด้วยกลไกของสปริง ถึงแม้เครื่องมือแบบนี้จะมีราคาถูก แต่ค่าที่ได้จากการวัดยังมีความถูกต้องแม่นยำน้อย และประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำ ต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส โดยนำระบบอิเลกทรอนิกมาประยุกต์ใช้ทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องและแม่นยำกว่า แต่เครื่องมือแบบนี้จะมีราคาสูง (Bourne,1982)

เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสมีอยู่หลายแบบโดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine เป็นเครื่องมือที่ผลิตโดยบริษัท Instron Ltd. โดยใช้สกรูและมอเตอร์ในการขับเคลื่อน ความเร็วการเคลื่อนที่ของหัววัด ปรับโดยใช้ชุดเกียร์มีสวิตช์ ควบคุมการขึ้นลงของหัววัด กำหนดและการหยุดโดยใช้สวิตช์อัตโนมัติ สามารถปรับให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วตั้งแต่ 0.05-100 มม./นาที ขนาด 5 50 500 และ 5,000 กก. ค่าแรงแสดงผลทางกระดาษกราฟ ค่าความเร็วการเลื่อนของกระดาษกราฟ ปรับได้ตั้งแต่ 0.5-100 มม./นาที ได้กราฟออกมาในรูปของแรง และเวลา (Banjong,1986)

Instron Universal Testing Machine เป็นเครื่องมือที่วัดแรงกระทำได้หลายแบบ โดยการออกแบบหัววัดให้เหมาะสมกับแรงกระทำนั้น ก็จะสามารถใช้วัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องมือนี้จะมีการออกแบบหัววัดที่มีขนาดมาตรฐานให้เลือกใช้กับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท (Kramer และ Szczensniak,1973)

2.2.3 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสแบบ KMITL

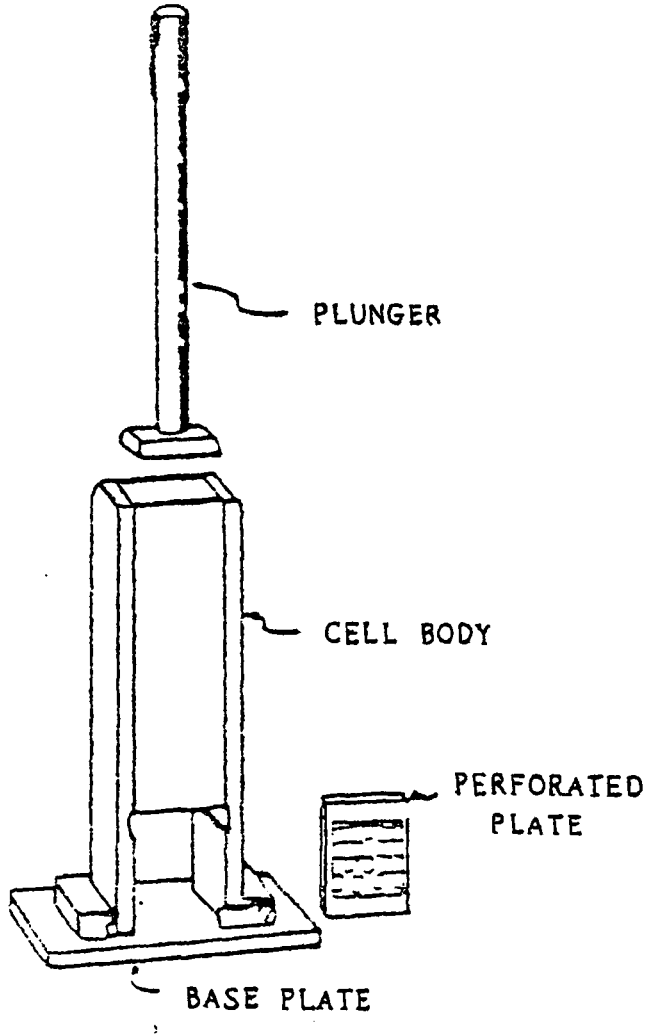
เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสที่ใช้ในการศึกษา เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วยเงินสนับสนุนการวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีอิเลกทรอนิกและคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (กิตติชัย,2535)

เครื่องมือนี้มีหลักการวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเช่นเดียวกับ Instron Universal Testing Machine แต่ขับเคลื่อนและควบคุมความเร็วด้วยระบบ Hydro-pneumatic โดยเครื่องลมจะปล่อยลมอัดไปดันน้ำมันให้เครื่องที่ไปตามท่อ ผ่านวาล์วควบคุมปริมาณการไหลเพื่อปรับความเร็วได้ และลูกสูบจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เพราะน้ำมันไม่มีการยุบตัว น้ำมันที่ใช้ในระบบเป็นน้ำมันไฮโดรลิก (ชนินทร์ และ ประสาน ,2535) แรงกระทำต่ออาหารจะวัดด้วย Load Cell ขนาด 50 กก. ผลการวัดจะแสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะเวลา หรือระยะทางการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยซอฟต์แวร์ Labtch Acquire และบันทึกเป็นตัวเลขลงบนแผ่นบันทึกข้อมูลจานแม่เหล็กอ่อน ผ่านทางระบบ Data Acquisition ของ Advantec ซึ่งประกอบด้วย High Performance DAS Card (PCL 818) , Signal Contioning Board (PCLD 710) และ Amplifier with V/I Source (PCLD 7702) แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสเปรดชีต เช่น Lotus 123

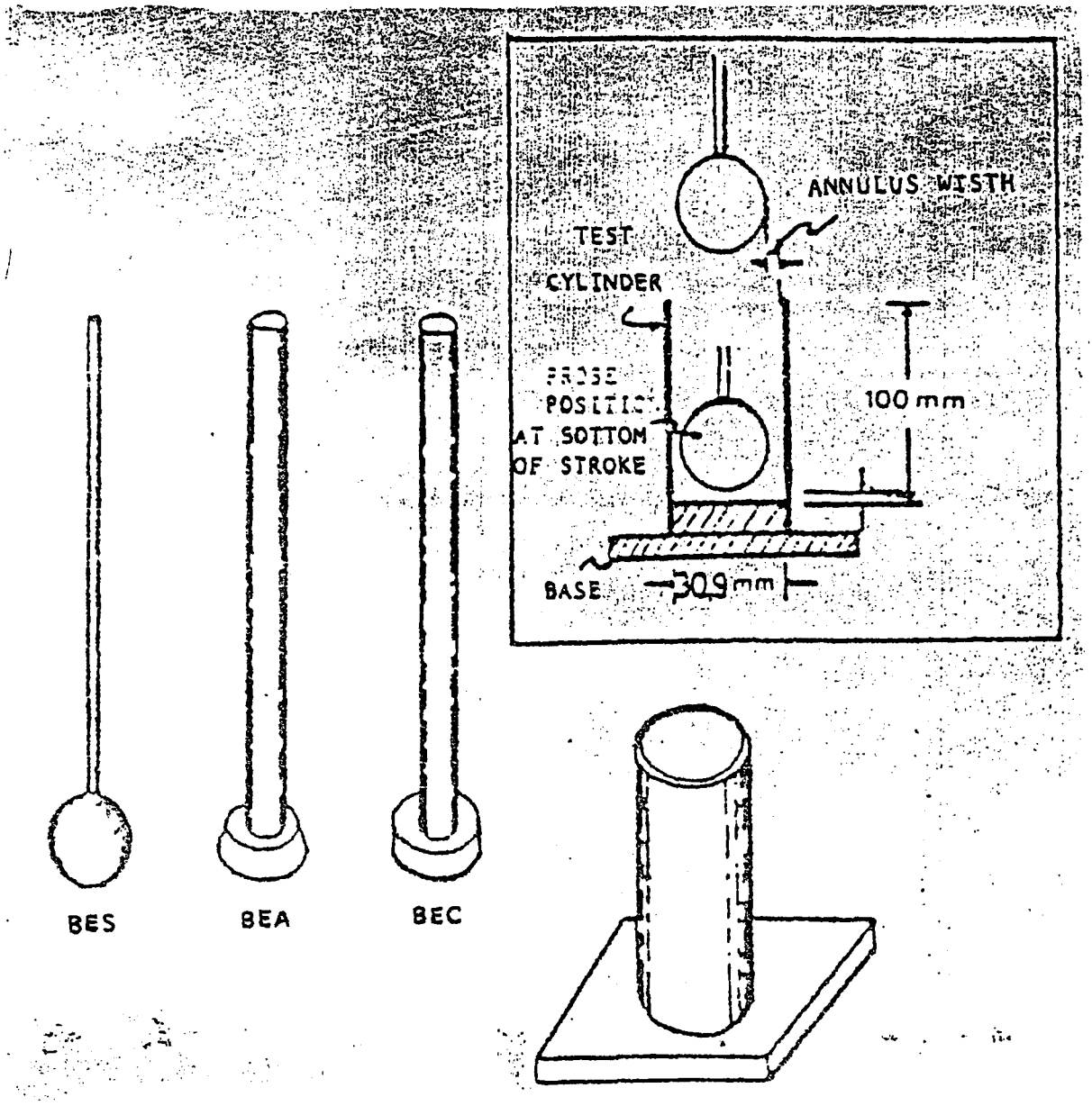
2.2.4 การวัดความแข็งของข้าวสุก

นักวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากใช้เครื่อง Instron ในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว แต่มีวิธีการแตกต่างกันไป นักวิทยาศาสตร์แห่งศูนย์วิจัยข้าวนานาชาติเปรียบเทียบการวัดความแข็งของข้าวด้วยเครื่อง Instron โดยวิธีการต่าง ๆ คือวิธี Double-bite วิธี Back Extrusion วิธี Modified OTMS และวิธี Instron Anvil พบว่าวิธี Modified OTMS ได้ผลดีที่สุดรองลงมาคือวิธี Back Extrusion ซึ่งวิธีการหลังนี้ใช้ปริมาณข้าวสุกในการทดสอบมาก จึงไม่เป็นที่นิยม (กิตติชัย,2534)

กิตติชัย (2534) ได้ทำการเพื่อปรับปรุงการวัดความแข็งของข้าวสุกโดยวิธี Back Extrusion ให้เป็นวิธีที่ง่าย โดยพบว่าวิธี Back Extrusion ที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดความแข็งของข้าวสุกประกอบด้วย Test cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.9 มม. และหัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 28.9 มม. โดยทำให้มีช่องว่างโดยรอบระหว่างหัวกดกับทรงกระบอกเท่ากับ 1 มม.



รูปที่ 2.1 Test Cell แบบ ottawa Texture Measuring (OTMS) (กิตติชัย,2534)



รูปที่ 2.2 Test Cell แบบ Back Extrusion (BES-หัวทรงกลม BEA-หัวรูปกรวยตัด และ BEC-หัวรูปทรงกระบอก) (กิตติชัย,2534)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองโดยสรุปได้แสดงไว้ในแผนภูมิรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างข้าวที่ใช้ได้แก่ ข้าวเปลือก 3 พันธุ์ คือ กข 21 (RD 21) สุพรรณบุรี 60 (SPR 60) และเหลืองประทิว 123 (LPT 123) ได้จากฤดูกาลปลูกปี 2536 ตัวอย่างละ 18 กก. นำมาสีและคัดเฉพาะข้าวเต็มเมล็ด แยกเก็บเป็นตัวอย่างละ 4 ซ้ำ และนำมาวัดคุณสมบัติต่างๆเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 1.5 ,3 และ 4.5 เดือน โดยข้าวทั้ง 3 พันธุ์เป็นตัวแทนของข้าวที่มีปริมาณอไมโลสต่างกัน คือ มีปริมาณอไมโลสต่ำ ปานกลางและสูง ตามลำดับ

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเมล็ดข้าวสาร

3.2.1 การวิเคราะห์ความชื้น (moisture content, % wet basis) นำข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์มาหาความชื้นเริ่มต้นของข้าวสารเจ้าทั้ง 3 สายพันธุ์

ใช้วิธีวิเคราะห์จาก AOAC (1980) โดยมีรายละเอียดดังนี้

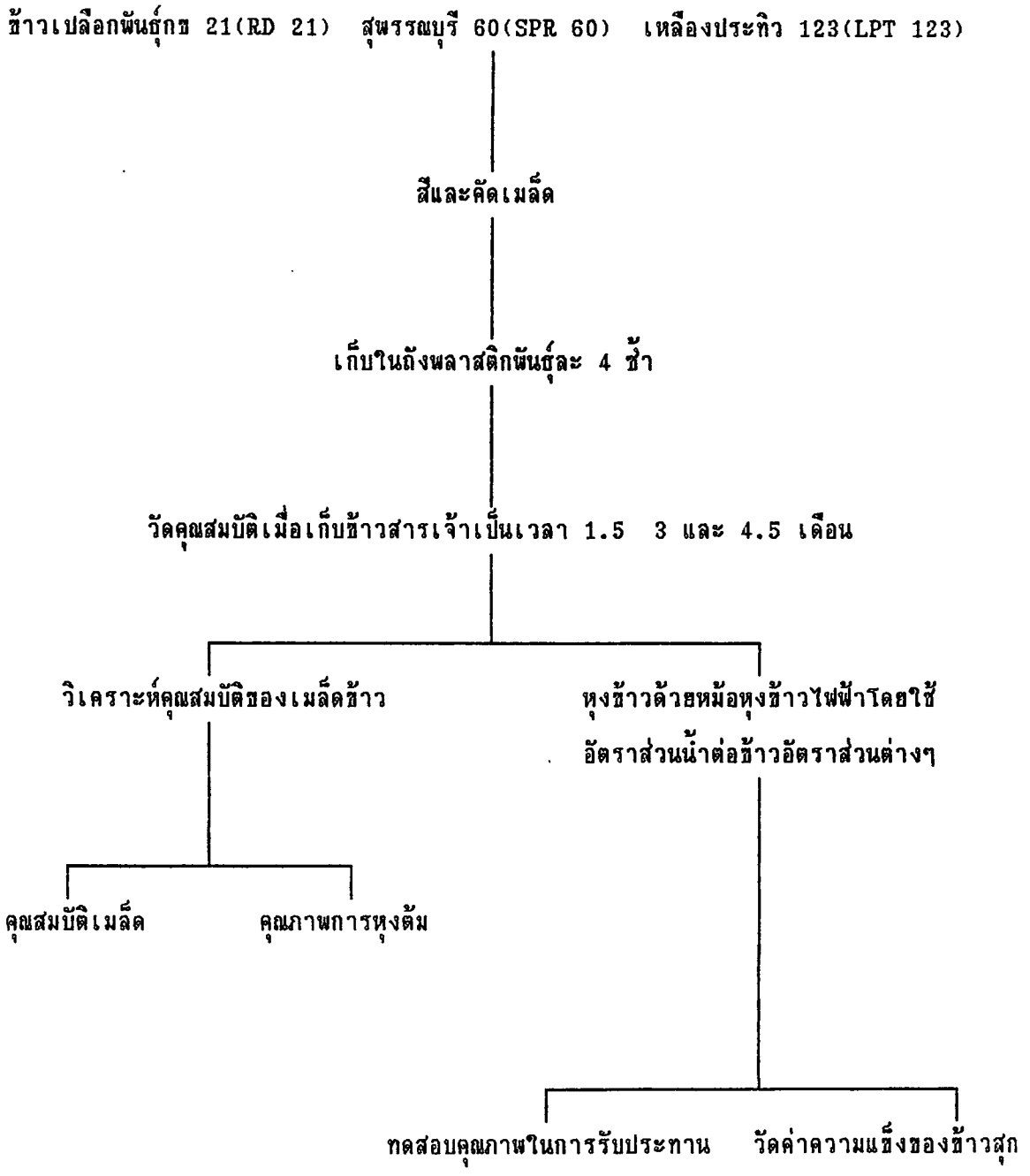
<u>อุปกรณ์</u>

- Aluminium can
- Blender
- Hot air oven

<u>วิธีทดลอง</u>

ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดด้วย blender ประมาณ 2 ก. ใส่ลงใน aluminium can ที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว โดยชั่งข้าวพร้อมกับ aluminium can ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำตัวอย่างพร้อม aluminium can ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น(desicator) นำน้ำหนักมาคำนวณหาเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนักเปียก

$$\text{ความชื้นข้าวสาร (\%)} = \frac{\text{(น้ำหนักข้าวสารก่อนอบ - น้ำหนักข้าวสารหลังอบ) x 100}}{\text{น้ำหนักข้าวสารก่อนอบ}}$$



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภูมิของขั้นตอนการทดลอง

3.2.2. วิเคราะห์ปริมาณอไมโลส (amylose content, %)

ใช้วิธีการของ Juliano (1972)

อุปกรณ์

- ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล.
- Spectrophotometer
- water bath

สารเคมี

- กรดอะซิติก 1 นอร์มอล (กรดอะซิติก 57.75 มล. ในน้ำกลั่น 100 มล.)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 ก.ละลายในน้ำกลั่น1000 มล.)
- เอทธิลแอลกอฮอล์ 95 %
- สารละลายไอโอดีน (I_2 0.4 ก. ผสมกับ KI 4.0 ก. ละลายในน้ำกลั่น 200 มล.)
- อไมโลสบริสุทธิ์

วิธีทดลอง

เตรียมตัวอย่างโดยบดเมล็ดข้าวให้ละเอียดจนเป็นแป้ง ชั่งแป้ง 0.100 ก. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. เติมเอทธิลแอลกอออล์ 95 % 1 มล. หมุนขวดตวงปริมาตรเบาๆให้แป้งกระจายตัว เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล (NaOH) 9 มล. นำมาต้มในอ่างน้ำร้อน (water bath)10 นาที แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล.ด้วยน้ำกลั่น วางทิ้งไว้ 24 ชม. ตวงสารละลายแป้ง 5 มล.ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ที่มีสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มอล 1 มล. และสารละลายไอโอดีน 2 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล.ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้นาน 30 นาที นำมาอ่านค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ 620 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาหาปริมาณอไมโลสจากกราฟมาตรฐาน (ดูในภาคผนวก)

หมายเหตุ ต้อง Standardize สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ด้วยสารละลาย KHP

3.2.3 การวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency,mm)

ใช้วิธีการของ Cagampang et.al. (1973) โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์

- test tube mixer
- หลอดแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3 ซม. และยาวอย่างน้อย 10 ซม. มีฝาปิด หรือใช้ลูกแก้ว

ปิดปากหลอด

- ปิเปต
- water bath

สารเคมี

- 95 % EtOH โดยปริมาตร ที่มี 0.025 % thymol blue
- 0.2 N KOH (KOH 85 % 1.31831 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล.)

หมายเหตุ ควรเตรียมสารเคมีอย่างน้อย 1 คืน ก่อนทำการทดลอง

วิธีการทดลอง

ชั่งแป้งข้าวสารบดละเอียด 0.1 ก. ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม EtOH 95 % ที่มี thymol blue อยู่ 0.025 % 2 มล. และ KOH 0.2 N 2 มล. เขย่าให้เข้ากัน และปั่นด้วย test tube mixer เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นปิดปากหลอดและนำหลอดไปต้มใน water bath ที่มีน้ำร้อนเดือดพล่านนาน 8 นาที นำหลอดขึ้นมาปั่นด้วย test tube mixer อีกครั้งเป็นเวลา 10 วินาที นำหลอดไปแช่ในน้ำเย็นจัด (ผสมน้ำแข็ง) นาน 20 นาที โดยเปิดฝา หลังจากนั้นนำหลอดไปวางตามแนวนอนที่มีกระดาษกราฟ ทิ้งไว้ 30 นาที บันทึกระยะทางที่เจลไหลได้

3.2.4 การวิเคราะห์ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (alkali spreading value)

ใช้วิธีการของ Little et.al. (1958) โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์

- จานแก้ว (plate)
- แท่งแก้ว

สารเคมี

- 1.7 $\pm$ 0.05 % KOH (KOH 85 % 9.99988 ก. ละลายในน้ำกลั่น 500 มล.)

หมายเหตุ - ควรเตรียมสารเคมีก่อนอย่างน้อย 1 คืน ก่อนทำการทดลอง

- ต้อง Standardize สารละลาย KOH 1.7 $\pm$ 0.05 % ด้วยสารละลาย KHP

วิธีทดลอง

สุ่มข้าวสารที่มีลักษณะเต็มเมล็ดโดยสมบูรณ์ 10 เมล็ด ใส่ลงในจานแก้ว เติม 1.7 $\pm$ 0.05 % KOH ให้ท่วมเมล็ด (ประมาณ 27 มล.) ใช้แท่งแก้วจัดให้เมล็ดข้าวแยกจากกัน ปิดฝา ทิ้งไว้ 23 ชม. ห้าม

เคลื่อนที่โดยเด็ดขาด เมื่อครบ 23 ชม. สังเกตลักษณะเมล็ด และบันทึกค่าการสลายเมล็ดตั้งแต่ 1-7 (ดูในภาคผนวก)

3.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjehdahl (AOAC ,1984)

3.2.6 การหาเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุก (Cooking time)

ใช้วิธีของ Ranghino (1966) โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์

- จานแก้ว (plate)
- hot plate
- บีกเกอร์ 250 มล.

วิธีทดลอง

ต้มน้ำปริมาตร 150 มล.ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล.ให้เดือด เติมข้าวสาร 5 ก.ลงไป เริ่มจับเวลาตั้งแต่เทข้าวแล้ว เมื่อครบ 10 นาที จึงตักข้าว 10 เมล็ดขึ้นมาบี้บนจานแก้วทุกๆ 1 นาที ทำเช่นนี้จนกระทั่งข้าวที่บี้ทั้ง 10 เมล็ด ไม่มีลักษณะเป็นไตทั้งเมล็ด เวลาที่ข้าวมีลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุก

3.2.7 การหาอัตราการยืดตัวตามความยาวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation Ratio)

ใช้วิธีการของ Juliano and Peraz (1984) โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์

- ตะแกรงลวดทรงกระบอกสูง
- hot plate
- บีกเกอร์ 250 มล.

วิธีทดลอง

เลือกข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ดโดยสมบูรณ์ 20 เมล็ด วัดความยาวแล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำขึ้นสะเด็ดน้ำใส่ลงในตะแกรงลวดทรงกระบอกสูง นำไปต้มในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. ที่มีน้ำเดือดปริมาตร 150 มล. ต้มนาน 10 นาที จากนั้นนำตะแกรงขึ้นจุ่มลงในน้ำเย็นแล้วตั้งให้สะเด็ดน้ำ นำไปวัดความยาวเมล็ดข้าวสุก

$$\text{Elongation Ratio} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยเมล็ดข้าวสุก,มม.}}{\text{ความยาวเฉลี่ยเมล็ดข้าวสาร,มม.}}$$

3.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้ม (Cooking Quality Test)

ใช้วิธีการของ Batcher et.al. (1956) โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์

- ตะแกรงลวดทรงกระบอกสูง
- ปิเปต
- บีกเกอร์ 250 มล.
- hot plate
- aluminium can
- เวอร์เนีย คาลิเปอร์

วิธีทดลอง

เทข้าวสารหนัก 10 ก. ลงในตะแกรงทรงกระบอกสูง วัดความสูงของข้าวโดยรอบตะแกรง 5 จุด บันทึกค่า นำตะแกรงไปต้มในน้ำกลั่นเดือดเป็นเวลานานเท่า cooking time ที่หาได้ จากนั้นยกตะแกรงขึ้น ล้างข้าวในตะแกรงด้วยน้ำกลั่นจนน้ำที่ไหลออกมาใส (ประมาณ 50 มล.) ระวังปริมาตรน้ำทั้งหมดในบีกเกอร์เกิน 250 มล. ตั้งตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ วัดความสูงของข้าวสุก 5 จุด และน้ำหนักข้าวสุก บันทึกค่า นำไปคำนวณอัตราการขยายตัวทางปริมาตร และค่าการดูดซึมน้ำ

น้ำข้าวที่ได้ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล. ล้างเอาน้ำข้าวในบีกเกอร์ออกให้หมดด้วยน้ำกลั่นแล้วเทลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรเป็น 250 มล. ดูดสารละลายที่ได้ 25 มล. ลงใน aluminium can ที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชม. ทำให้เย็นใน desication นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล คำนวนหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว

$$\text{อัตราการขยายตัวทางปริมาตรของข้าวสุก} = \frac{\text{ความสูงเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความสูงเฉลี่ยของข้าวสาร}} \quad \text{เท่า}$$

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุก}}{\text{น้ำหนักข้าวสาร}} \quad \text{เท่า}$$

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว} = \frac{\text{น.น.น้ำข้าวหลังอบ} \times 250 \times 100}{\text{น.น.น้ำข้าวก่อนอบ} \times \text{น.น.ข้าวสารเริ่มต้น}} \quad \%$$

97068

3.4 การทดสอบคุณภาพในการรับประทาน (Eating Quality test)

อุปกรณ์

- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
- กระบอกตวง 1000 มล.

วิธีทดลอง

ทำการหุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวต่างๆ พันธุ์ละ 4 อัตราส่วนดังนี้

พันธุ์ข้าวเจ้า		อัตราส่วนน้ำต่อข้าว 4 อัตราส่วน			
กข 21	(RD 21)	1.3	1.5	1.7	1.9
สุพรรณบุรี 60	(SPR 60)	1.7	1.9	2.1	2.3
เหลืองประทิว 123	(LPT 123)	2.1	2.3	2.5	2.7

การทดสอบคุณภาพในการรับประทานใช้แบบทดสอบ 9-point Hedonic scale ทำการทดสอบทางด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบ โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ 24 คน

3.5 การวัดความแข็งของข้าวสุก

การวัดความแข็งของข้าวสุกวัดด้วยวิธี Back Extrusion Test (กิตติชัย,2534) โดยมีรายละเอียดการวัดดังนี้

อุปกรณ์

- KMITL Food Texture Measuring Instrument
- Test Cell รูปทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.9 มม. และหัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง28.9 มม. โดยทำให้มีช่องว่างโดยรอบระหว่างหัวกดกับทรงกระบอกเท่ากับ 1 มม.

วิธีทดลอง

บรรจุข้าวสุกจำนวน 20 กรัม ลงในกระบอก Test Cell ดันคันโยกให้ระบบไฮโดรลิกทำงาน หัวกดซึ่งต่อกับ Load Cell ของ KMITL Food Texture Measuring Instrument จะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็ว 12 ซม./นาที กดผ่านข้าวสุกในกระบอกจนถึงระยะห่างจากฐานของอุปกรณ์ 1 มม. ค่าความแข็งของข้าวสุกจะปรากฏเป็นเส้นกราฟที่จอคอมพิวเตอร์ และจะถูกบันทึกโดยอัตโนมัติลงบนแผ่นบันทึกข้อมูล

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติ และคุณภาพการหุงต้มของข้าว

4.1.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวทั้ง 3 พันธุ์

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติ และคุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ คือ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123 พบว่ามีปริมาณอไมโลสเท่ากับ 18.35 24.5 และ 27.26 % (w/w) ตามลำดับ มีค่าความคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 7.2 4.8 และ 4.4 ตามลำดับ แสดงว่าข้าวพันธุ์ กข 21เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเหนียว นุ่ม เนื่องจากมีปริมาณอไมโลสต่ำและมีแป้งสุกอ่อน ส่วนพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123 จะมีลักษณะแข็ง และร่วนกว่า เนื่องจากมีปริมาณอไมโลสปานกลางและสูงตามลำดับ และลักษณะแป้งสุกแข็งทั้ง 2 พันธุ์ ปริมาณโปรตีนของข้าวทั้ง 3 พันธุ์อยู่ในช่วง 6.8-7.7 % (w/w) ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 7 6.625 และ 5.475 ตามลำดับ แสดงว่าพันธุ์ กข 21 มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำข้าวหุงสุกได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับเวลาที่ใช้หุงต้มข้าวให้สุก (cooking time) ที่ทดลองได้ ส่วนพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 ควรจะมี cooking time มากกว่าพันธุ์ กข 21 และน้อยกว่าพันธุ์เหลืองประทิว 123 แต่จากการทดลองพบว่า cooking time ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีค่ามากกว่าข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว 123 อาจเนื่องมาจากลักษณะธรรมชาติของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เอง

4.1.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1.5 3 และ 4.5 เดือน

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาจากตาราง 4.1 พบว่าปริมาณอไมโลสและโปรตีนมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่ออายุเก็บรักษานานขึ้นและไม่ต่างกันทางสถิติทั้ง 3 พันธุ์ ค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวพันธุ์ กข 21 และสุพรรณบุรี 60 มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนพันธุ์เหลืองประทิว 123 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยข้าวพันธุ์ กข 21 มีค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 7 ตลอดอายุเก็บรักษา ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและไม่ต่างกันทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่าปริมาณอไมโลส โปรตีน ค่าความคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายเมล็ดในด่าง ของข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนานถึง 4.5 เดือน

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติ และคุณภาพการหุงต้มเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123

คุณสมบัติ	อายุเก็บรักษา (เดือน)	พันธุ์ กข 21			พันธุ์สุพรรณบุรี 60			พันธุ์เหลืองประทิว 123		
		Mean[1,2]	SD	CV	Mean[1,2]	SD	CV	Mean[1,2]	SD	CV
amylose content (%)	1.5	18.35[a]	0.191	1.044	24.49[a]	0.397	1.620	27.26[a]	0.275	1.009
	3.0	18.15[a]	0.300	1.653	23.93[a]	1.307	5.464	26.50[a]	0.872	3.290
	4.5	17.68[a]	0.450	2.546	22.90[a]	1.117	4.876	26.10[a]	0.408	1.564
gel consistency (mm)	1.5	72.13[a]	1.652	2.290	48.25[a]	0.500	1.036	41.00[a]	0.816	1.991
	3.0	72.75[a]	0.957	1.316	48.55[a]	0.577	1.190	40.13[a]	0.250	0.623
	4.5	73.50[a]	1.000	1.361	50.75[a]	0.957	1.887	38.88[a]	0.629	1.618
alkali value	1.5	7.00[a]	0	0	6.63[a]	0.340	5.137	5.48[a]	0.050	0.913
	3.0	7.00[a]	0	0	6.48[a]	0.263	4.062	5.55[a]	0.100	1.802
	4.5	7.00[a]	0	0	6.75[a]	0.191	2.837	5.63[a]	0.096	1.702
protein content (%)	1.5	7.69[a]	0.085	1.107	6.83[a]	0.096	1.412	6.93[a]	0.027	0.395
	3.0	7.58[a]	0.111	1.458	6.65[a]	0.107	1.607	6.90[a]	0.046	0.669
	4.5	7.49[a]	0.127	1.699	6.62[a]	0.081	1.230	6.88[a]	0.055	0.802
cooking time (min)	1.5	16.00[a]	0	0	21.00[a]	0	0	19.00[a]	0	0
	3.0	17.00[b]	0	0	21.75[b]	0.500	2.299	20.75[b]	0.500	2.410
	4.5	17.00[b]	0	0	21.75[b]	0.500	2.299	20.75[b]	0.500	2.410
Elongation Ratio (time)	1.5	1.85[a]	0.012	0.660	1.50[a]	0.008	0.546	1.72[a]	0.012	0.674
	3.0	2.01[b]	0.020	1.008	1.75[b]	0.049	1.784	2.04[b]	0.111	5.438
	4.5	2.17[c]	0.031	1.411	1.99[c]	0.080	4.022	2.13[b]	0.036	1.713
Volume Expansion (time)	1.5	2.93[a]	0.252	8.594	3.13[a]	0.065	2.084	3.05[a]	0.295	9.673
	3.0	3.20[ab]	0.133	4.254	3.29[ab]	0.098	2.971	3.74[b]	0.133	3.555
	4.5	3.37[b]	0.077	2.285	3.38[b]	0.229	6.770	3.86[b]	0.084	2.177
Total Solid (%)	1.5	17.63[a]	0.323	1.849	24.32[a]	0.778	3.123	12.55[a]	0.453	3.614
	3.0	8.48[b]	0.391	4.611	19.28[b]	0.536	2.779	8.55[b]	0.357	4.170
	4.5	8.37[b]	0.296	3.536	7.85[c]	0.178	2.235	7.76[b]	1.659	21.398
Water absorption (time)	1.5	2.70[a]	0.266	9.853	2.76[a]	0.093	3.389	3.03[a]	0.026	0.844
	3.0	2.97[ab]	0.091	3.062	2.86[a]	0.204	7.119	3.29[b]	0.093	2.811
	4.5	3.13[b]	0.169	5.406	3.07[b]	0.090	2.931	3.36[b]	0.031	0.912

1 เป็นค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง 4 ซ้ำ คะแนนของแต่ละซ้ำแสดงในภาคผนวก

2 ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

14497

4.1.2.1 การเปลี่ยนแปลงของเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุก พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทั้ง 3 พันธุ์ โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และตาราง 4.1สามารถหาสมการถดถอยระหว่างเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุก กับอายุเก็บรักษาของข้าวสารได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$CT = 0.333\ t + 15.667 \qquad \text{---------- สมการ 4.1}$$

$$R^2 = 0.75 \qquad SE = 0.19$$

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$CT = 0.250\ t + 20.750 \qquad \text{---------- สมการ 4.2}$$

$$R^2 = 0.75 \qquad SE = 0.14$$

ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

$$CT = 0.583\ t + 18.417 \qquad \text{---------- สมการ 4.3}$$

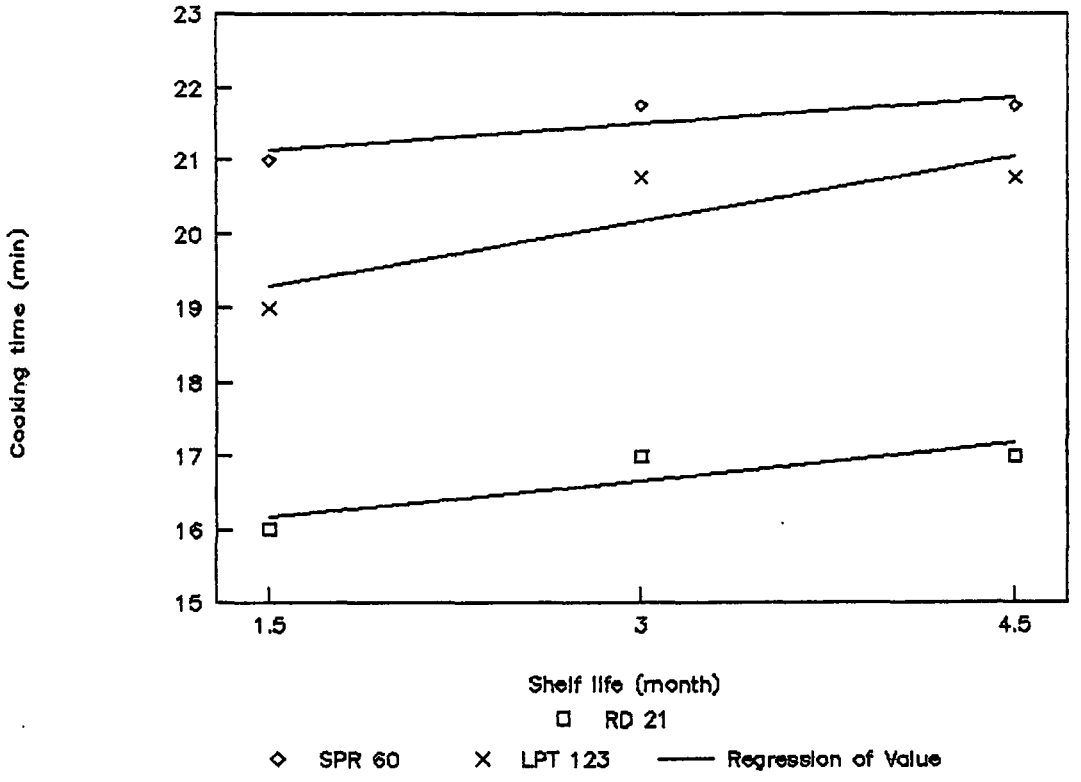
$$R^2 = 0.75 \qquad SE = 0.34$$

เมื่อ CT คือ ระยะเวลาในการหุงต้มข้าวให้สุก (cooking time , นาที)

t คือ อายุเก็บรักษาของข้าวสาร (shelf life , เดือน)

จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาที่ใช้หุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งแสดงด้วยความชันของสมการเส้นตรง 4.1 , 4.2 และ 4.3

สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร
แผนกเทคโนโลยีระดับแรงงาน
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการหุงต้มข้าวให้สุกเมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่างๆ และแสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

4.1.2.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก พบว่าอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทั้ง 3 พันธุ์ (ตารางที่ 4.1) การเปลี่ยนแปลงที่ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.2 และสามารถหาสมการถดถอยระหว่างอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกกับอายุเก็บรักษาของข้าวสารได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$ER = 0.108\ t + 1.685 \qquad \text{---------- สมการ 4.4}$$

$$R^2 = 0.99 \qquad SE = 0.002$$

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$ER = 0.161\ t + 1.264 \qquad \text{---------- สมการ 4.5}$$

$$R^2 = 0.99 \qquad SE = 0.002$$

ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

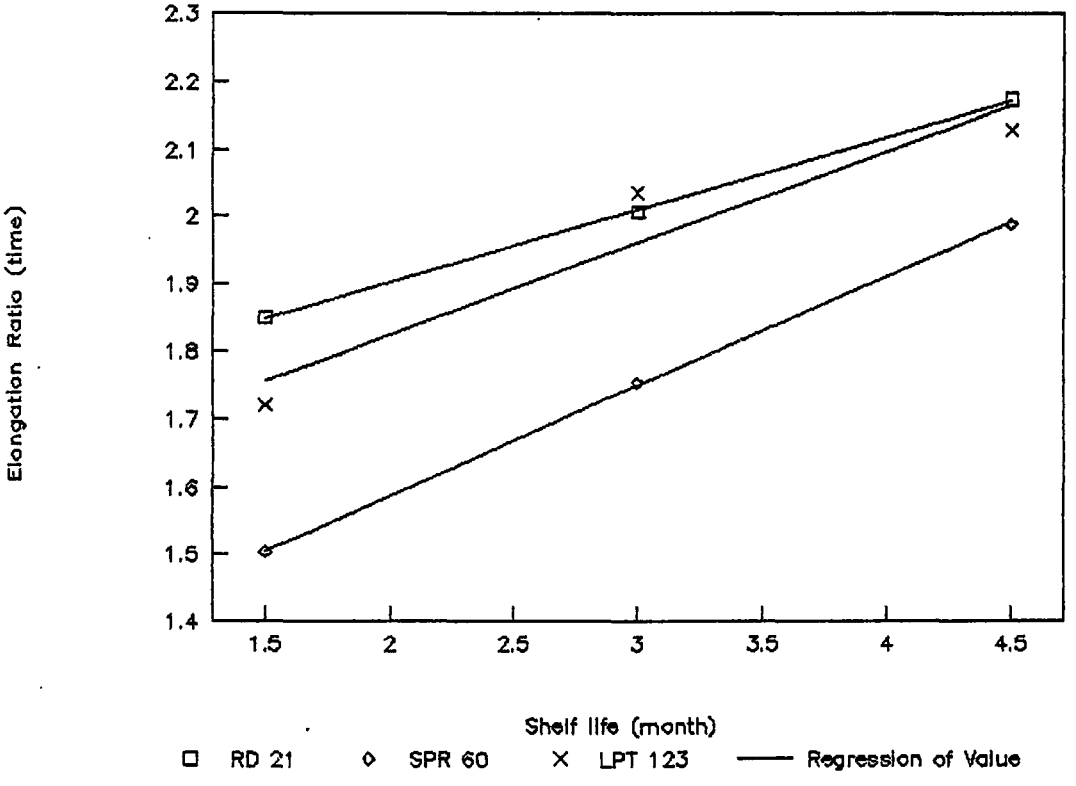
$$ER = 0.136\ t + 1.553 \qquad \text{---------- สมการ 4.6}$$

$$R^2 = 0.91 \qquad SE = 0.04$$

เมื่อ ER คือ อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation Ratio , เท่า)

t คือ อายุเก็บรักษาของข้าวสาร (shelf life ,เดือน)

จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ซึ่งแสดงด้วยความชันในสมการ 4.4 4.5 และ 4.6 มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกเมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่างๆ และแสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

4.1.2.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95 %ทั้ง 3 พันธุ์ (ตารางที่ 4.1) การเปลี่ยนแปลงแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.3 สามารถหาสมการถดถอยระหว่างอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก กับอายุเก็บรักษาของข้าวสารได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$VE = 0.146\ t + 2.730 \qquad \text{---------- สมการ 4.7}$$

$R^2 = 0.98$ SE = 0.02

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$VE = 0.084\ t + 3.014 \qquad \text{---------- สมการ 4.8}$$

$R^2 = 0.97$ SE = 0.01

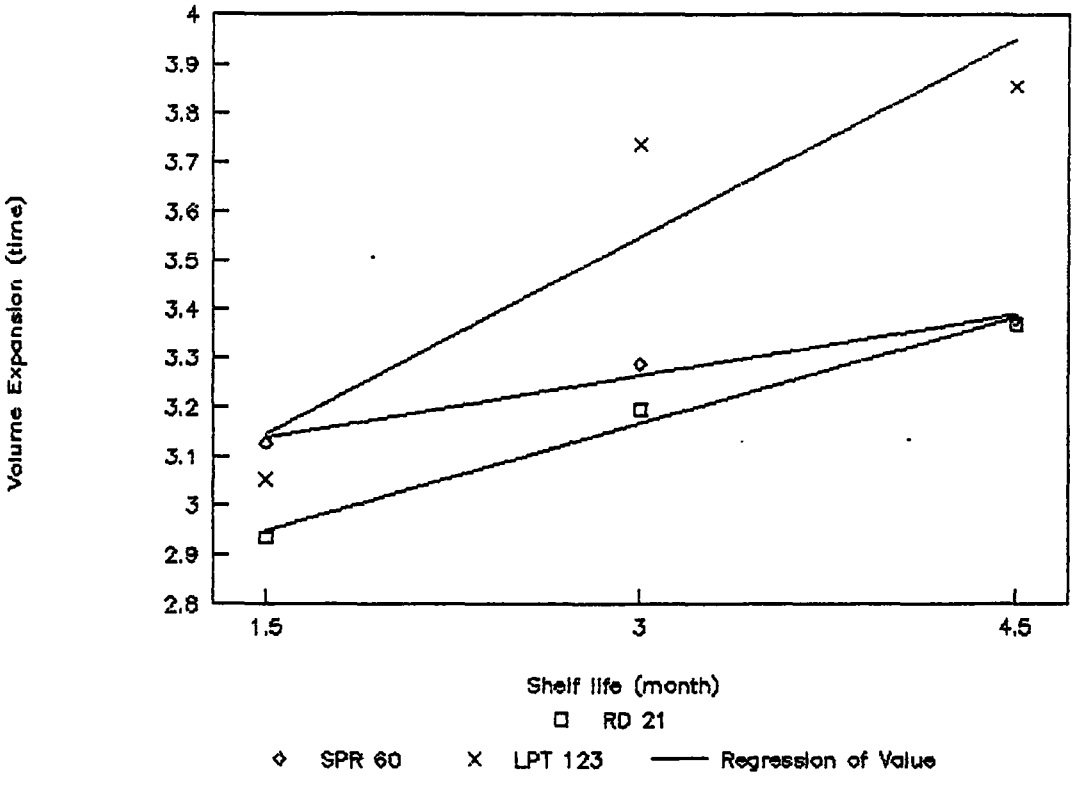
ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

$$VE = 0.268\ t + 2.744 \qquad \text{---------- สมการ 4.9}$$

$R^2 = 0.86$ SE = 0.11

เมื่อ VE คือ อัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก (Volume Expansion,เท่า)

t คือ อายุเก็บรักษาของข้าวสาร (shelf life,เดือน)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก เมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่างๆ และแสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

4.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าว

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าว พบว่าจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ทั้ง 3 พันธุ์ (ตารางที่ 4.1) การเปลี่ยนแปลงที่ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.4 สามารถหาสมการถดถอยระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าว กับอายุเก็บรักษาของข้าวสารได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$TS = -3.095\ t + 20.787 \qquad \text{---------- สมการ 4.10}$$

$$R^2 = 0.76 \qquad SE = 1.74$$

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$TS = -5.690\ t + 34.417 \qquad \text{---------- สมการ 4.11}$$

$$R^2 = 0.96 \qquad SE = 1.11$$

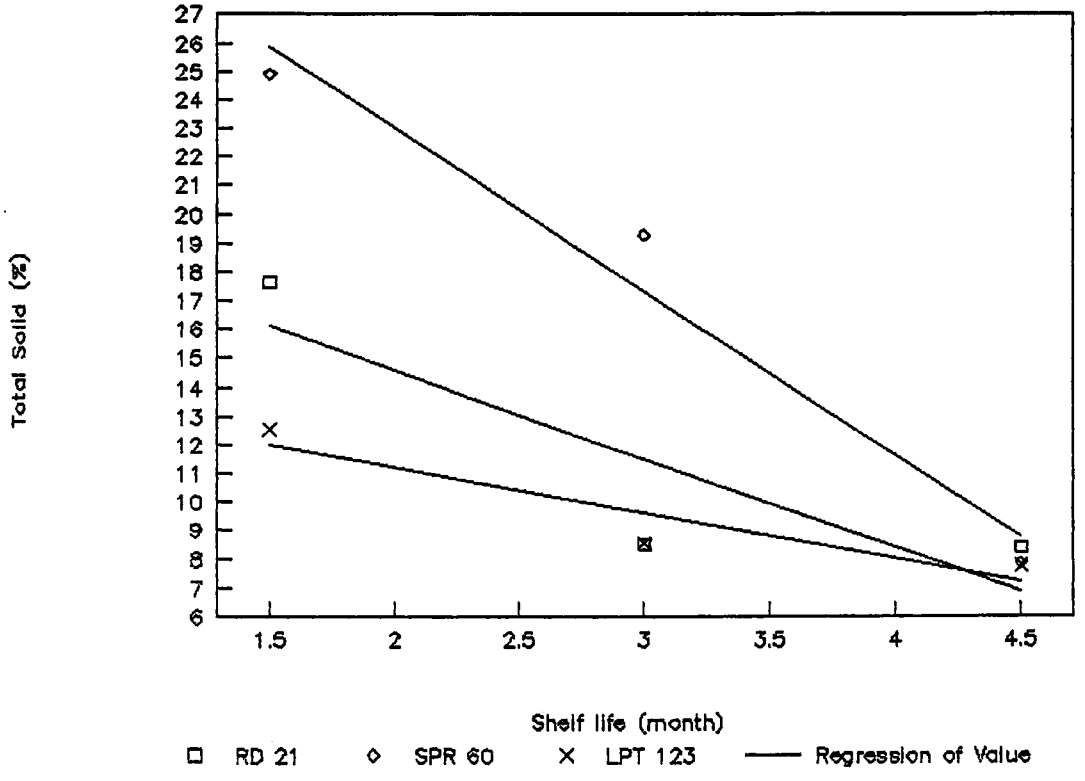
ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

$$TS = -1.598\ t + 14.411 \qquad \text{---------- สมการ 4.12}$$

$$R^2 = 0.87 \qquad SE = 0.62$$

เมื่อ TS คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าว (Total Solid , %)

t คือ อายุเก็บรักษาของข้าวสาร (shelf life , เดือน)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าวเมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่างๆ และแสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

4.1.2.5 การเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุก

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุก พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ทั้ง 3 พันธุ์ (ตารางที่ 4.1) การเปลี่ยนแปลงนี้ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.5 และสามารถหาสมการถดถอยระหว่างค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุก กับอายุเก็บรักษาของข้าวสารได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$WA = 0.142\ t + 2.509 \qquad \text{---------- สมการ 4.13}$$

$$R^2 = 0.98 \qquad SE = 0.02$$

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$WA = 0.103\ t + 2.588 \qquad \text{---------- สมการ 4.14}$$

$$R^2 = 0.96 \qquad SE = 0.02$$

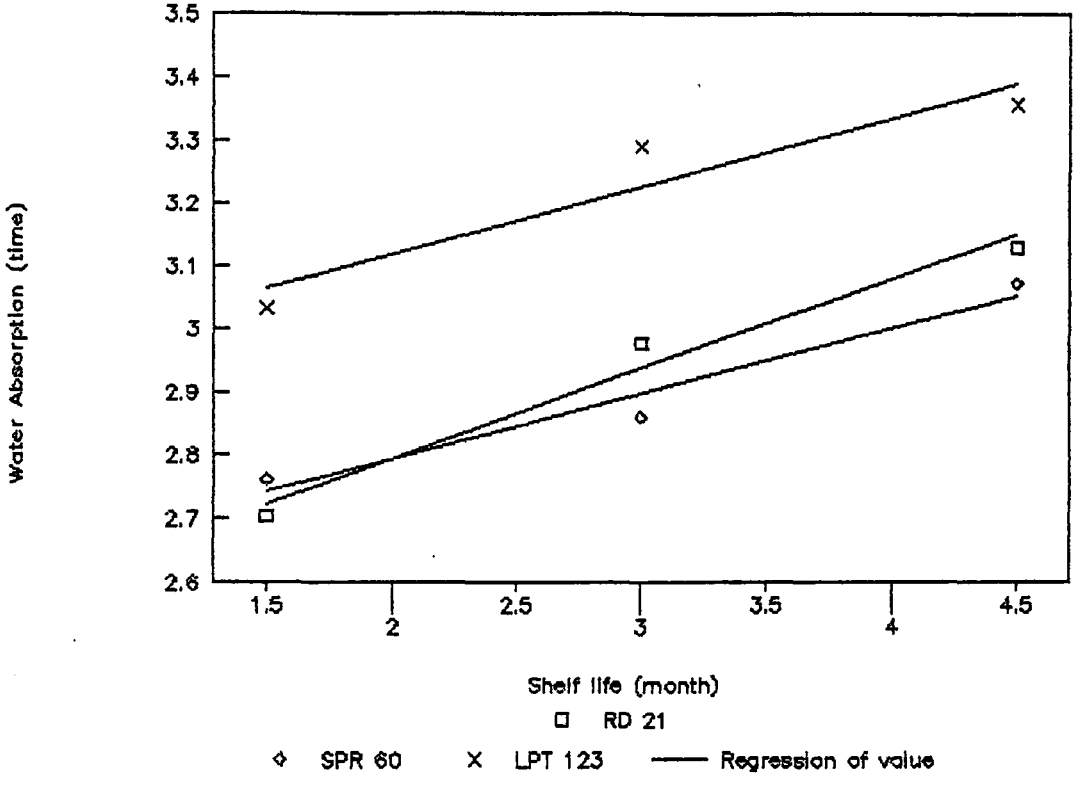
ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

$$WA = 0.108\ t + 2.902 \qquad \text{---------- สมการ 4.15}$$

$$R^2 = 0.90 \qquad SE = 0.04$$

เมื่อ WA คือ ค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุก (Water Absorption ,เท่า)

t คือ อายุเก็บรักษาของข้าวสาร (shelf life ,เดือน)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสุกเมื่อเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลาต่างๆ และแสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

4.2 ผลการทดสอบคุณภาพในการรับประทานด้วยประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพการรับประทานด้วยประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยให้ผู้ชิมพิจารณาจาก สี (Color) ความเหนียว (Stickiness) ความนุ่ม (Tenderness) และความชอบโดยรวม (Preference Score) ของข้าวสุกทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเก็บเป็นระยะเวลาต่างๆและหุงด้วยน้ำอัตราส่วนต่างๆ

4.2.1 การทดสอบสี

จากคะแนนทดสอบคุณภาพการรับประทานในตารางที่ 4.2 พบว่าข้าวพันธุ์ กข 21 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 4.5 เดือน คะแนนทดสอบทางด้านสีมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการยอมรับของผู้บริโภคอาจมีเรื่องสีเข้ามาเกี่ยวข้องเมื่ออายุเก็บรักษาข้าวสารนานขึ้น การทดลองอาจเห็นผลได้ชัดเจนมากขึ้นถ้าทำการเก็บรักษาข้าวสารนานกว่า 4.5 เดือน คุณสมบัติทางด้านสีจะไม่มีความเปลี่ยนแปลงทางสถิติเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้หุงเพิ่มขึ้น

4.2.2 การทดสอบความเหนียว

จากคะแนนทดสอบคุณภาพการรับประทานในตารางที่ 4.3 พบว่าคะแนนในเรื่องความเหนียว มีเพียงข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 เท่านั้นที่มีคะแนนลดลงทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่ออายุเก็บรักษาข้าวสารนานขึ้น ส่วนข้าวพันธุ์ กข 21 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ คะแนนทดสอบทางด้านความเหนียวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้หุงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากคำแนะนำของผู้ทดสอบพบว่า ข้าวพันธุ์ กข 21 ที่มีอายุเก็บรักษานาน 4.5 เดือน จะมีกลิ่นเหม็นอับมากขึ้น

ตารางที่ 4.2 คะแนนการทดสอบคุณภาพการรับประทานด้านสี

เรื่อง	พันธุ์ข้าว	อายุเก็บรักษา	คะแนนการชิมที่อัตราส่วนน้ำต่อข้าว [1,2]							
		(เดือน)	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7
สี	กข 21	1.5	$^{n}5.20^{a}$	$^{n}5.72^{a}$	$^{n}5.77^{a}$	$^{n}5.59^{a}$	-	-	-	-
		3.0	$^{n}5.33^{a}$	$^{n}5.39^{a}$	$^{n}5.48^{a}$	$^{n}5.68^{a}$	-	-	-	-
		4.5	$^{n}4.45^{a}$	$^{n}4.46^{a}$	$^{n}4.37^{a}$	$^{n}4.60^{a}$	-	-	-	-
	สุพรรณบุรี	1.5	-	-	$^{n}5.96^{a}$	$^{n}6.18^{a}$	$^{n}6.19^{a}$	$^{n}6.06^{a}$	-	-
	60	3.0	-	-	$^{n}5.82^{a}$	$^{n}5.85^{a}$	$^{n}6.03^{a}$	$^{n}5.93^{a}$	-	-
		4.5	-	-	$^{n}5.50^{a}$	$^{n}5.38^{a}$	$^{n}5.73^{a}$	$^{n}5.30^{a}$	-	-
	เหลืองประทิว	1.5	-	-	-	-	$^{n}5.28^{a}$	$^{n}5.49^{a}$	$^{n}5.58^{a}$	$^{n}5.59^{a}$
	123	3.0	-	-	-	-	$^{n}5.92^{a}$	$^{n}5.97^{a}$	$^{n}5.93^{a}$	$^{n}5.85^{a}$
		4.5	-	-	-	-	$^{n}5.36^{a}$	$^{n}5.49^{a}$	$^{n}5.43a$	$^{n}5.39^{a}$

1 เป็นค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 24 คน ตัวอย่าง 4 ซ้ำ คะแนนของแต่ละซ้ำแสดงในภาคผนวก

2 ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกัน และค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรภาษาไทยต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.3 คะแนนการทดสอบคุณภาพการรับประทานด้านความเหนียว

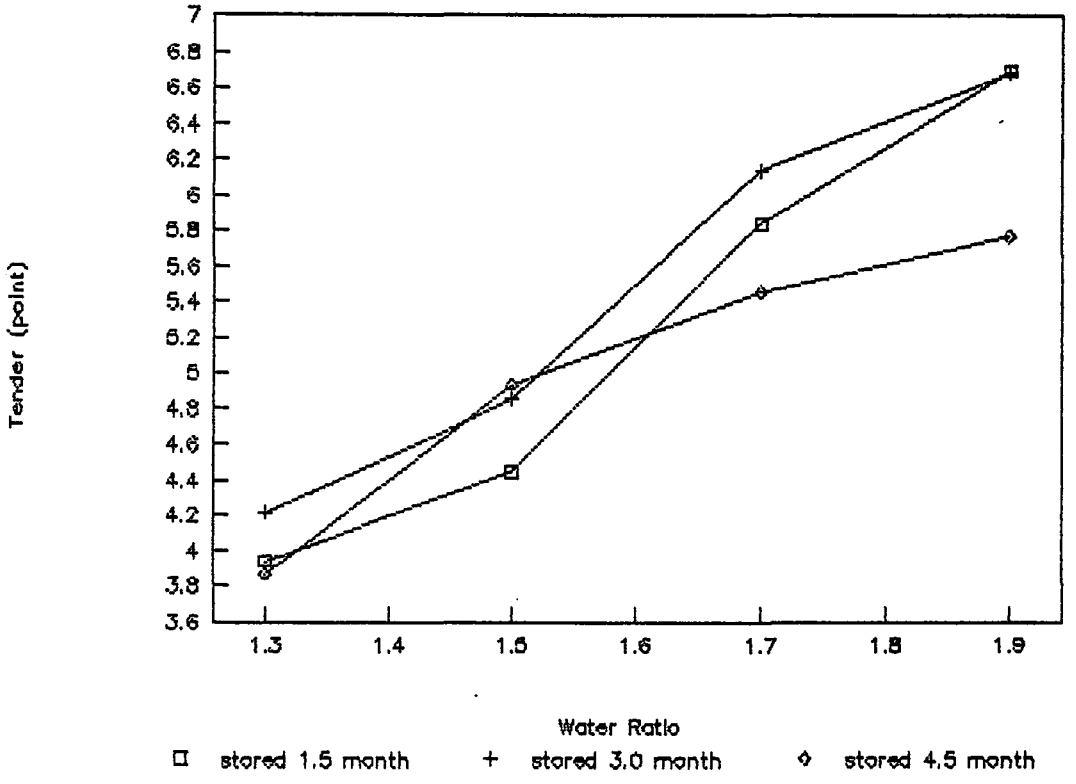
เรื่อง	พันธุ์ข้าว	อายุเก็บรักษา	คะแนนการชิมที่อัตราส่วนน้ำต่อข้าว [1,2]							
		(เดือน)	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7
ความ-	กข 21	1.5	$^{n}5.29^{a}$	$^{n}5.80^{b}$	$^{n}6.20^{c}$	$^{n}6.97^{d}$	-	-	-	-
เหนียว		3.0	$^{n}5.90^{a}$	$^{n}6.08^{a}$	$^{n}6.45^{b}$	$^{n}6.88^{c}$	-	-	-	-
		4.5	$^{n}5.65^{a}$	$^{n}6.18^{b}$	$^{n}6.48^{b}$	$^{n}6.94^{c}$	-	-	-	-
	สุพรรณบุรี	1.5	-	-	$^{n}4.13^{a}$	$^{n}4.35^{b}$	$^{n}4.76^{c}$	$^{n}5.43^{d}$	-	-
	60	3.0	-	-	$^{n}4.10^{a}$	$^{n}4.47^{b}$	$^{n}5.02^{c}$	$^{n}5.83^{d}$	-	-
		4.5	-	-	$^{n}3.98^{a}$	$^{n}4.35^{b}$	$^{n}4.95^{c}$	$^{n}5.49^{d}$	-	-
	เหลืองประทิว	1.5	-	-	-	-	$^{n}3.65^{a}$	$^{n}3.75^{b}$	$^{n}4.13^{b}$	$^{n}4.35^{c}$
	123	3.0	-	-	-	-	$^{w}3.17^{a}$	$^{w}3.34^{a}$	$^{n}4.31^{b}$	$^{w}5.06^{c}$
		4.5	-	-	-	-	$^{w}2.93^{a}$	$^{n}3.09^{a}$	$^{w}3.43^{b}$	$^{n}3.57^{b}$

1 เป็นค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 24 คน ตัวอย่าง 4 ซ้ำ คะแนนของแต่ละซ้ำแสดงในภาคผนวก

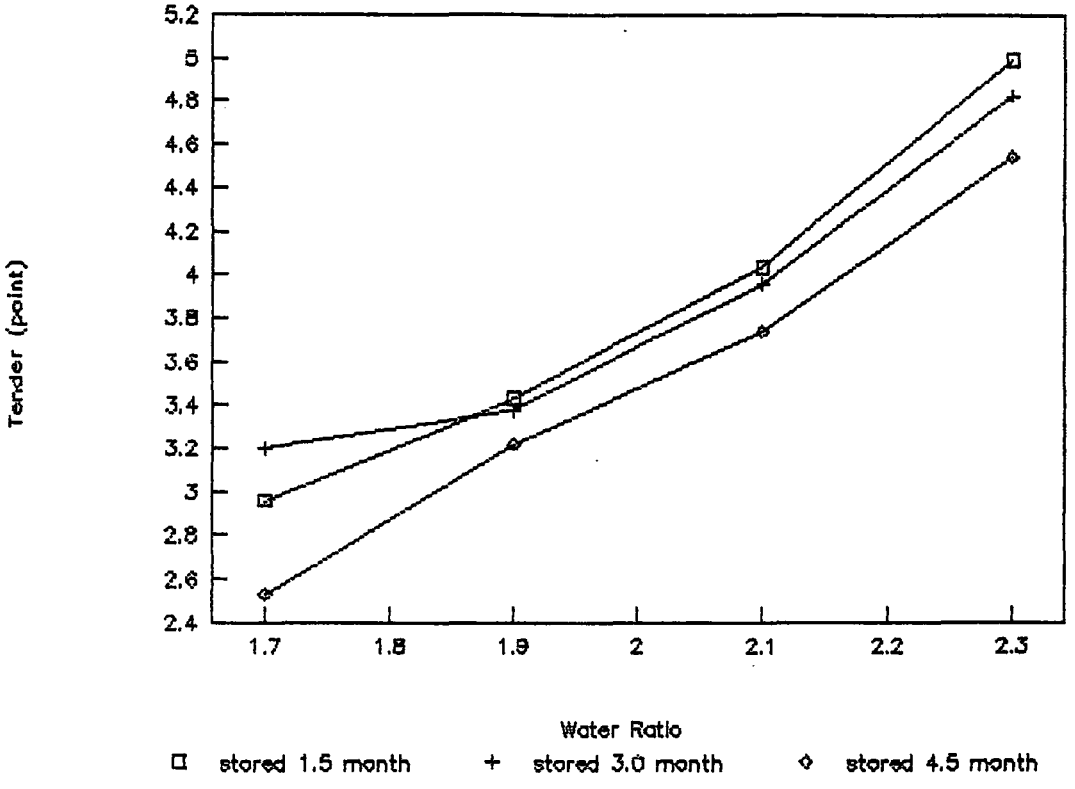
2 ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกัน และค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรภาษาไทยต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.2.3 การทดสอบความนุ่ม

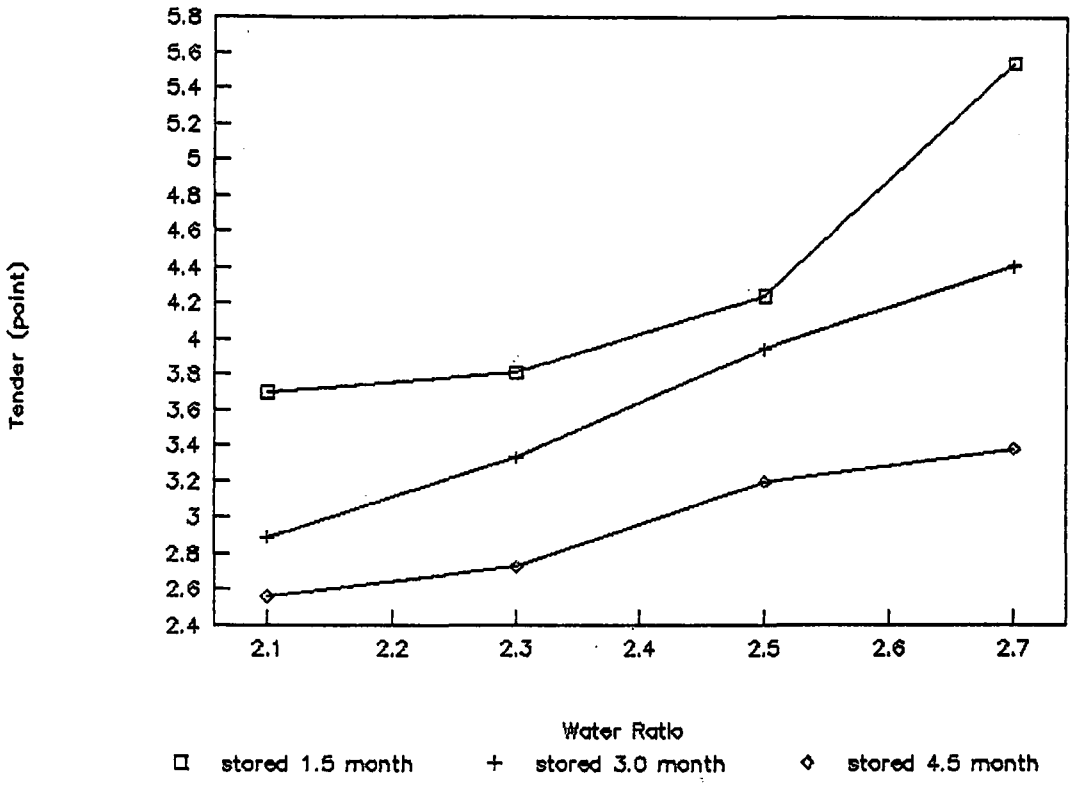
จากการทดสอบความนุ่มของข้าว พบว่าคะแนนทดสอบด้านความนุ่มของข้าวสุกของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าข้าวมีความนุ่มขึ้นเมื่อหุงด้วยอัตราส่วนน้ำต่อข้าวมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาอายุเก็บรักษาจะเห็นว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งแสดงว่าข้าวมีความนุ่มลดลงเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในผลการทดลองรูปที่ 4.6 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงและมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ



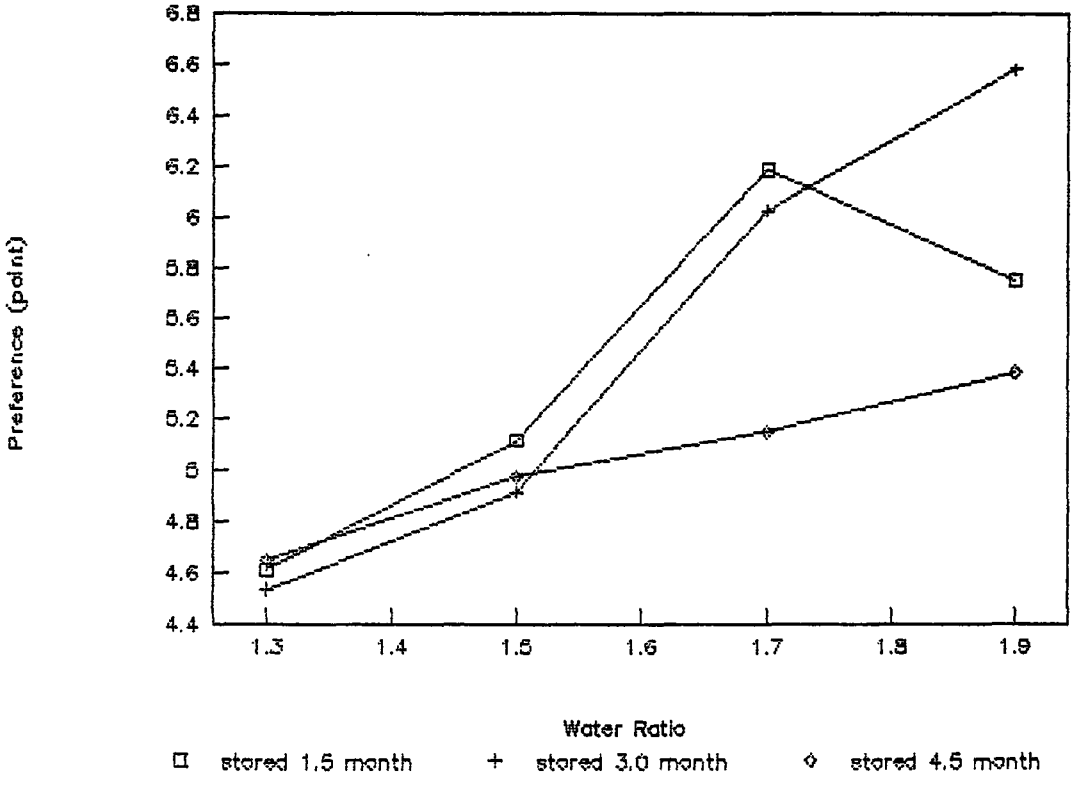
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์ สุพรรณบุรี 60 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงและมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงคะแนนความนุ่มของข้าวสุกพันธุ์ เหลืองประทิว 123 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ

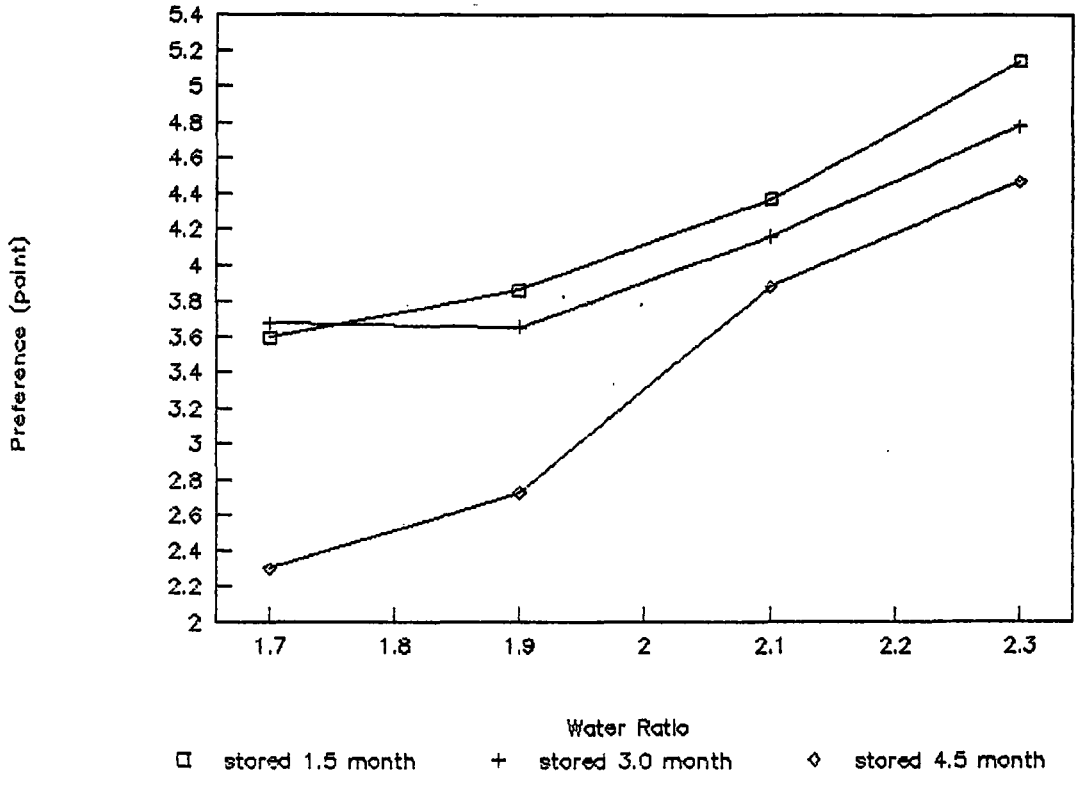
4.2.4 การทดสอบคะแนนความชอบโดยรวม

จากการทดสอบความชอบโดยรวมของข้าวสุก พบว่าคะแนนความชอบสูงสุดเมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานาน 1.5 เดือน มีค่าเท่ากับ 6.2 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงเป็น 1.7 แต่เมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานาน 3 และ 4.5 เดือน คะแนนความชอบสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.6 และ 5.4 ตามลำดับ จะใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงเป็น 1.9 ซึ่งแสดงว่าเมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานานขึ้น ข้าวจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีระดับความชอบสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ง) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนทดสอบความนุ่มของข้าวสุก ดังแสดงในผลการทดลองรูปที่ 4.9



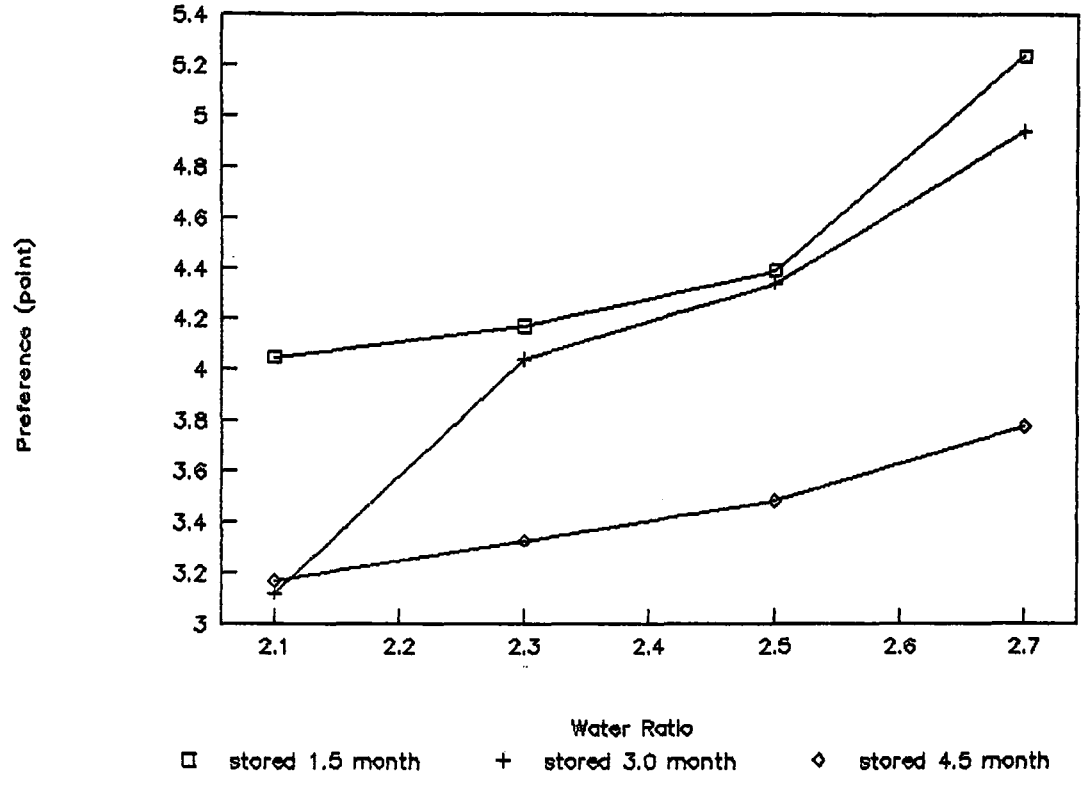
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงและมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ

ส่วนคะแนนความชอบสูงสุดของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษา 1.5 3 และ 4.5 เดือน มีค่าเท่ากับ 5.1 4.8 และ 4.5 ตามลำดับ โดยต้องใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวเป็นระดับสูงสุดคือ 2.3 ตลอดอายุเก็บรักษา ซึ่งแสดงว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 มีความแข็งมากกว่าข้าวพันธุ์ กข 21 และกลุ่มผู้บริโภคมีแนวโน้มชอบข้าวค่อนข้างนิ่ม จึงให้คะแนนมากขึ้นเมื่อข้าวมีความนุ่มเพิ่มขึ้น และจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานานขึ้นจะมีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อหุงด้วยอัตราส่วนน้ำเท่ากัน ดังแสดงในผลการทดลองรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงและมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ

คะแนนความชอบสูงสุดของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 เมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษา 1.5 3 และ 4.5 เดือน มีค่าเท่ากับ 5.237 4.937 และ 3.775 ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวเป็น 2.7 ตลอดอายุเก็บรักษา ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกันกับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ดังแสดงในผลการทดลองรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงและมีอายุเก็บรักษาต่าง ๆ

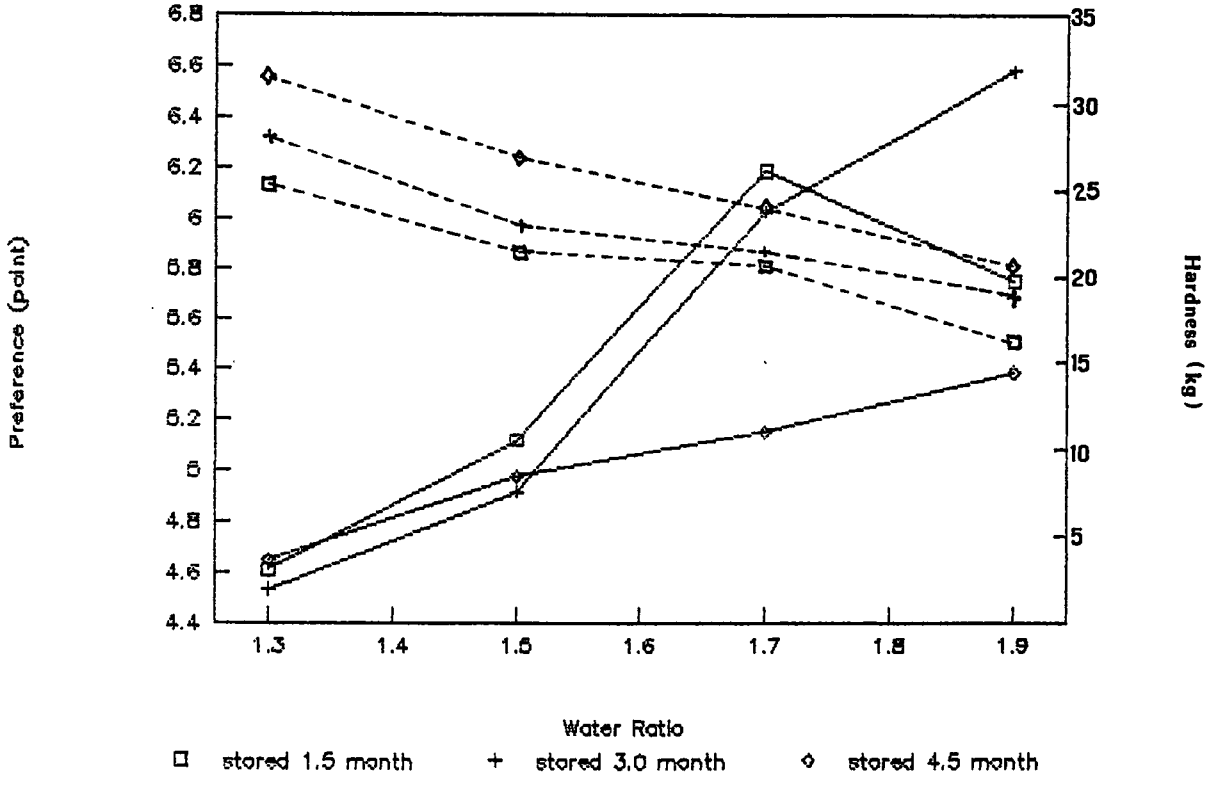
4.3 ผลการวัดความแข็งของข้าวสุก

เมื่อวัดความแข็งของข้าวสุกโดยใช้ KMITL Food Texture Measuring Instrument พบว่า ข้าวสุกจะมีค่าความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพการรับประทานจากผู้ทดสอบ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ความแข็งของข้าวสุกเมื่อวัดด้วย KMITL Food Texture Measuring Instrument

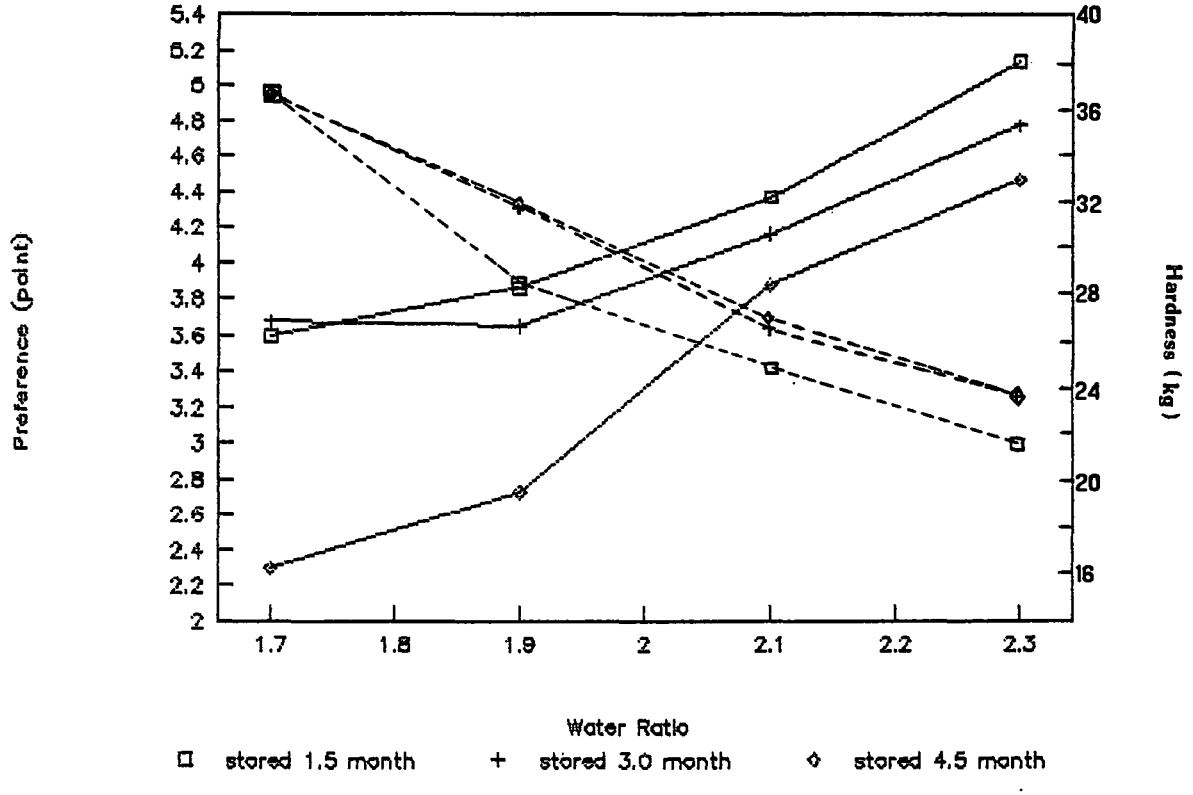
พันธุ์	อัตราส่วนน้ำต่อข้าว	เก็บรักษานาน 1.5 เดือน			เก็บรักษานาน 3.0 เดือน			เก็บรักษานาน 4.5 เดือน		
	(เท่า)	ค่าเฉลี่ย	SD	CV	ค่าเฉลี่ย	SD	CV	ค่าเฉลี่ย	SD	CV
กข 21	1.3	25.04	0.085	0.339	27.91	0.090	0.324	31.25	0.093	0.298
	1.5	21.25	0.092	0.435	22.73	0.077	0.337	26.63	0.085	0.319
	1.7	20.46	0.085	0.415	21.16	0.045	0.212	23.79	0.080	0.336
	1.9	15.96	0.085	0.533	18.59	0.098	0.528	20.24	0.099	0.490
สุพรรณบุรี 60	1.7	>36.59	0.000	0.000	>36.59	0.000	0.000	>36.59	0.000	0.000
	1.9	28.37	0.085	0.300	31.54	0.085	0.269	31.69	0.040	0.126
	2.1	24.71	0.080	0.324	26.37	0.085	0.322	26.75	0.092	0.345
	2.3	21.37	0.085	0.398	23.52	0.035	0.149	23.54	0.085	0.361
เหลืองประทิว	2.1	25.59	0.093	0.384	26.55	0.058	0.217	28.04	0.084	0.298
123	2.3	22.08	0.088	0.399	23.64	0.096	0.406	25.46	0.085	0.334
	2.5	20.25	0.092	0.456	20.81	0.095	0.456	22.65	0.105	0.465
	2.7	18.93	0.074	0.391	19.53	0.050	0.256	21.46	0.085	0.396

เมื่อนำค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 ที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต้มต่าง ๆ และข้าวมีอายุเก็บรักษานาน 1.5 3และ 4.5 เดือน ไปซ้อนกับกราฟแสดงความชอบของผู้ชิม (รูปที่ 4.12) พบว่าที่อายุเก็บรักษาข้าวนาน 1.5 เดือน ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดกับข้าวสุกที่มีค่าความแข็งเท่ากับ 20.5 กก. โดยที่อายุเก็บรักษาเดียวกันคะแนนความชอบสูงสุดจะลดลงเมื่อความแข็งมีค่าลดลงเหลือ 16 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวที่มีอายุเก็บรักษานาน 3 เดือน ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดกับข้าวสุกที่มีค่าความแข็งเท่ากับ 18.8 กก. โดยมีคะแนนความชอบสูงสุดมากกว่าข้าวที่มีอายุเก็บรักษา 1.5 เดือน ข้าวที่มีอายุเก็บรักษานาน 4.5 เดือน ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดกับข้าวสุกที่มีค่าความแข็งเท่ากับ 20.2 กก. แต่คะแนนความชอบสูงสุดที่ให้จะน้อยกว่าข้าวที่มีความแข็งมากกว่า แต่อายุเก็บรักษาน้อยกว่า ซึ่งอาจเกิดจากสีที่คล้ำขึ้น และข้าวมีกลิ่นอับมากขึ้น



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์ กข 21 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ

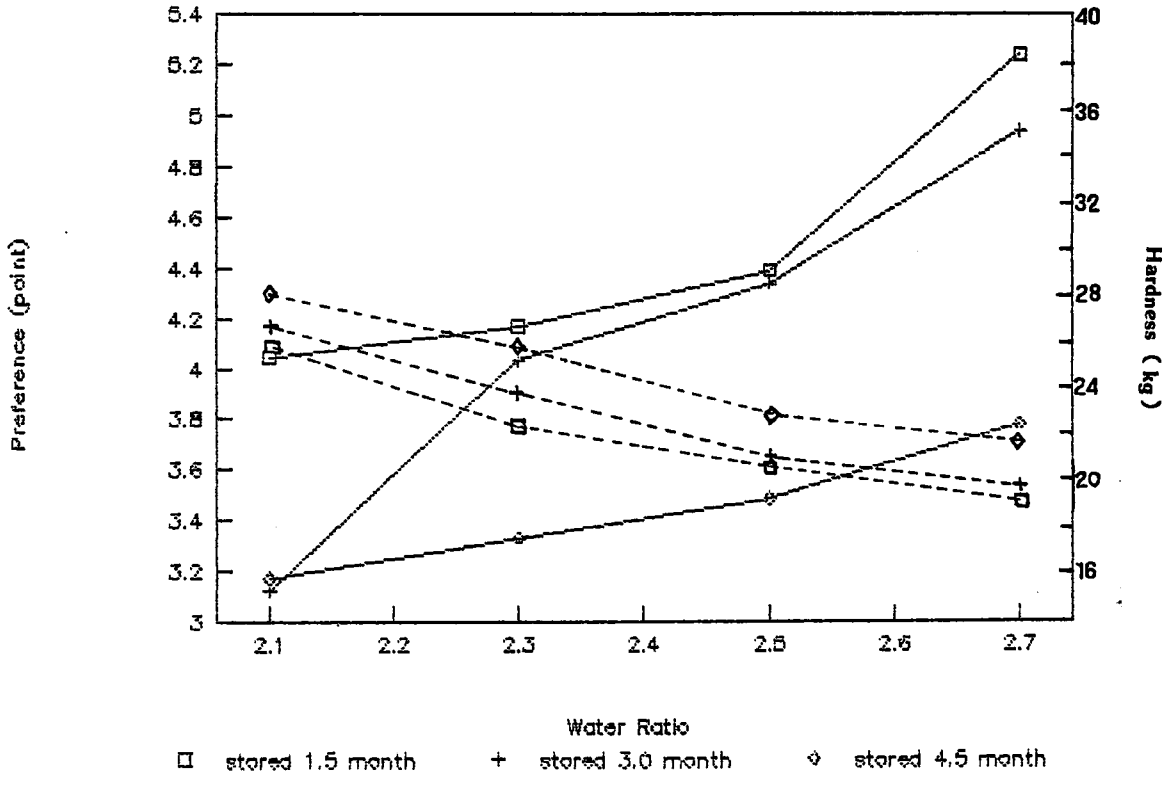
สำหรับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 (รูปที่ 4.13) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดกับข้าวสุกที่มีค่าความแข็งเป็น 21.4 23.5 และ 23.5 กก. เมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานาน 1.5 3 และ 4.5 เดือน ตามลำดับ ซึ่งความแข็งของข้าวสุกมีค่ามากกว่าข้าวสุกพันธุ์ กข 21 จึงทำให้คะแนนความชอบน้อยกว่า



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ

สำหรับข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดเมื่อข้าวมีค่าความแข็งเป็น 18.9 19.5 และ 21.5 กก. เมื่อข้าวมีอายุเก็บรักษานาน 1.5 3 และ 4.5 เดือนตามลำดับ มีข้อสังเกตว่า แม้ความแข็งของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่มีคะแนนการยอมรับสูงสุดจะมีค่าใกล้เคียงกับข้าวสุกพันธุ์ กข 21 แต่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มผู้ชิมส่วนใหญ่ชอบข้าวที่มีความเหนียว ดังนั้นข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 ซึ่งมีลักษณะร่วนกว่า จึงมีคะแนนความชอบต่ำกว่า

จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้ทราบว่าในการทดลองนี้ กลุ่มผู้บริโภคซึ่งมีแนวโน้มชอบข้าวนุ่มและเหนียว จะชอบข้าวสุกที่มีค่าความแข็งในช่วง 17-24 กก. โดยค่าที่พอเหมาะจะอยู่ในช่วง 18-20 กก. เนื่องจากในช่วงดังกล่าวผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับสูงสุด



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็งของข้าวสุกพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงระดับต่าง ๆ

4.4 การวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งข้าวสุก กับคุณสมบัติ และอัตราส่วนน้ำที่ใช้หุง

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อวิเคราะห์ถดถอยหาสมการความสัมพันธ์ที่จะใช้ทำนายอัตราส่วนน้ำต่อที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความแข็งของข้าวสุก จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ข้าวพันธุ์ กข 21

$$H = (6.389\ VE - 35.804)\ W + 47.829 \qquad \text{---------- สมการ 4.16}$$

$R^2 = 0.94$ SE = 1.19

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60

$$H = (4.013\ VE - 36.069)\ W + 74.900 \qquad \text{---------- สมการ 4.17}$$

$R^2 = 0.97$ SE = 1.08

ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

$$H = (1.255\ VE - 15.178)\ W + 49.098 \qquad \text{---------- สมการ 4.18}$$

$R^2 = 0.94$ SE = 1.25

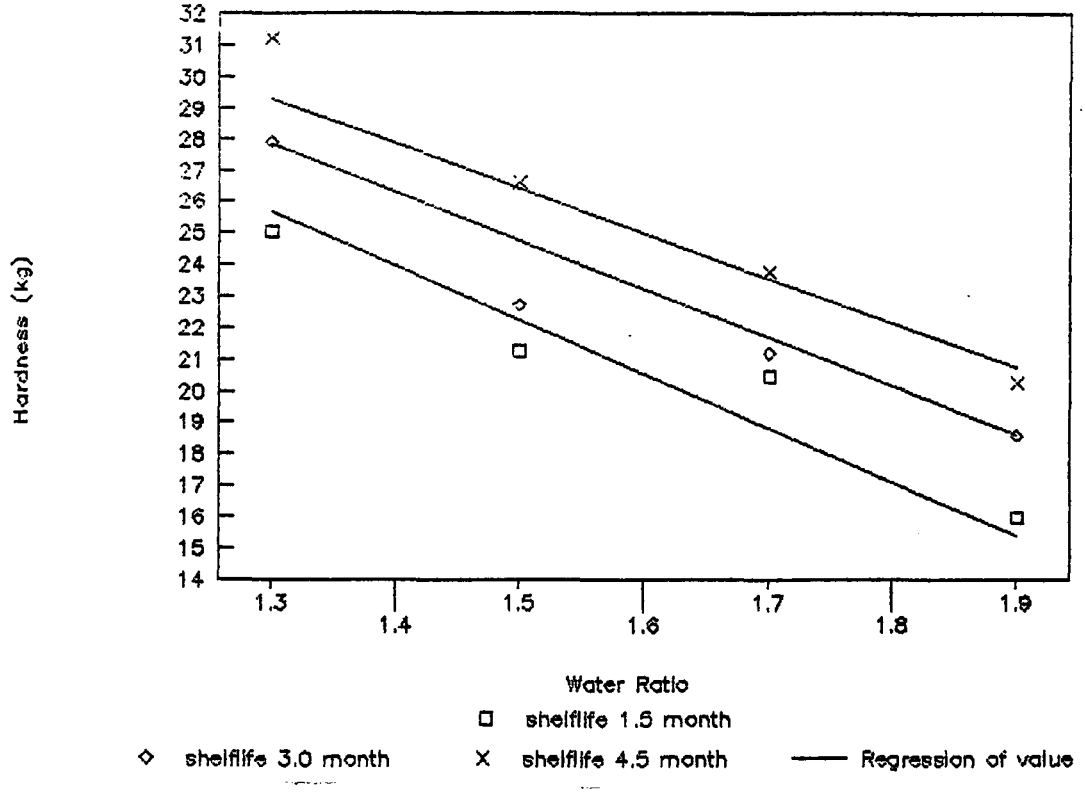
เมื่อ H = ความแข็งของข้าวสุก (Hardness,กก.)

VE = อัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก (Volume Expansion,เท่า)

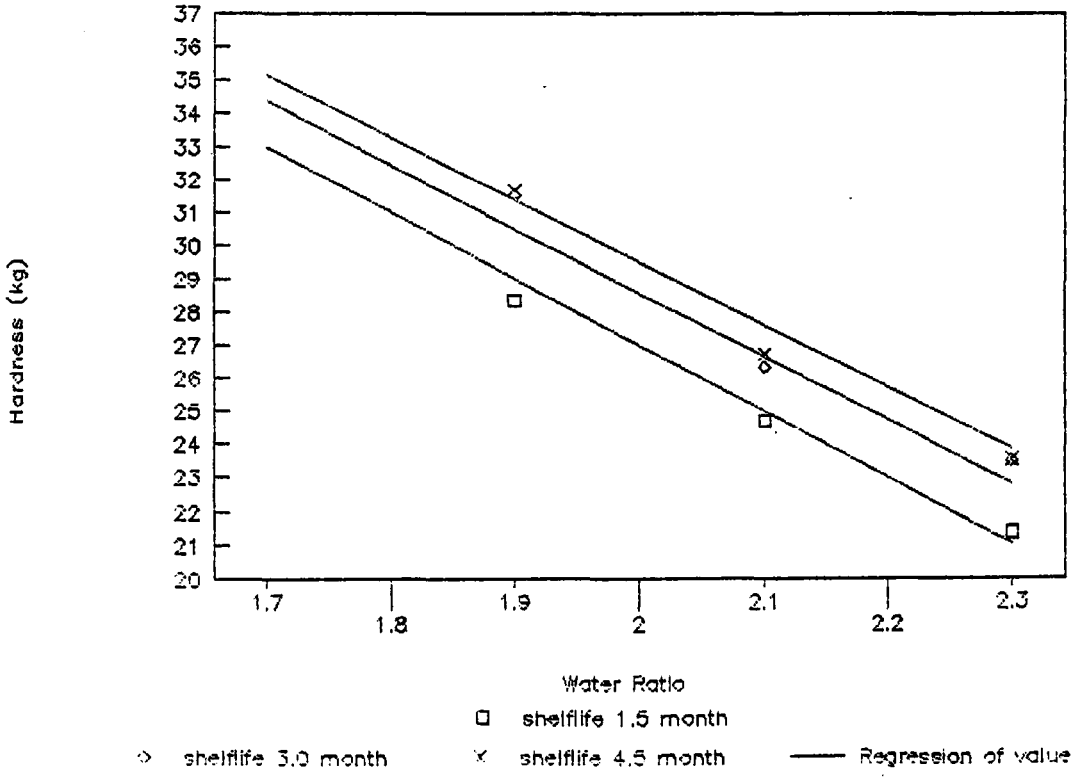
W = อัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้หุง (Water Ratio,เท่า โดยน้ำหนัก)

เมื่อนำค่าที่คำนวณได้จากสมการมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ค่าอัตราการขยายตัวทางปริมาตรที่ได้จากสมการที่ 4.7 4.8 และ 4.9 สำหรับข้าวแต่ละพันธุ์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.15 4.16 และ 4.17

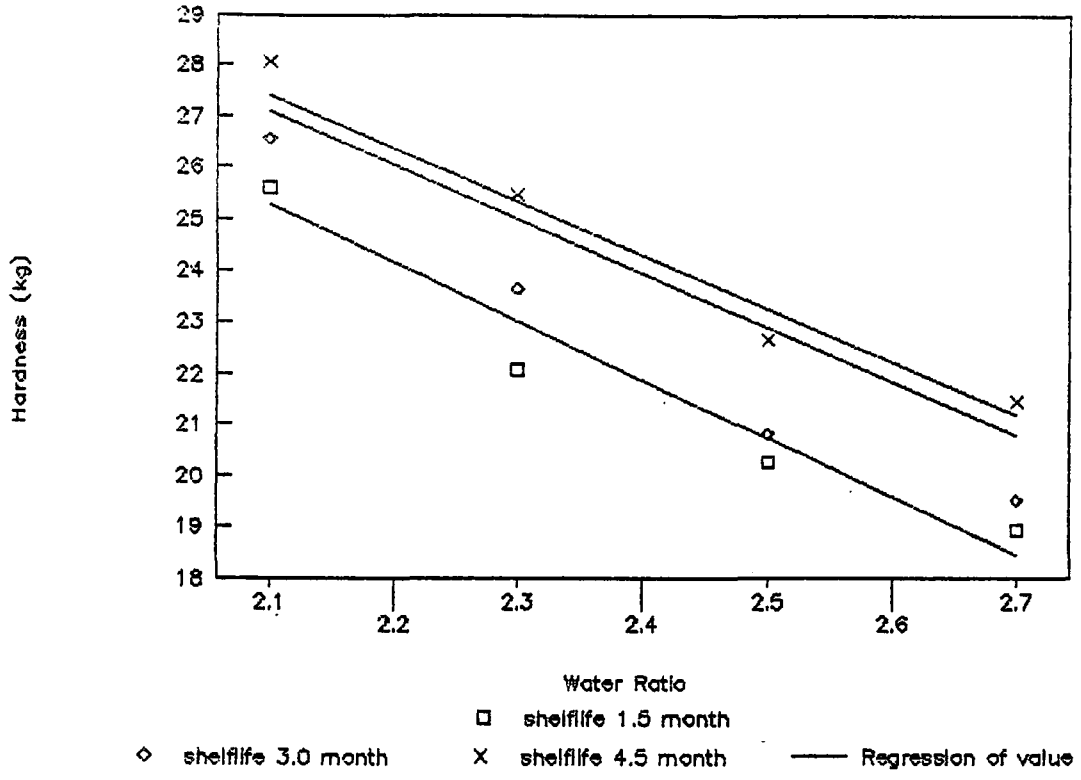
เมื่อคำนวณอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่เหมาะสมสำหรับข้าวทั้ง 3 พันธุ์จากสมการ 4.16 4.17 และ 4.18 โดยแทนค่าความแข็งที่ผู้บริโภคยอมรับเท่ากับ 18 และ 20 กก. ที่อายุเก็บรักษาต่าง ๆ จะได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมสำหรับข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์ กข 21 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ



รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งของข้าวสุกที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่อายุเก็บรักษา และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต่าง ๆ

ตารางที่ 4.5 อัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้หุงที่ได้จากสมการถดถอย

อายุเก็บรักษา (เดือน)	ความแข็ง (กก.)	อัตราส่วนน้ำต่อข้าว		
		ข้าวพันธุ์ กข 21	ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60	ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123
1.5	18	1.76	2.42	2.77
	20	1.64	2.34	2.59
3.0	18	1.92	2.48	2.90
	20	1.79	2.39	2.71
4.5	18	2.11	2.53	3.04
	20	1.96	2.44	2.85

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเก็บรักษาข้าวในลักษณะข้าวสารที่อุณหภูมิห้อง ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณอไมโลส ปริมาณโปรตีน ค่าการสลายเมล็ดในด่าง และความคงตัวของแป้งสุก แต่จะมีผลทำให้อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก การขยายตัวทางปริมาตรของข้าวสุก ค่าการดูดซึมน้ำของข้าวสุก และเวลาในการหุงต้มข้าวให้สุกเพิ่มขึ้น แต่จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำข้าวลดลง

5.1.2 การเก็บรักษาข้าวในลักษณะข้าวสารที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ข้าวมีค่าความแข็งของข้าวสุกสูงขึ้น เมื่อหุงด้วยอัตราส่วนน้ำต่อข้าวเท่าเดิม

5.1.3 กลุ่มผู้นิยมข้าวสุกมีลักษณะนุ่มและเหนียว จะยอมรับข้าวสุกที่มีความแข็งในช่วง 17-24 กก. โดยมีการยอมรับสูงที่ 18-20 กก.

5.1.4 สามารถหาสมการถดถอยระหว่างอัตราการขยายตัวทางปริมาตรของเมล็ดข้าวสุก กับอายุเก็บรักษา เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงที่อายุเก็บรักษาต่าง ๆ ได้ (สมการ 4.7 4.8 และ 4.9)

5.1.5 สามารถหาสมการถดถอย เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงต้มให้ได้ความแข็งตามต้องการ ของข้าวพันธุ์ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และ เหลืองประทิว 123 เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวสารที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาต่าง ๆ (สมการ 4.16 4.17 และ 4.18)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากสมการถดถอยที่ได้ มีค่าการขยายตัวทางปริมาตรเป็นปัจจัยสำคัญรวมอยู่ด้วย ถ้าสามารถศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่านี้มากครั้งขึ้น และใช้ระยะเวลายาวนานขึ้น จะทำให้การหาอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่ใช้ในการหุงต้มมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

5.2.2 ควรมีการศึกษาถึงสีและกลิ่นที่เปลี่ยนไปเมื่อเก็บรักษาข้าว เพื่อสร้างข้อจำกัดของอายุการเก็บรักษาว่าไม่ควรนานเกินเท่าใดที่ จะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณสมบัติด้านสีและกลิ่นเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยกำหนดเป็นมาตรฐานของสีและกลิ่น

เอกสารอ้างอิง

กิตติชัย บรรจง. 2534. การวัดความแข็งของข้าวสุกด้วยวิธี Back Extrusion. เกษตรพระจอมเกล้า 9 (3):21-33.

กิตติชัย บรรจง. 2535. เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร. เอกสารประกอบการประชุมครั้งที่ 4 21-22 ตุลาคม 2535. ศูนย์เทคโนโลยีอิเลกทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2532. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุมวิชาการ 13-15 ธันวาคม 2532. คณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี และ คณะ. 2536. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร. ในรายการสัมมนาวิชาการประจำปี 2536 23-25 มีนาคม 2536. โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรุงเทพฯ.

ชนินทร์ อายุเจริญกุล และ ประสาน ไกรรณภูมิ. 2535. เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร. ปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2535. ข้าว : พืชส่งออกหมายเลข 1. เอกสารประกอบมหกรรมสัมนาทางวิชาการทางเลือกอนาคตของเกษตรกรไทย 22-30 กันยายน 2535. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

อรรควุฒิ ทัศน์สอบชั้น. 2526. เรื่องของข้าว. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกตรศาสตร์.

Adair, C.R. et.al. 1966. Rice breeding and testing methods in the United States. Rice in the United States : Varieties and Production. Agriculture Research Survice. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Hand book. No.289:124 pp.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 12 ed. Washington D.C.

Banjong, K. 1986. A Back Extrusion Test for Evaluation Cooked Rice Texture. M.S. Thesis. Asian Institue of Technology. Bangkok.

Batcher, O.M., Helmintholet, K.F. and Dawson, E.H. 1956. Development and application of methods of evaluating cooking and eating quality of rice. Rice J. 59(13) : 4-18, 32.

Bourne, C.M. 1982. Food Texture and Viscosity. Academic Press, INC. LTD. London.

Buttery, R.G., Ling, L.C. and Mon, T.R. 1986. Quantitative analysis of 2-acetyl-1-pyrrolines in rice. J. Agric. Food Chem. 34 : 112-114.

Chikubu, Endo.S. and Suzuki, M. 1970. Palatability evaluation of cooked milled rice by physicochemical measurement. Rep. Nat. Food Re. Inst 31.

Del Mundo, A.M. 1979. Sensory Assessment of Cooked Milled Rice . Proceeding of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. IRRI, pp. 313-325.

Earle, M.D. 1979. The Characteristics of Food Texture. Food Tech. in New Zealand. 14(3) : 11-15.

Jowitt, R. 1974. The terminology of food texture. J. Texture Studies. 5 : 351-358.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition. Rice Chemistry and Technology. 1 edit. D.F. Houston. American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul Minnesota. pp. 16-74.

Juliano, B.O., Perez, C.M., Blakeney, A.B., Breckenridge, C., Castillo, T.D., Choudhury, N.H., Kongeree, N., Laignelet, B., Merca, F.E., Paule, C.M. and Webb, B.D. 1980. Report of the international cooperative testing on the gel consistency of milled rice. Riso 29 : 233-237.

Juliano, B.O., Perez, C.M., Blakeney, A.B., Castillo, T.D., Kongseree, N., Laignelet, B., Lapis, E.T., Murty, V.V.S., Paule, C.M. and Webb, B.D. 1981. Report of the international cooperative testing on the amylose content of milled rice. Stearke 33 : 157-163.

Juliano, B.O. and Perez, C.M. 1984. Results of Collaborative test on the measurement of grain elongation of milled rice during cooking. J. Cereal Sci. 2 : 231-292.

Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and technology. 2 edit. American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul Minnesota. 774 pp.

Kongseree, N. 1979. Quality test for waxy (glutinous) rice. Proceeding of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. IRRI. pp.303-311.

Kramer, A. and Szczesniak, S.A. 1973. Texture Measurements of Foods. D. Redel Publishing company. Holland.

Little, R.R., Hilder, G.B. and Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35 : 111-126.

Ranghino, F. 1966. Valutazione delia resistenza del riso alla cottura. in base al tempo di gelatinizzazione dei granelli. Riso 15 : 117-126

ภาคผนวก ก

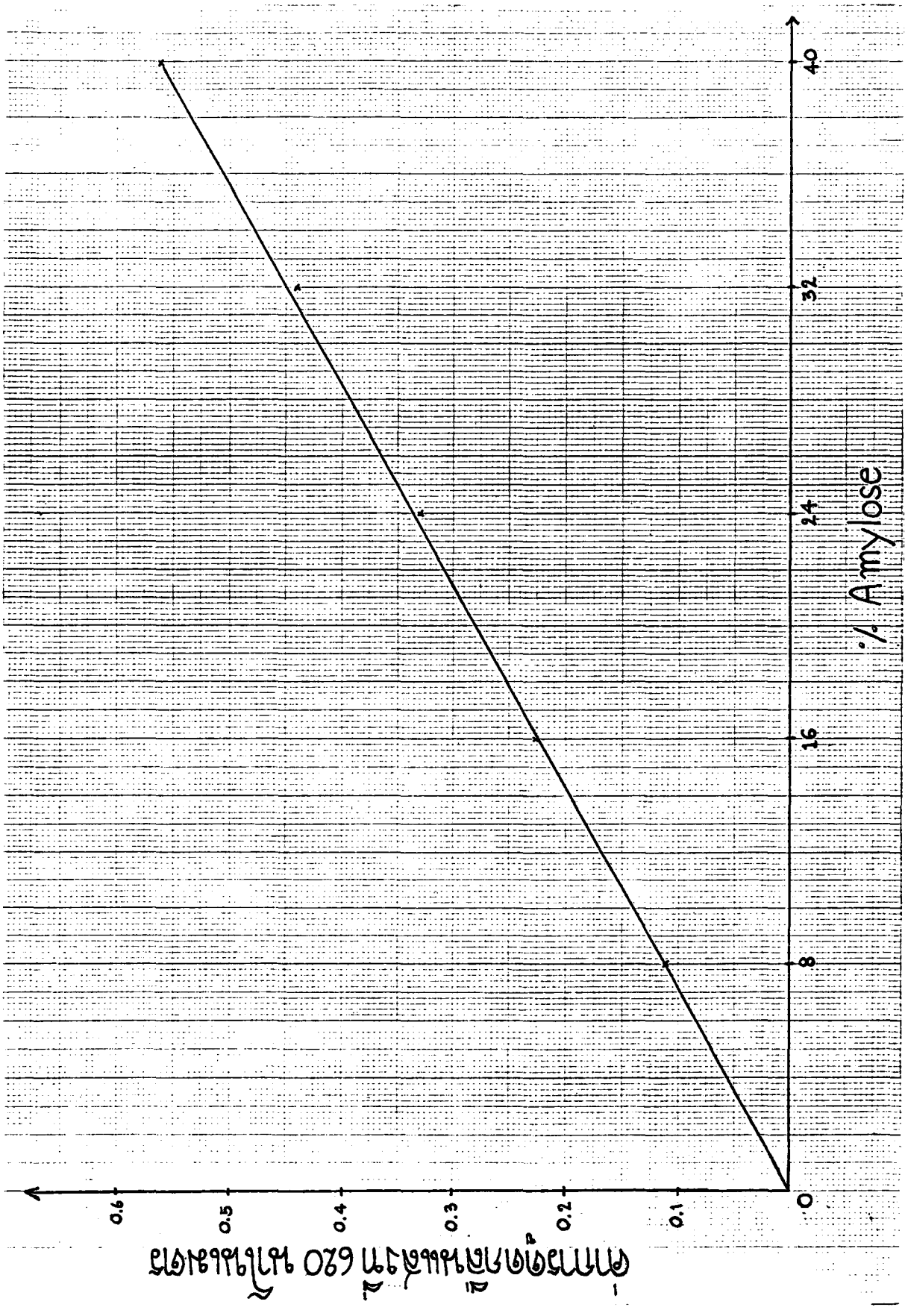
การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณอไมโลส และการบันทึกค่าการสลายเมล็ดในด่าง

ก1. การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณอไมโลสตามวิธีของ Juliano,1972

ชั่งอไมโลสบริสุทธิ์ 0.400 กรัมใส่ลงในขวดตวงปริมาตรขนาด 100 มล. เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 % 1 มล.หมุนขวดตวงปริมาตรเบาๆให้แป้งกระจายตัว เติมสารละลาย 1 นอร์มอลโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 9 มล. นำมาต้มในอ่างน้ำร้อน (water bath) 10 นาทีแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่นเก็บค้างคืนจากนั้นดูดสารละลายกรดอะซิติก (Acetic acid) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 0.2,0.4,0.6,0.8 และ 1 มล. ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีนลงไป 2 มล. ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่นทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที นำมาอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร

ตารางผนวกที่ 1ก ค่าการดูดกลืนแสง

% อไมโลส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร
8	0.112
16	0.226
24	0.329
32	0.440
40	0.562



รูปผนวกที่ ๑๓ กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอไมโลส

ก2. การบันทึกค่าการสลายเมล็ดในด่าง

ลักษณะเมล็ด	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
เมล็ดสลายหมด เป็นแป้งใส	7
เมล็ดสลาย สีขาวขุ่น ไม่เห็นเป็นรูปร่างเมล็ด	6
เมล็ดสลาย ยังคงเห็นเป็นรูปร่างเมล็ด	5
มีลักษณะสีขาวขุ่นโดยรอบเมล็ด เมล็ดมีรอยแตก	4
มีลักษณะสีขาวขุ่นโดยรอบเมล็ด เมล็ดไม่มีรอยแตก	3
มีลักษณะสีขาวขุ่นบางส่วนรอบเมล็ด	2
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	1

ตัวอย่าง เมล็ดข้าว 10 เมล็ด มี 8 เมล็ดมีค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 7 อีก 2 เมล็ดมีค่าเท่ากับ 6 ฉะนั้น ตัวอย่างข้าวมีค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ

$$\frac{(7x8)+(6x2)}{10} = 6.8$$

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในการทดลอง

ข1. การวิเคราะห์หาปริมาณอไมโลส

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{KHP(g)} \times 1000}{204.229 \times \text{ml.NaOH}}$$

ข2. การวิเคราะห์หาค่าการสลายเมล็ดในด่าง

$$\% \text{ KOH} = \frac{\text{KHP(g)} \times 27.425}{\text{ml.KOH - blank}}$$

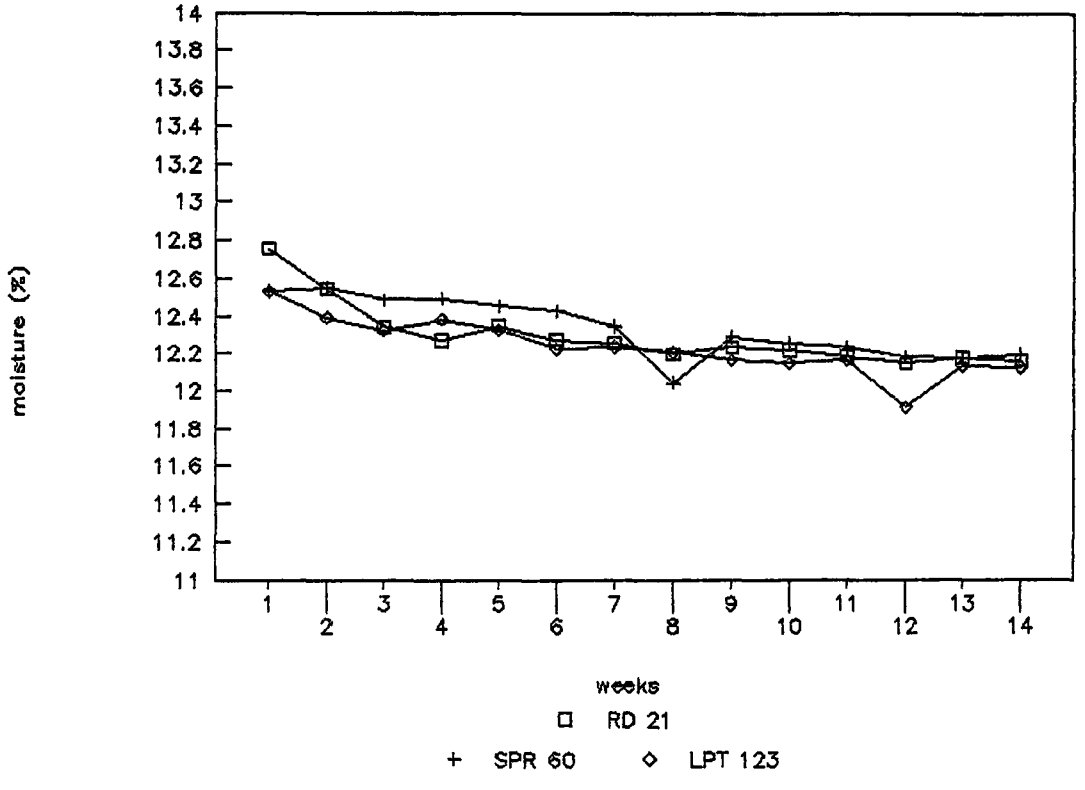
* blank = น้ำกลั่น 50 มล. + ฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด

ข3. วิธีการเตรียมสารละลาย KHP เพื่อใช้ในการ Standardize NaOH

นำ KHP ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม. แล้วจึงนำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น(desicator) จากนั้นชั่ง KHP 0.6-0.7 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50-75 มล.(จดน้ำหนัก KHP) จากนั้นจึงนำไปไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)ที่ต้องการทราบความเข้มข้นที่แท้จริง โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสี)

ภาคผนวก ค

ความชื้นข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา



รูปผนวกที่ 1ค กราฟแสดงความชื้นในเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บรักษา

ภาคผนวก ง

แสดงผลการทำนายจากสมการถดถอย

ตารางผนวกที่ 1ง คุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอย

การทดลอง	อายุการเก็บเกี่ยว เดือน	กข 21		สุพรรณบุรี 60		เหลืองประทิว 123	
		ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย
CT (นาที)	1.5	16	16.17	21	21.13	19	19.29
	3.0	17	16.67	21.75	21.50	20.75	20.17
	4.5	17	17.17	21.75	21.88	20.75	21.04
ER (เท่า)	1.5	1.85	1.85	1.50	1.51	1.72	1.76
	3.0	2.01	2.01	1.75	1.75	2.04	1.96
	4.5	2.17	2.17	1.99	1.99	2.13	2.17
VE (เท่า)	1.5	2.93	2.95	3.13	3.14	3.05	3.15
	3.0	3.20	3.17	3.29	3.27	3.74	3.55
	4.5	3.37	3.39	3.38	3.39	3.86	3.95
TS (%)	1.5	17.66	16.14	24.92	25.88	12.55	12.01
	3.0	8.48	11.50	19.28	17.35	8.55	9.62
	4.5	8.37	6.86	7.85	8.81	7.76	7.22
WA (เท่า)	1.5	2.70	2.72	2.76	2.74	3.03	3.06
	3.0	2.97	2.94	2.86	2.90	3.29	3.23
	4.5	3.13	3.15	3.07	3.05	3.36	3.39

ภาคผนวก จ

การทดสอบทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1จ คะแนนการทดสอบคุณภาพในการรับประทานทางด้านความแข็ง

เรื่อง	พันธุ์ข้าว	อายุเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนการชิมที่อัตราส่วนน้ำต่อข้าว[1,2] 1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7
ความ-	กข 21	1.5	$^{n}3.94^{a}$	$^{n}4.45^{a}$	$^{n}5.84^{b}$	$^{n}6.69^{d}$				
แข็ง		3.0	$^{n}4.21^{a}$	$^{n}4.85^{b}$	$^{n}6.14^{c}$	$^{n}6.68^{c}$				
		4.5	$^{n}3.87^{a}$	$^{n}4.93^{b}$	$^{n}5.46^{c}$	$^{n}5.77^{c}$				
	สุพรรณบุรี 60	1.5	-		$^{n}2.96^{a}$	$^{n}3.43^{b}$	$^{n}4.04^{c}$	$^{n}4.99^{d}$		
		3.0	-		$^{w}3.20^{a}$	$^{n}3.38^{b}$	$^{nw}3.96^{c}$	$^{nw}4.83^{d}$		
		4.5	-		$^{n}2.53^{a}$	$^{n}3.22^{b}$	$^{w}3.74^{c}$	$^{w}4.54^{d}$		
	เหลืองประทิว 123	1.5			-	-	$^{n}3.70^{a}$	$^{n}3.81^{a}$	$^{n}4.24^{a}$	$^{n}5.54^{b}$
		3.0			-	-	$^{w}2.89^{a}$	$^{w}3.33^{b}$	$^{w}3.94^{c}$	$^{w}4.40^{d}$
		4.5			-	-	$^{r}2.56^{a}$	$^{r}2.73^{a}$	$^{r}3.19^{b}$	$^{r}3.38^{b}$

1 เป็นค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 24 คน ตัวอย่าง 4 ซ้ำ คะแนนของแต่ละซ้ำแสดงในภาคผนวก

2 ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกัน และค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรภาษาไทยต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 2จ คะแนนทดสอบคุณภาพในการรับประทานทางด้านความชอบโดยรวม

เรื่อง	พันธุ์ข้าว	อายุเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนการชิมที่อัตราส่วนน้ำต่อข้าว[1,2] 1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7
ความ-	กข 21	1.5	$^{n}4.61^{a}$	$^{n}5.12^{b}$	$^{n}6.19^{d}$	$^{n}5.75^{c}$	-	-	-	-
ชอบ		3.0	$^{n}4.53^{a}$	$^{n}4.92^{b}$	$^{n}6.03^{c}$	$^{n}6.58^{d}$	-	-	-	-
		4.5	$^{n}4.65^{a}$	$^{n}4.97^{b}$	$^{n}5.15^{c}$	$^{n}5.38^{d}$	-	-	-	-
	สุพรรณบุรี 60	1.5	-	-	$^{n}3.59^{a}$	$^{n}3.86^{a}$	$^{n}4.36^{b}$	$^{n}5.14^{c}$	-	-
		3.0	-	-	$^{n}3.68^{a}$	$^{y}3.65^{a}$	$^{n}4.16^{b}$	$^{ny}4.78^{c}$	-	-
		4.5	-	-	$^{y}2.30^{a}$	$^{p}2.73^{b}$	$^{n}3.88^{c}$	$^{y}4.47^{d}$	-	-
	เหลืองประทิว 123	1.5	-	-	-	-	$^{n}4.05^{a}$	$^{n}4.17^{a}$	$^{n}4.39^{a}$	$^{n}5.24^{b}$
		3.0	-	-	-	-	$^{y}3.12^{a}$	$^{n}4.04^{b}$	$^{n}4.34^{c}$	$^{y}4.94^{d}$
		4.5	-	-	-	-	$^{y}3.17^{a}$	$^{y}3.33^{ab}$	$^{y}3.48^{b}$	$^{p}3.78^{c}$

1 เป็นค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 24 คน ตัวอย่าง 4 ซ้ำ คะแนนของแต่ละซ้ำแสดงในภาคผนวก

2 ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกัน และค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรภาษาไทยต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางผนวกที่ 1ฉ ข้อมูลคุณสมบัติ และคุณภาพการหุงต้มของข้าวพันธุ์ กข 21 สุพรรณบุรี 60 และเหลืองประทิว 123

kind	subject	shelf lif	value 1	2	3	4	avg	sd	cv
RD 21	%amylose	1.5	18.20	18.20	18.60	18.40	18.35	0.191	1.044
		3	18.00	18.60	18.00	18.00	18.15	0.300	1.653
		4.5	17.85	18.00	17.80	17.00	17.66	0.450	2.546
	(mm)gel	1.5	70.00	72.50	72.00	74.00	72.13	1.652	2.290
		3	73.00	72.00	72.00	74.00	72.75	0.957	1.316
		4.5	73.00	75.00	73.00	73.00	73.50	1.000	1.361
	alkali	1.5	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.000	0.000
		3	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.000	0.000
		4.5	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	0.000	0.000
	%protein	1.5	7.75	7.57	7.75	7.71	7.69	0.085	1.107
		3	7.71	7.64	7.49	7.49	7.58	0.111	1.458
		4.5	7.64	7.37	7.55	7.40	7.49	0.127	1.699
	(min)Cot	1.5	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	0.000	0.000
		3	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	0.000	0.000
		4.5	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	0.000	0.000
	E.R.	1.5	1.85	1.84	1.87	1.84	1.85	0.012	0.660
		3	2.02	2.01	1.98	2.02	2.01	0.020	1.008
		4.5	2.13	2.19	2.17	2.21	2.17	0.031	1.411
	vol exp	1.5	2.69	3.09	2.75	3.21	2.93	0.252	8.594
		3	3.23	3.00	3.24	3.31	3.20	0.136	4.254
		4.5	3.45	3.28	3.34	3.41	3.37	0.077	2.285
	% TS	1.5	17.52	17.39	18.13	17.58	17.66	0.326	1.849
		3	8.12	8.75	8.17	8.88	8.48	0.391	4.611
		4.5	8.30	8.70	8.00	8.48	8.37	0.296	3.536
	% WA	1.5	2.90	2.80	2.31	2.81	2.70	0.266	9.833
		3	3.04	2.83	3.04	2.98	2.97	0.091	3.062
		4.5	3.15	2.92	3.11	3.34	3.13	0.169	5.406

ตารางผนวกที่ 1ฉ (ต่อ)

kind	subject	shelflife	value 1	2	3	4	avg	sd	cv
SPR 60	%amylose	1.5	24.90	24.70	24.00	24.35	24.49	0.397	1.620
		3	22.30	25.50	24.00	23.90	23.93	1.307	5.464
		4.5	21.40	23.80	23.70	22.70	22.90	1.117	4.876
	(mm)gel	1.5	48.00	48.00	48.00	49.00	48.25	0.500	1.036
		3	49.00	48.00	49.00	48.00	48.50	0.577	1.190
		4.5	51.00	50.00	52.00	50.00	50.75	0.957	1.887
	alkali	1.5	6.90	6.20	6.50	6.90	6.63	0.340	5.137
		3	6.60	6.10	6.50	6.70	6.48	0.263	4.062
		4.5	7.00	6.80	6.60	6.60	6.75	0.191	2.837
	%protein	1.5	6.92	6.90	6.76	6.74	6.83	0.096	1.412
		3	6.76	6.50	6.65	6.68	6.65	0.107	1.607
		4.5	6.59	6.58	6.58	6.74	6.62	0.081	1.230
	(min)Cot	1.5	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	0.000	0.000
		3	22.00	22.00	21.00	22.00	21.75	0.500	2.299
		4.5	22.00	22.00	21.00	22.00	21.75	0.500	2.299
	E.R.	1.5	1.51	1.51	1.49	1.50	1.50	0.008	0.546
		3	1.75	1.76	1.69	1.31	1.75	0.049	2.784
		4.5	1.95	2.01	1.99	2.09	1.99	0.080	4.022
	vol exp	1.5	3.15	3.16	3.03	3.17	3.13	0.065	2.064
		3	3.42	3.28	3.19	3.27	3.29	0.098	2.971
		4.5	3.72	3.28	3.22	3.31	3.38	0.229	6.770
	% TS	1.5	23.86	24.50	24.10	25.21	24.92	0.778	3.123
		3	19.61	19.53	19.30	18.48	19.28	0.536	2.779
		4.5	8.05	7.80	7.91	7.63	7.85	0.178	2.265
	% WA	1.5	2.63	2.74	2.74	2.89	2.76	0.093	3.369
		3	2.90	2.97	2.56	3.01	2.86	0.204	7.119
		4.5	3.01	3.11	2.99	3.18	3.07	0.090	2.931

ตารางผนวกที่ 1ฉ (ต่อ)

kind	subject	shelf lif	*value 1	2	3	4	avg	sd	cv
LPT 123	%amylose	1.5	27.00	27.20	27.20	27.65	27.26	0.275	1.009
		3	26.00	27.80	26.00	26.20	26.50	0.872	3.290
		4.5	25.70	25.80	26.50	26.40	26.10	0.408	1.564
	(mm)gel	1.5	41.00	42.00	40.00	41.00	41.00	0.816	1.991
		3	40.00	40.50	40.00	40.00	40.13	0.250	0.623
		4.5	38.00	39.00	39.50	39.00	38.88	0.629	1.618
	alkali	1.5	5.40	5.50	5.50	5.50	5.48	0.050	0.913
		3	5.50	5.50	5.50	5.70	5.55	0.100	1.802
		4.5	5.70	5.60	5.50	5.70	5.63	0.096	1.702
	%protein	1.5	6.91	6.96	6.91	6.95	6.93	0.027	0.395
		3	6.86	6.94	6.94	6.86	6.90	0.046	0.669
		4.5	6.92	6.90	6.91	6.80	6.88	0.055	0.802
	(min)Cot	1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.000	0.000
		3	21.00	20.00	21.00	21.00	20.75	0.500	2.410
		4.5	21.00	20.00	21.00	21.00	20.75	0.500	2.410
	E.R.	1.5	1.70	1.73	1.73	1.73	1.72	0.012	0.674
		3	1.90	1.99	2.12	2.13	2.04	0.111	5.438
		4.5	2.16	2.08	2.13	2.16	2.13	0.036	1.713
	vol exp	1.5	2.85	3.16	2.78	3.42	3.05	0.295	9.673
		3	3.62	3.65	3.91	3.77	3.74	0.133	3.555
		4.5	3.93	3.74	3.90	3.86	3.86	0.084	2.177
	% TS	1.5	12.39	13.22	12.23	12.35	12.55	0.453	3.614
		3	8.73	8.34	8.18	8.96	8.55	0.357	4.169
		4.5	8.67	5.30	8.20	8.85	7.76	1.659	21.398
	% WA	1.5	3.03	3.05	3.05	3.00	3.03	0.026	0.844
		3	3.21	3.22	3.41	3.32	3.29	0.093	2.811
		4.5	3.36	3.40	3.35	3.32	3.36	0.031	0.912

ตารางผนวกที่ 2ฉ ข้อมูลการทดสอบคุณภาพในการรับประทาน

KIND	TIME (month)	QUALIFICATION	WATER	MARK 1	2	3	4	AVG	SD	CV
RD 21	1.5	COLOR	1.3	5.41	5.64	5	4.75	5.20	0.400	7.694
			1.5	5.87	5.79	5.9	5.32	5.72	0.271	4.732
			1.7	5.83	5.92	5.54	5.79	5.77	0.162	2.815
			1.9	5.46	5.99	6.02	4.88	5.59	0.537	9.615
		STICK	1.3	5.48	5.3	5.14	5.25	5.29	0.142	2.678
			1.5	6.04	5.7	5.8	5.65	5.80	0.173	2.989
			1.7	6.33	6.18	6.25	6.05	6.20	0.119	1.914
			1.9	7	6.83	6.98	7.08	6.97	0.104	1.497
		HARD	1.3	4.02	3.79	3.67	4.27	3.94	0.265	6.730
			1.5	4.7	4.39	4.41	4.29	4.45	0.176	3.965
			1.7	6.08	5.67	5.77	5.82	5.84	0.175	2.996
			1.9	7.25	6.38	6.78	6.35	6.69	0.422	6.303
		PREFER	1.3	4.67	4.75	4.58	4.44	4.61	0.133	2.883
			1.5	5.25	5	5.04	5.17	5.12	0.116	2.260
			1.7	6.29	6	6.15	6.31	6.19	0.144	2.325
			1.9	6.08	5.74	5.51	5.67	5.75	0.240	4.176
	3	COLOR	1.3	5.45	5.39	5.17	5.32	5.33	0.121	2.263
			1.5	5.45	5.26	5.47	5.37	5.39	0.095	1.770
			1.7	5.5	5.26	5.83	5.32	5.48	0.256	4.677
			1.9	5.5	5.91	5.87	5.45	5.68	0.241	4.241
		STICK	1.3	5.81	5.92	5.87	6	5.90	0.080	1.363
			1.5	6.25	6	5.92	6.15	6.08	0.148	2.436
			1.7	7.05	6.2	6.2	6.33	6.45	0.408	6.330
			1.9	7.05	6.71	6.91	6.83	6.88	0.143	2.076
		HARD	1.3	4	4.25	4.35	4.28	4.21	0.149	3.544
			1.5	5.14	4.46	4.84	4.97	4.85	0.289	5.957
			1.7	6.15	6	6.07	6.33	6.14	0.142	2.317
			1.9	6.85	6.63	6.67	6.57	6.68	0.121	1.805
		PREFER	1.3	4.33	4.67	4.37	4.75	4.53	0.211	4.658
			1.5	5.07	4.71	5.13	4.75	4.92	0.216	4.387
			1.7	6.15	6.08	6	5.88	6.03	0.116	1.922
			1.9	6.64	6.58	6.6	6.5	6.58	0.059	0.895
	4.5	COLOR	1.3	4.35	4.61	4.44	4.4	4.45	0.113	2.536
			1.5	4.35	4.25	4.88	4.35	4.46	0.286	6.407
			1.7	4.2	4.54	4.25	4.47	4.37	0.165	3.790
			1.9	4.44	4.73	4.75	4.47	4.60	0.165	3.593
		STICK	1.3	5.76	5.88	5.5	5.45	5.65	0.206	3.650
			1.5	6.38	6.15	6.19	6	6.18	0.156	2.531
			1.7	6.4	6.73	6.44	6.35	6.48	0.171	2.634
			1.9	6.95	6.38	7.38	6.55	6.94	0.341	4.917
		HARD	1.3	3.95	4.07	3.81	3.64	3.87	0.185	4.788
			1.5	5	4.87	5.31	4.55	4.93	0.315	6.382
			1.7	5.32	5.44	5.75	5.31	5.46	0.205	3.764
			1.9	5.95	5.63	5.81	5.57	5.77	0.145	2.524
		PREFER	1.3	4.6	4.65	4.69	4.85	4.69	0.157	3.381
			1.5	4.63	4.75	5.31	5	4.97	0.243	4.897
			1.7	5.14	5.14	5.31	5	5.15	0.127	2.464
			1.9	5.6	5.31	5.45	5.27	5.38	0.110	2.043

ตารางผนวกที่ 2ฉ (ต่อ)

KIND	TIME (month)	QUALIFICATION	WATER	MARK 1	2	3	4	AVG	SD	CV
SPR 60	1.5	COLOR	1.7	6.02	5.78	5.84	6.21	5.96	0.194	3.253
			1.9	5.96	6.04	6.39	6.32	6.18	0.210	3.391
			2.1	6.04	6.67	6.08	5.95	6.19	0.328	5.301
			2.3	5.67	6.96	6	5.6	6.06	0.626	10.342
		STICK	1.7	4.12	3.96	4.25	4.18	4.13	0.124	2.996
			1.9	4.46	4.13	4.46	4.33	4.35	0.156	3.588
			2.1	4.87	4.69	4.78	4.7	4.76	0.084	1.758
			2.3	5.3	5.38	5.42	5.62	5.43	0.136	2.507
		HARD	1.7	3.13	2.83	2.8	3.06	2.96	0.165	5.571
			1.9	3.62	3.33	3.2	3.57	3.43	0.199	5.797
			2.1	4.09	3.87	4.3	3.88	4.04	0.204	5.049
			2.3	5.12	4.62	5.21	5.02	4.99	0.260	5.211
		PREFER	1.7	4.41	3.13	3.2	3.63	3.59	0.588	16.371
			1.9	3.83	3.91	3.79	3.91	3.86	0.060	1.554
			2.1	4.79	4.04	4	4.62	4.36	0.402	9.212
			2.3	5.04	4.86	5.02	5.62	5.14	0.333	6.489
	3	COLOR	1.7	5.76	5.92	5.75	5.86	5.82	0.082	1.405
			1.9	5.88	6.1	5.73	5.68	5.85	0.189	3.225
			2.1	6.08	5.92	6.12	6	6.03	0.089	1.471
			2.3	5.95	5.89	5.84	6.04	5.93	0.086	1.451
		STICK	1.7	4.15	4.08	4.23	3.94	4.10	0.123	3.000
			1.9	4.4	4.59	4.54	4.35	4.47	0.113	2.538
			2.1	4.92	4.87	5.06	5.23	5.02	0.161	3.216
			2.3	5.67	6	5.83	5.8	5.83	0.136	2.331
		HARD	1.7	3.22	3.29	3.13	3.17	3.20	0.069	2.154
			1.9	3.3	3.33	3.45	3.42	3.38	0.071	2.116
			2.1	3.98	3.71	4.03	4.11	3.96	0.173	4.383
			2.3	4.81	5.18	4.62	4.7	4.83	0.248	5.128
		PREFER	1.7	3.72	3.56	3.84	3.58	3.68	0.131	3.565
			1.9	3.64	3.65	3.71	3.6	3.65	0.045	1.245
			2.1	4.07	4.42	4.3	3.84	4.16	0.257	6.174
			2.3	4.75	5.09	4.63	4.63	4.78	0.217	4.555
	4.5	COLOR	1.7	5.35	5.31	5.38	5.94	5.50	0.298	5.424
			1.9	5.25	5.25	5.57	5.44	5.38	0.156	2.910
			2.1	5.75	5.72	5.94	5.5	5.73	0.180	3.147
			2.3	5.33	5.13	5.41	5.33	5.30	0.119	2.254
		STICK	1.7	3.94	4.06	3.88	4.02	3.98	0.081	2.026
			1.9	4.25	4.19	4.5	4.46	4.35	0.153	3.517
			2.1	5	5.06	4.81	4.94	4.95	0.107	2.158
			2.3	5.43	5.5	5.56	5.48	5.49	0.054	0.979
		HARD	1.7	2.6	2.42	2.75	3.33	2.63	0.167	7.420
			1.9	3.28	3.12	3.5	2.97	3.22	0.226	7.004
			2.1	3.69	3.69	3.73	3.82	3.74	0.062	1.655
			2.3	4.5	4.31	4.7	4.66	4.54	0.177	3.907
		PREFER	1.7	2.25	2.13	2.37	2.45	2.30	0.140	6.087
			1.9	2.87	2.8	2.5	2.74	2.73	0.161	5.892
			2.1	3.75	4.08	3.81	3.87	3.88	0.144	3.704
			2.3	4.33	4.47	4.06	5	4.47	0.395	8.851

ตารางผนวกที่ 2ฉ (ต่อ)

KIND	TIME (month)	QUALIFICATION	WATER	MARK 1	2	3	4	AVG	SD	CV
LPT 123	1.5	COLOR	2.1	5.17	5.5	5.33	5.1	5.28	0.178	3.379
			2.3	5.08	5.46	5.97	5.46	5.49	0.365	6.650
			2.5	5.29	5.5	5.54	6	5.58	0.299	5.359
			2.7	5.5	5.67	5.5	5.7	5.59	0.108	1.922
		STICK	2.1	4.08	3.42	3.35	3.73	3.65	0.334	9.155
			2.3	3.74	3.79	3.71	3.75	3.75	0.033	0.882
			2.5	4.26	4.54	4.4	4.67	4.47	0.177	3.960
			2.7	5.43	5.46	5.27	5.47	5.41	0.093	1.724
		HARD	2.1	3.54	3.71	4.05	3.48	3.70	0.256	6.926
			2.3	4.16	3.38	3.97	3.72	3.81	0.337	8.856
			2.5	4.16	4.29	4.41	4.09	4.24	0.142	3.345
			2.7	5.91	4.46	6	5.77	5.54	0.723	13.060
		PREFER	2.1	4.54	3.67	4.13	3.84	4.05	0.381	9.413
			2.3	4.41	3.83	4.52	3.92	4.17	0.346	8.286
			2.5	4.36	4.54	4.95	3.71	4.39	0.516	11.759
			2.7	5.41	5.25	5.21	5.08	5.24	0.136	2.596
	3	COLOR	2.1	5.95	5.83	6.05	5.83	5.92	0.106	1.797
			2.3	6.12	5.71	6.05	6	5.97	0.180	3.018
			2.5	5.88	6	5.94	5.88	5.93	0.057	0.970
			2.7	6.07	5.88	5.74	5.71	5.85	0.164	2.809
		STICK	2.1	3.3	3.04	3.44	2.91	3.17	0.241	7.597
			2.3	3.33	3.3	3.59	3.12	3.34	0.194	5.807
			2.5	4.13	4.33	4.25	4.54	4.31	0.173	4.000
			2.7	5.14	4.92	4.98	5.2	5.06	0.132	2.602
		HARD	2.1	3.02	2.79	2.9	2.85	2.89	0.098	3.379
			2.3	3.42	3.42	3.37	3.11	3.33	0.149	4.461
			2.5	4	4.13	3.89	3.74	3.94	0.166	4.201
			2.7	4.57	4.46	4.33	4.25	4.40	0.141	3.209
		PREFER	2.1	3.25	3.17	3.08	2.98	3.12	0.116	3.729
			2.3	4.21	4.04	4	3.9	4.04	0.129	3.200
			2.5	4.33	4.08	4.57	4.38	4.34	0.202	4.650
			2.7	4.87	4.75	5.16	4.97	4.94	0.173	3.513
	4.5	COLOR	2.1	4.97	5.5	5.56	5.39	5.36	0.266	4.970
			2.3	5.33	5.56	5.5	5.56	5.49	0.109	1.982
			2.5	5.47	5.56	5.4	5.3	5.43	0.110	2.024
			2.7	5.3	5.5	5.33	5.41	5.39	0.090	1.664
		STICK	2.1	3.15	2.81	2.94	2.81	2.93	0.160	5.482
			2.3	3.2	3.06	3.13	2.97	3.09	0.098	3.182
			2.5	3.62	3.56	3.2	3.35	3.43	0.193	5.636
			2.7	3.5	3.25	3.54	3.67	3.57	0.235	6.600
		HARD	2.1	2.6	2.5	2.47	2.67	2.56	0.092	3.594
			2.3	2.81	2.94	2.5	2.65	2.73	0.191	7.017
			2.5	3.2	3.25	3.17	3.18	3.19	0.043	1.362
			2.7	3.37	3.25	3.27	3.42	3.33	0.149	4.414
		PREFER	3.1	3.09	3.31	3.11	3.2	3.17	0.113	3.575
			2.3	3.15	3.38	3.38	3.4	3.33	0.119	3.567
			2.5	3.56	3.56	3.4	3.4	3.48	0.092	2.654
			2.7	4.05	3.83	3.67	3.75	3.78	0.190	5.033

ตารางผนวกที่ 3ฉ ข้อมูลการวัดความแข็งข้าวสุกด้วย KMITL Food Texture Measuring Instrument

kind	shelf lif	water	1	2	3	4	avg	sd	cv
RD 21	1.5	1.3	25.17	25.00	25.00	25.00	25.04	0.085	0.339
		1.5	21.17	21.33	21.33	21.17	21.25	0.092	0.435
		1.7	20.50	20.50	20.50	20.33	20.46	0.085	0.415
		1.9	15.83	16.00	16.00	16.00	15.96	0.085	0.533
	3	1.3	27.83	27.83	27.97	28.00	27.91	0.090	0.324
		1.5	22.83	22.67	22.67	22.75	22.73	0.077	0.337
		1.7	21.16	21.16	21.16	21.25	21.18	0.045	0.212
		1.9	18.50	18.67	18.50	18.67	18.59	0.098	0.528
	4.5	1.3	31.33	31.33	31.17	31.17	31.25	0.093	0.298
		1.5	26.67	26.50	26.67	26.67	26.63	0.085	0.319
		1.7	23.83	23.67	23.83	23.83	23.79	0.080	0.336
		1.9	20.17	20.33	20.15	20.33	20.24	0.099	0.490
SPR 60	1.5	1.7	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	0.000	0.000
		1.9	28.33	28.33	28.33	28.50	28.37	0.085	0.300
		2.1	24.83	24.67	24.67	24.67	24.71	0.080	0.324
		2.3	21.33	21.33	21.33	21.50	21.37	0.085	0.398
	3	1.7	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	0.000	0.000
		1.9	31.50	31.50	31.67	31.50	31.54	0.085	0.269
		2.1	26.33	26.50	26.33	26.33	26.37	0.085	0.322
		2.3	23.50	23.50	23.50	23.57	23.52	0.035	0.149
	4.5	1.7	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	>36.59	0.000	0.000
		1.9	31.67	31.67	31.75	31.67	31.69	0.040	0.126
		2.1	26.67	26.83	26.83	26.67	26.75	0.092	0.345
		2.3	23.50	23.67	23.50	23.50	23.54	0.085	0.361
LPT 123	1.5	2.1	25.67	25.67	25.50	25.50	25.59	0.098	0.384
		2.3	22.17	22.00	22.00	22.13	22.08	0.088	0.399
		2.5	20.33	20.17	20.17	20.33	20.25	0.092	0.456
		2.7	18.83	19.00	18.97	18.93	18.93	0.074	0.391
	3	2.1	26.50	26.60	26.60	26.50	26.55	0.058	0.217
		2.3	23.70	23.70	23.67	23.50	23.64	0.096	0.406
		2.5	20.67	20.86	20.86	20.86	20.81	0.095	0.456
		2.7	19.50	19.60	19.50	19.50	19.53	0.050	0.256
	4.5	2.1	28.17	28.00	28.00	28.00	28.04	0.084	0.298
		2.3	25.50	25.50	25.33	25.50	25.46	0.085	0.334
		2.5	22.67	22.75	22.67	22.50	22.65	0.105	0.465
		2.7	21.50	21.50	21.33	21.50	21.46	0.085	0.396

ภาคผนวก ช

แบบทดสอบคุณภาพในการรับประทาน

ชื่อ.....วันที่ทำการทดสอบ.....

ประเภทข้าวที่ชอบรับประทาน (แข็งหรือนุ่ม หรือทั้ง 2 อย่าง).....

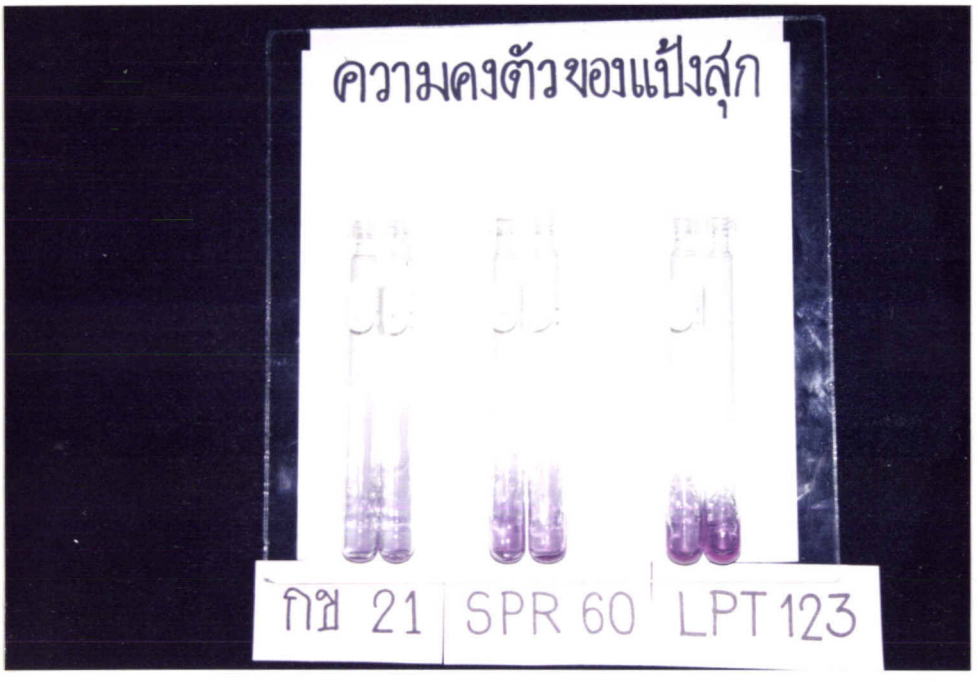
คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างตามหมายเลขที่จัดเรียงไว้ พิจารณาคุณภาพด้านต่าง ๆ แล้วให้คะแนนคุณภาพ (ตั้งแต่ 1-9) ในตารางข้างล่างนี้

รหัส					รหัส				
1. สี 1.คล้ำหรือเหลือง 3.ค่อนข้างคล้ำหรือเหลือง 5.คล้ำหรือเหลืองจางๆ 7.ขาวนวล 9.ขาวมาก					2.ความเหนียว 1.ไม่เกาะติดกัน 3.ค่อนข้างร่วน 5.ไม่ร่วน-ไม่เหนียว 7.ค่อนข้าวเหนียว 9.เหนียวติดกันหมด				
3.เนื้อสัมผัส 1.แข็งมาก 3.ค่อนข้างแข็ง 5.ค่อนข้างนุ่ม 7.นุ่ม 9.เละ					4.ความชอบรวม 1.ไม่ชอบเลย 3.ค่อนข้างไม่ชอบ 5.ชอบเล็กน้อย 7.ค่อนข้างชอบ 9.ชอบมาก				
ข้อเสนอแนะ.....									

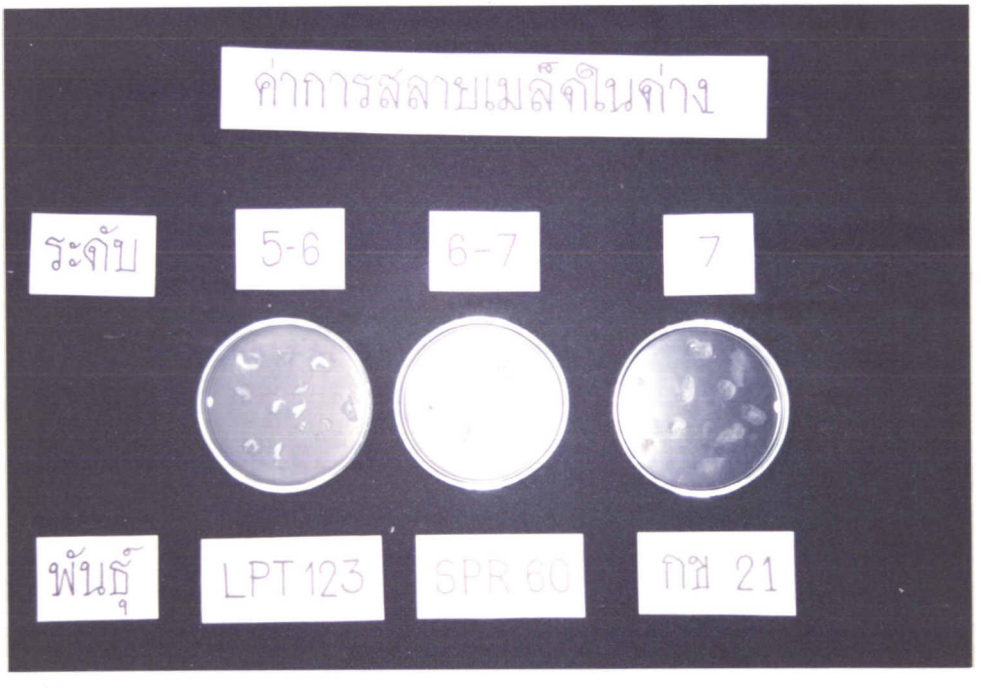
ภาคผนวก ช

รูปแสดงการทดลอง

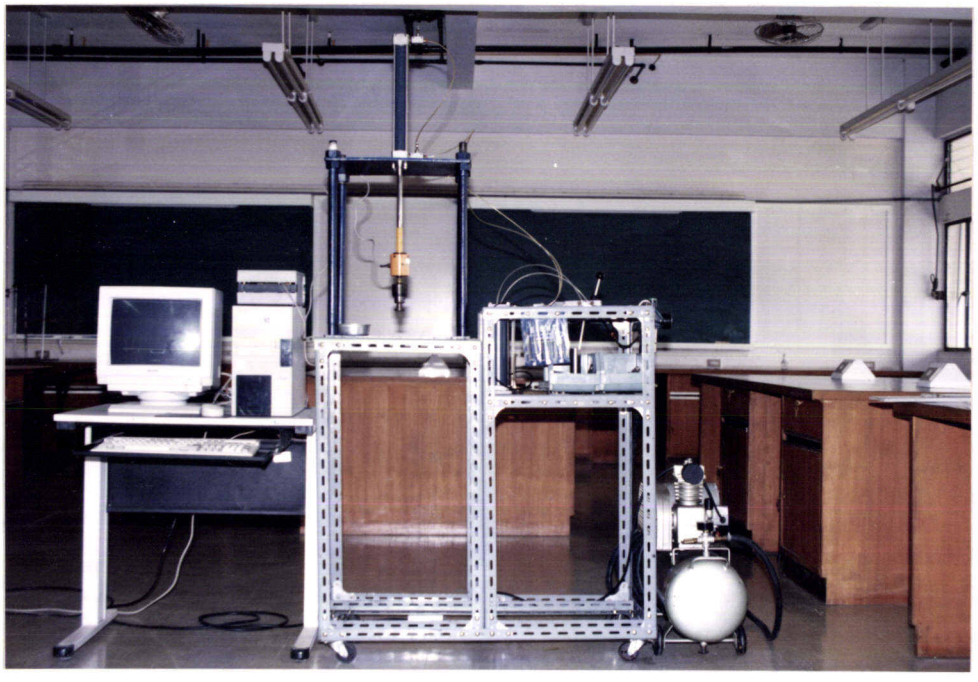
รูปผนวกที่ 1ช การหาปริมาณอไมโลสโดยวิธีทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน



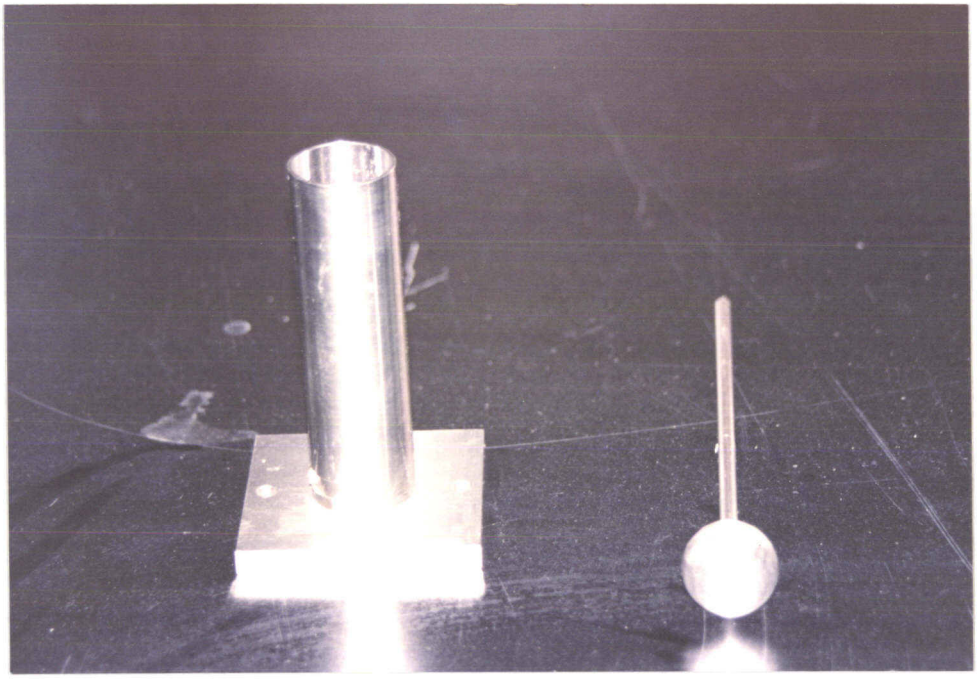
รูปผนวกที่ 2ช การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกโดยวัดระยะทางการไหลของเจล



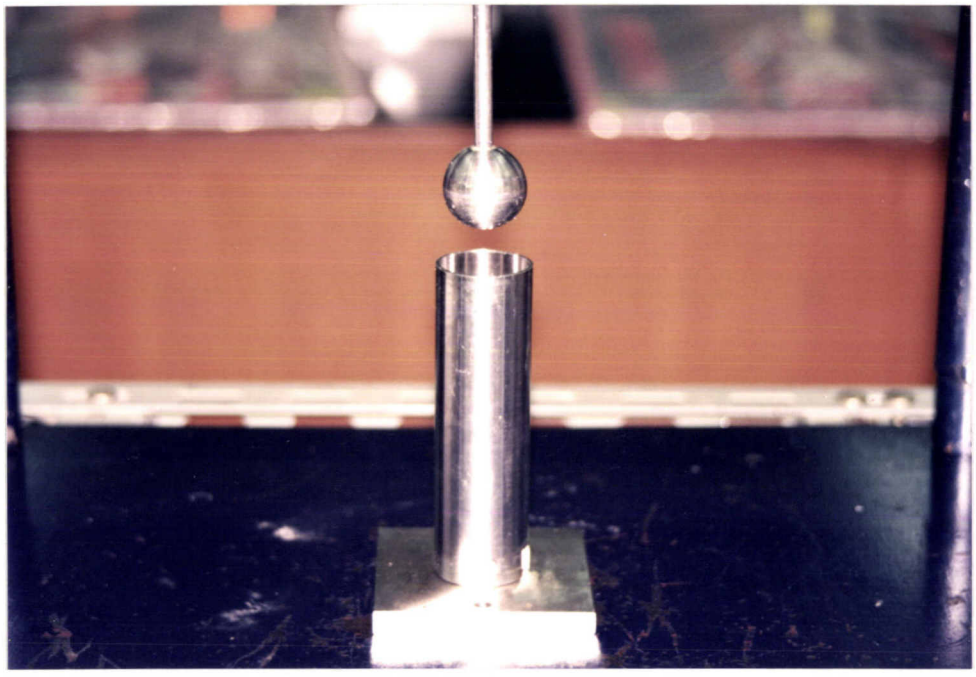
รูปผนวกที่ 3ช การหาค่าการสลายเมล็ดในด่าง



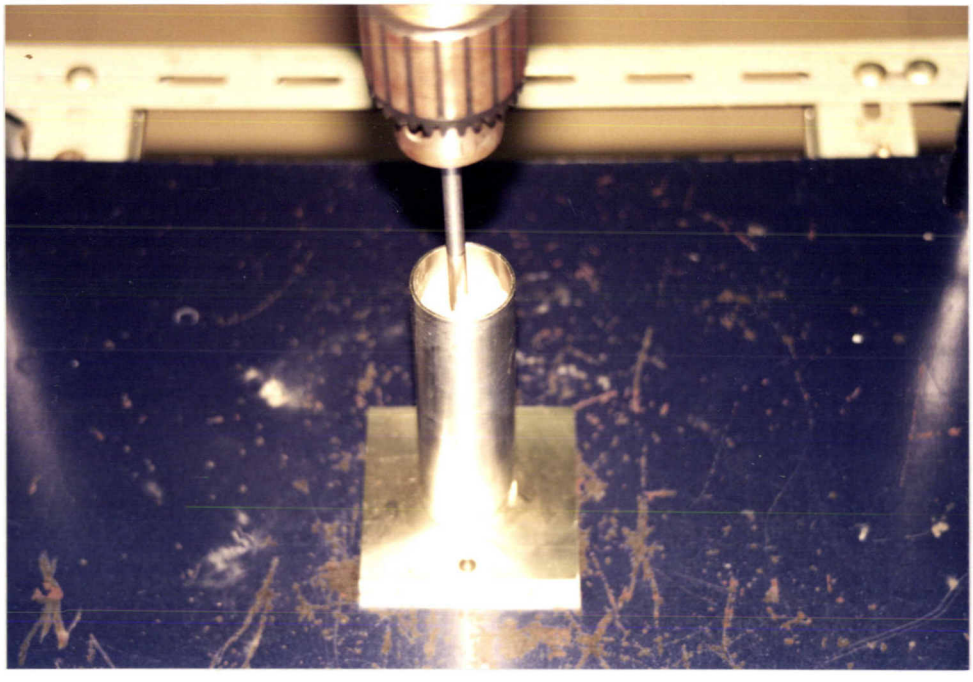
รูปผนวกที่ 4ช KMITL Food Texture Measuring Instrument



รูปผนวกที่ 5ช แสดง Test Cell และหัวกดที่ใช้ในการวัดความแข็งของข้าวสุก



รูปผนวกที่ 6ช การเตรียมวัดความแข็งของข้าวสุก



รูปผนวกที่ 7ช การวัดความแข็งของข้าวสุก

คณะเทคโนโลยีการเกษตร ท้องสมุด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง