



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีระบบเกษตร)
ปริญญา

เทคโนโลยีระบบเกษตร เกษตรกลวิธาน
สาขา ภาควิชา

เรื่อง ผลของความแกร่งในเมล็ดข้าวที่มีต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย
Effect of Strength on Kernel for Milling Quality of Thai Rice (*Oryza sativa* L.)

نامผู้วิจัย นางสาวสุวรรษา ทองหุ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภกิตต์ สายสุนทร, ป.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสีทจี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของความแข็งแรงในเมล็ดข้าวที่มีต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย

Effect of Strength on Kernel for Milling Quality of Thai Rice (*Oryza sativa* L.)

โดย

นางสาวสุวรรณา ทองหนู

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีระบบเกษตร)

พ.ศ. 2558

สุวรรณา ทองหุ 2558: ผลของความแกร่งในเมล็ดข้าวที่มีต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีระบบเกษตร) สาขาเทคโนโลยีระบบเกษตร
ภาควิชาเกษตรกลวิธาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ฉัตรชัยศักดิ์ เฝ้าสังข์,
Ph.D. 99 หน้า

การศึกษานี้เพื่อศึกษาความแกร่งของเมล็ดข้าวที่ความชื้นระดับต่างๆ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแกร่งของเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีของข้าว ตัวอย่างสำหรับการทดสอบเป็นข้าว 6 สายพันธุ์ แบ่งออกเป็นข้าวนาปี 2 สายพันธุ์ได้แก่ แจ็กเชย, กข35 และข้าวนาปรัง 4 สายพันธุ์ได้แก่ พิชญ์โลก2, กข31(ปทุมธานี80), กข41 และกข47 วิธีการศึกษา ประกอบด้วย การลดความชื้นตัวอย่างข้าวเปลือกด้วยการตากแดด โดยกำหนดร้อยละความชื้น(มาตรฐานเปียก) 4 ระดับ ได้แก่ 20-22, 17-19, 14-16 และ 11-13 จากนั้นวัดคุณภาพการสี โดยคำนวณจากร้อยละข้าวเต็มเมล็ด และทดสอบความแกร่ง (ขนาดของแรงกด, หน่วยเป็นนิวตัน)ของข้าวเปลือกด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยใช้หัวกดแบบใบมีด (Blade set with knife) และแรงเค้น ผลการทดลองพบว่าในข้าวเปลือกทุกสายพันธุ์ ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-13 ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด ซึ่งระดับความชื้นมีผลทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในข้าวพันธุ์กข35 กข41 และ กข31 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 20-22 ขนาดของแรงกดมีค่าสูงสุด 28.40, 26.24 และ 30.89 N ตามลำดับ ซึ่งระดับความชื้นมีผลต่อขนาดของแรงกดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในข้าวพันธุ์กข35 กข47 กข31 และพิชญ์โลก2 แรงเค้นมีค่าสูงสุด 1.96, 1.83, 1.80 และ 1.68 N/m² ตามลำดับ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความแกร่งของเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสี พบว่า ข้าวพันธุ์แจ็กเชย ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกถึงความแกร่งที่ส่งผลต่อคุณภาพการสีได้ สามารถแสดงค่าเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=11.053x-206.88$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.89 ในข้าวพันธุ์กข47 แรงเค้นสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพการสีได้ สามารถแสดงค่าเป็นสมการเส้นตรง คือ $y=-12.025x+51.97$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.87

Suwansa Thonghyu 2015: Effect of Strength on Kernel for Milling Quality of Thai Rice (*Oryza sativa* L.). Master of Science (Agricultural System Technology), Major Field: Agricultural Systems Technology, Department of Farm Mechanics. Thesis Advisor: Mr.Thawansak Phaosang, Ph.D. 99 pages.

This research were study the hardness force of paddy at various of moisture content and study relationship between the hardness force (Newton) and milling quality. Samples for testing were six varieties of Thai rice (long grain varieties) were consisted of in-season are Jek Chuey, RD35 and off-season rice are Phisanulok2, RD31, RD41 and RD47. The study consisted of reducing moisture contents of paddy by sun drying, the moisture content (wet basis) 4 level were 20-22, 17-19, 14-16 and 11-13% indicated by percentage of head rice yield (HRY), testing strength property by Texture Analyzer (Model TA.XT Plus) and stress. The results are shown that all tested rice varieties at moisture content 11-13% (w.b.) gave maximum percentage of HRY. Additionally, moisture content significantly effected to HRY. At moisture content 20-22% (w.b.), the maximum of hardness force of RD35, RD41 and RD31 were 28.40, 26.24 and 30.89 N respectively. All moisture contents levels were significantly effected on the hardness force of rice. The maximum stress value of RD35, RD47, RD31 and Phisanulok2 were 1.96, 1.83, 1.80 and 1.68 N/m² respectively. Moreover, the hardness force was significantly effected on HRY. The relationship between the HRY and hardness force shown that JekChuey was indicated by strength properties that effected on milling quality, represented to equation which was $y=11.053x-206.88$ and R^2 was 0.89. The stress was indicated by milling quality which was $y=-12.025x+51.97$ and R^2 was 0.87.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ด้วยความดูแลเอาใจใส่ และความเมตตากรุณาตลอดงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ อ. ดร. รัชศักดิ์ เสริมศักดิ์ และรศ. ดร. วาริช ศรีละออง กรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้ไข และให้แนวคิดว่ารวมทั้งคำแนะนำอันมีคุณค่าแก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณนายสำราญ อินแถลง ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี อ.ดร.น้องนุช ศิริวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และผศ.ดร. ธาณี ศรีวงศ์ชัย อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือในการทำงาน ทำให้เกิดความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์นี้

ตลอดระยะเวลาในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอกราบขอพระคุณอาจารย์ภาควิชาเกษตรกลวิธานทุกท่าน รวมถึงบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้คำอบรมสั่งสอน มอบความรู้อันเป็นประโยชน์ และคอยเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยตลอดมา และขอขอบพระคุณเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีระบบเกษตร (XA29) ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่เป็นกำลังใจ ช่วยเหลือ ชี้แนะ และสนับสนุนทำให้งานวิจัยเกิดความสมบูรณ์

ความดี หรือประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาบิดา มารดา และบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุวรรณา ทองหยู

พฤศจิกายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	49
อุปกรณ์	49
วิธีการ	50
ผลการทดลองและวิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	87
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ผลผลิตของโลก	12
2 เกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ด	21
3 ลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว	21
4 คุณภาพการสี (milling quality)	24
5 การสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว	33
6 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	60
7 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	61
8 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่ทำให้เมล็ดข้าวแตกหักของข้าวพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	63
9 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	64
10 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้นของข้าวพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	66
11 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้นของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12 ขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ที่ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก)	68
13 แรงเค้นกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ที่ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก)	74
ตารางผนวกที่	
1 ขนาดของข้าวเปลือกพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2	89

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างของเมล็ด	4
2 การเจริญเติบโตของลำต้นข้าว	8
3 ขนาดและรูปร่างข้าวเปลือก	22
4 รูปกระพุ่มแบบต่างๆ	37
5 รูปเส้นแบบต่างๆ	40
6 ความเครียดทั้งสามแบบ	43
7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับแรงเค้น	44
8 เครื่องกะเทาะเปลือก	52
9 เครื่องขัดขาว	53
10 เครื่องคัดแยกปลายข้าว	54
11 เครื่อง Texture Analyzer	55
12 ทดสอบความแกร่งของข้าวเปลือก	56
13 หักกด Blade set with knife	57
14 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-12 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ้าเกษม กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2	61
15 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์พันธุ์เจ้าเกษม กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2	64
16 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้น (stress) ของข้าวไทยสายพันธุ์เจ้าเกษม กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2	67

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย (a) กข35 (b) กข41 (c) กข47 (d) กข31 (e) และพิษณุโลก2 (f)	70
18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้น (stress) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย (a) กข35 (b) กข41 (c) กข47 (d) กข31 (e) และพิษณุโลก2 (f)	75
ภาพผนวกที่	
1 การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือก	91
2 การวัดขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก	94
3 ขนาดของข้าวเปลือกพันธุ์เจ๊กเซย (8) กข35 (9) กข41 (10) กข47 (11) กข31 (12) และพิษณุโลก2 (13)	95

ผลของความแกร่งในเมล็ดข้าวที่มีต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย

Effect of Strength on Kernel for Milling Quality of Thai Rice

(*Oryza sativa* L.)

คำนำ

ประเทศไทยมีความเข้มแข็งด้านการเกษตร โดยเฉพาะการผลิตข้าว ทั้งนี้เนื่องจากความพร้อมทางชีวภาพและกายภาพที่เกื้อหนุนส่งผลให้เกิดความได้เปรียบสูงด้านผลิตผลจากข้าวทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ จึงสามารถส่งออกข้าวเป็นรายได้หลักของประเทศ (ไพศาลและคณะ, 2554) ในกระบวนการผลิตข้าวหลังการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งได้เป็นเมล็ดข้าว พบว่า มีเมล็ดข้าวจำนวนมากเกิดการแตกหัก เนื่องจากคุณภาพในการสีเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับความแกร่งของเมล็ด สามารถนำเข้าสู่การบอกคุณสมบัติและคุณภาพของเมล็ดได้ สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้ราคาทางการตลาดของข้าวลดต่ำลงในกระบวนการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร สิ่งที่ต้องการมากที่สุดคือ ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด การสีข้าวให้ได้ข้าวร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ คือ ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่วิธีการเก็บเกี่ยวเกี่ยว วิธีการอบแห้ง ชนิดเครื่องมือที่ใช้สี และลักษณะทางชีวภาพ ได้แก่ คุณสมบัติของข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์ ความชื้นก่อนการสี เป็นต้น นอกจากนี้ ความชื้นของข้าวเปลือกมีผลกระทบต่อการแตกหักในการสีข้าวด้วย แต่เนื่องจากความชื้นมีความแปรปรวนจึงส่งผลต่อคุณภาพในการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารการแตกหักของข้าวเป็นปัญหาใหญ่ของอุตสาหกรรมข้าว เมล็ดข้าวแตกหักอาจจะแตกในระหว่างกระบวนการสีและทำให้ข้าวเต็มเมล็ดลดลง ปัจจุบันข้าวเต็มเมล็ดเป็นมาตรฐานในการกำหนดคุณภาพการสีข้าวทางการค้า หลังจากการสีเสร็จสมบูรณ์ มูลค่าของข้าวเต็มเมล็ดลดลงข้าวเมล็ดแตกหักซึ่งเป็นมูลค่าลดลงครั้งหนึ่งของมูลค่าต้นข้าว (Cnossen *et al.*, 2003) ปัจจุบันราคาเมล็ดข้าวหักมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 60 ของราคาข้าวเต็มเมล็ด เพราะข้าวเต็มเมล็ดที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับข้าวหัก (Siebenmorgen *et al.*, 2007)

เมล็ดข้าวถูกนำไปสู่ความหลากหลายของแรงซึ่งส่งผลต่อคุณภาพการสีที่จะได้ร้อยละข้าวเต็มเมล็ด การเสียหายขนาดใหญ่ของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของทางกลของเมล็ดข้าว และสามารถจัดกลุ่มความเสียหายเป็นความเสียหายหลักและความเสียหายรอง ความเสียหายหลักหมายถึงการแตกหักของเมล็ดข้าว ในขณะที่ความเสียหายรองรวมถึงการแตกร้าวของเมล็ดข้าวด้วย หากความเสียหายทั้งสองอย่างนี้สามารถเกิดขึ้นในระดับต่ำจะทำให้กระบวนการสุดท้ายของการสีข้าวจะได้ข้าวที่มีคุณภาพสูง เมล็ดข้าวที่มีขนาดเล็ก เป็นเรื่องยากที่จะกำหนดคุณสมบัติของเครื่องจักร ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการออกแบบให้มีการควบคุมสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพเพื่อลดการสูญเสียทางกลในระหว่างกระบวนการสีข้าว (Shitanda *et al.*, 2002) โดยทั่วไป ความชื้นของข้าวเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพการสี คือ ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด แต่เนื่องจากความชื้นจะเกิดความแปรปรวนได้ง่ายดังนั้นจึงมีแนวคิดในการทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวไทย ซึ่งความแกร่งของเมล็ดข้าวจะมีความแปรปรวนน้อย สามารถเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพการสีข้าวได้ดี

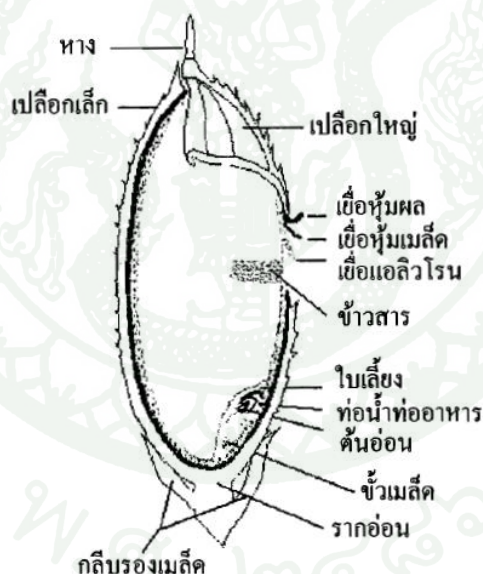
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวที่ความชื้นระดับร้อยละ 11 – 22 (มาตรฐานเปียก) ของข้าวไทยด้วยเครื่อง Texture Analyzer
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวที่ความชื้นระดับร้อยละ 11 – 22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทย
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น, ขนาดของแรงกด และคุณภาพการสีของข้าวไทย

การตรวจเอกสาร

1. ข้าว (Rice)

ข้าว เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียก เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain หรือ rice seed) ซึ่งทางพฤกษศาสตร์จะหมายถึงผล (fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (single fruit) เกิดจากรังไข่อันเดียว โดยเมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) และส่วนเนื้อผลหรือผลแท้ (true fruit หรือ caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง (brown rice) (อรอนงค์, 2550) และ โครงสร้างของเมล็ดดังแสดงภาพที่ 1 (สมวงศ์, 2546)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเมล็ด

ที่มา: สมวงศ์ (2546)

ข้าว เป็นพืชวงศ์หญ้า (family Gramineae) เผ่าพันธุ์ (tribe) โอไรซี (oryzae) พืชเผ่าพันธุ์นี้มีอยู่ประมาณ 2 ชนิด (species) ในจำนวนนี้มี 2 ชนิดเท่านั้นที่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหาร (cultivated

varieties) คือ โอไรซา ซาไตวา (*Oryza sativa*) ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศผู้ปลูกข้าวและ โอไรซา กลาเบอร์ริมา (*Oryza glaberrima*) ที่ปลูกกันในส่วนหนึ่งของทวีปแอฟริกา โดยข้าวชนิดอื่นๆ เป็นข้าวป่า

2. พันธุ์ข้าว

ข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza sativa* ซึ่งเป็นข้าวที่ปลูกในทวีปเอเชียและ *Oryza glaberrima* เป็นข้าวปลูกในทวีปแอฟริกาโดยข้าวที่ค้าขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมด เป็นข้าวที่ปลูกในแถบเอเชีย ซึ่งข้าวชนิดดังกล่าวยังสามารถแบ่งได้ตามแหล่งปลูก คือ

1. ข้าวอินดิกา (indica) เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตร้อนตั้งแต่ สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ ไทย สาธารณรัฐอินโดนีเซีย สาธารณรัฐอินเดีย และสาธารณรัฐสังคมนิยมประชาธิปไตยศรีลังกา ข้าวพันธุ์นี้ค้นพบครั้งแรกในสาธารณรัฐอินเดีย และต่อมาได้พัฒนาไปปลูกในทวีปอเมริกา โดยมีลักษณะเมล็ดยาวรีและลำต้นสูง

2. ข้าวจาปอนิกา (japonica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่นเช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี มีลักษณะเมล็ดป้อม กลมรี และลำต้นเตี้ย

3. ข้าวจาวานิกา (javanica) ปลูกในสาธารณรัฐอินโดนีเซีย และสาธารณรัฐฟิลิปปินส์ มีลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะให้ผลผลิตต่ำ

สำหรับข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว คือ ข้าวอินดิกา (indica) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 3,500 พันธุ์ ทั้งที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ และข้าวพันธุ์พื้นเมือง โดยข้าวพันธุ์ที่สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทยมากที่สุดคือข้าวหอมมะลิ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ข้าวที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งแบ่งออกเป็นข้าวเจ้า และข้าวเหนียว

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ลักษณะสำคัญของข้าวแบ่งออกเป็นลักษณะการเจริญเติบโต และลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ (อรอนงค์, 2550) ดังนี้

2.1.1. ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ

1. ราก (root) รากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายแตกแขนงอยู่ใต้ผิวดินดังแสดงภาพที่ 2

2. ลำต้น (culm) มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องโดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมี 20-25 ปล้อง

3. ใบ (leaf) ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ น้ำ อาหาร และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วยกาบใบ และแผ่นใบ

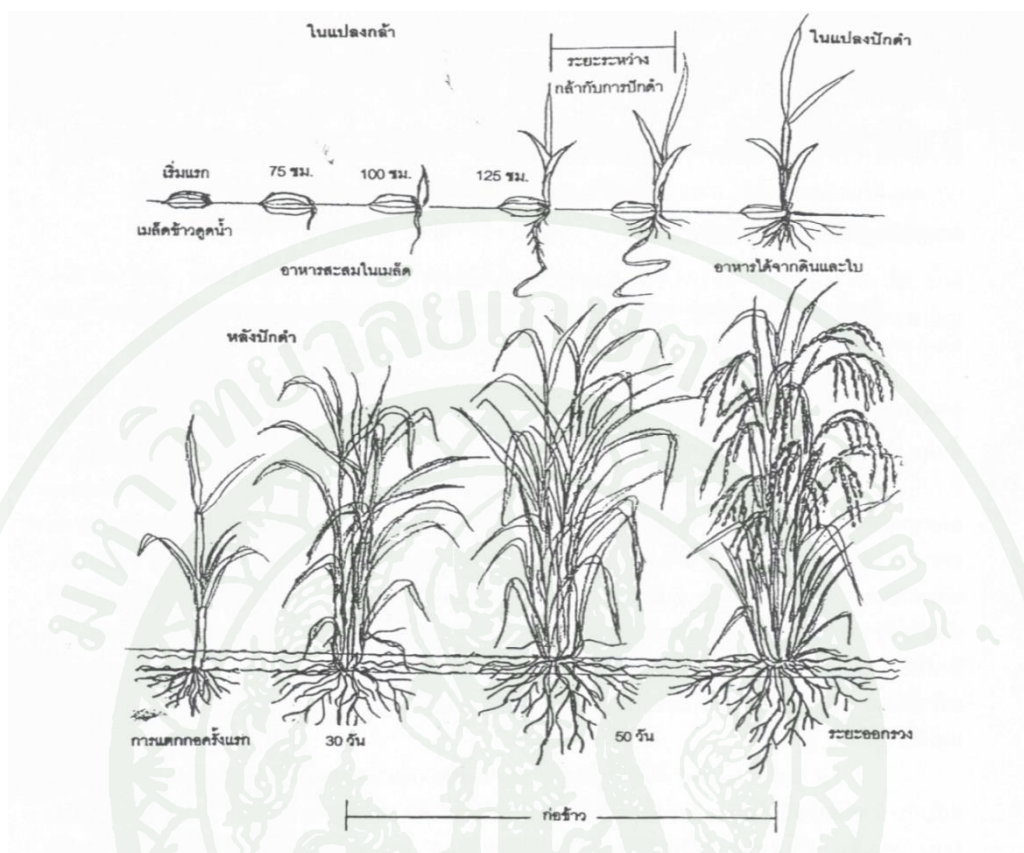
2.1.2. ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ซึ่งต้นข้าวขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ได้แก่ รวง ดอกข้าวและเมล็ดข้าว

1. รวงข้าว (panicle) หมายถึง ช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อใบธง

เรียกว่า คอรวง คอรวงสั้นหรือยาว ขึ้นอยู่กับระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อไป
 ใบบง

2. ดอกข้าวหมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย สำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วย เปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอกเรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) เปลือกนี้ ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้

3. เมล็ดข้าว หมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพพะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เรابرโภคคัพพะเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตของกล้าต้นข้าว

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

3. พันธุ์ข้าวที่ปลูกในประเทศไทย

ในอดีตพันธุ์ข้าวมีความหลากหลายมาก และแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ แต่ปัจจุบันพันธุ์ข้าวที่ปลูกกันทั่วไปมีอยู่ไม่กี่ชนิด พันธุ์ข้าวมีการจำแนกออกในหลายลักษณะ การจำแนกหลักๆ ที่สำคัญ ได้แก่

3.1 จำแนกตามฤดูกาลปลูกข้าวหรือสภาพของแสงแดด แบ่งเป็น

3.1.1 ข้าวไวแสง หมายถึง ข้าวที่มีช่วงเวลาของการออกดอกที่แน่นอน เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปีเท่านั้น ข้าวจะออกดอกในช่วงแสงที่เวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน จึงต้องปลูกในฤดูฝน เพื่อให้ดอกออกช่วงฤดูหนาวที่มีช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง อาจจะจำแนกย่อยออกได้เป็น ข้าวที่ไวต่อแสงมาก ข้าวที่มีความไวต่อแสงน้อย ซึ่งจะมีช่วงเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน ข้าวพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่จัดเป็นข้าวไวแสงเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับ

3.1.2 ข้าวไม่ไวแสง หมายถึง ข้าวที่ออกดอกตามอายุเก็บเกี่ยวของข้าวโดยไม่ขึ้นอยู่กับช่วงแสง เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรัง สามารถปลูกได้ตลอดปีถ้ามีน้ำเพียงพอ และปลูกได้ดีในฤดูร้อนเพราะมีช่วงแสงมากกว่าฤดูอื่น อายุการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 110-150 วัน

3.2 จำแนกตามสภาพการเก็บเกี่ยว แบ่งเป็น

3.2.1 ข้าวเบา เป็นข้าวที่ใช้ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวสั้น (อายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน) ถ้าเป็นข้าวไวแสงจะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมของทุกภาค ยกเว้นภาคใต้ และสามารถแบ่งย่อยออกได้อีกเป็น ข้าวค่อนข้างเบา ข้าวเบา และข้าวเบามาก

3.2.2 ข้าวกลาง เป็นข้าวที่ปลูกโดยใช้ระยะเวลาปานกลาง (อายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วัน) ถ้าเป็นข้าวไวแสงจะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงประมาณเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายนของปี

3.2.3 ข้าวหนัก เป็นข้าวที่ปลูกโดยใช้เวลานาน (อายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป) ถ้าเป็นข้าวไวแสงจะเก็บเกี่ยวในช่วงประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม และยังสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น ข้าวค่อนข้างหนัก ข้าวหนัก และข้าวหนักมาก

3.3 จำแนกตามสภาพพื้นที่ปลูกหรือสภาพแวดล้อม

3.3.1 ข้าวไร่ เป็นข้าวที่ปลูกโดยอาศัยสภาพน้ำฝนตามธรรมชาติในพื้นที่ไร่หรือพื้นที่ดอน ไม่มีการเก็บกักน้ำในแปลงนา ใช้การปลูกโดยการหยอดหรือโรยเมล็ดข้าวแห้ง พันธุ์ข้าวไร่ส่วนมากจะทนต่อความแห้งแล้งได้ดี

3.3.2 ข้าวนาสวน เป็นข้าวที่ปลูกกันทั่วไปในพื้นที่ที่มีน้ำขัง มีการเก็บกักน้ำไว้ในแปลงนา ปลูกได้ที่ระดับน้ำลึก 1 เซนติเมตร แต่ไม่เกิน 50 เซนติเมตร การปลูกข้าวนาสวนแบ่งย่อยได้ 2 แบบ

3.3.2.1 ข้าวณ้าน้ำฝน เป็นข้าวที่ปลูกฤดูนาปี อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ พันธุ์ข้าวที่ใช้ส่วนใหญ่ เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองหรือข้าวที่มีการคัดพันธุ์มาจากข้าวพันธุ์พื้นเมือง เป็นข้าวที่มีคุณภาพ เมล็ดดี แต่มักจะต้นสูงล้มง่าย

3.3.2.2 ข้าวนาชลประทาน เป็นข้าวที่ปลูกในเขตนาชลประทาน ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรังพันธุ์ข้าวที่ใช้ส่วนมากเป็นพันธุ์ข้าวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ให้ผลผลิตสูงในระบบการทำนาที่ใช้ปุ๋ยเคมี

3.3.3 ข้าวนาเมือง ข้าวขึ้นน้ำ หรือข้าวฟางลอย เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปี พันธุ์ข้าวส่วนมากเป็นพันธุ์พื้นเมือง หรือพันธุ์ข้าวที่คัดมาจากพันธุ์พื้นเมือง ตัวอย่างเช่น ปิ่นแก้ว 56 เล็บมือนาง 111 พันธุ์ข้าวเหล่านี้สามารถยึดปล้องตามระดับน้ำได้ มีการแตกแขนง และรากที่ชอนต่อสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน รวมทั้งสภาพแห้งแล้งได้ดี แต่ผลผลิตจะต่ำกว่านาปี

3.4 ผลผลิตข้าว

3.4.1 ผลผลิตข้าวของโลก

ผลผลิตข้าวของโลกช่วงปีพ.ศ.2550/51 - 2554/55 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 432.96 ล้านตันข้าวสาร เป็น 464.79 ล้านตัน ข้าวสารหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.44 ต่อปี ในปีพ.ศ. 2554/55 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 993.13 ล้านไร่ ผลผลิต 464.79 ล้านตันข้าวสาร ผลผลิตต่อไร่ 704 กิโลกรัม เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้นจาก 985.00 ล้านไร่ ผลผลิต 449.30 ล้านตันข้าวสาร และผลผลิตต่อไร่ 688 กิโลกรัมของปีพ.ศ.2553/54 ร้อยละ 0.83, 3.45 และ 2.33 ตามลำดับ เนื่องจากสภาพอากาศที่เอื้ออำนวยในหลายประเทศ และรัฐบาลของประเทศผู้ผลิตบางประเทศสนับสนุนนโยบายการปลูกข้าวเพื่อความมั่นคงทางด้านอาหารทำให้เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตเพิ่มขึ้น เช่น สาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ สหภาพพม่า ราชอาณาจักรกัมพูชา สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐอินเดีย สาธารณรัฐอินโดนีเซีย สาธารณรัฐอิสลามปากีสถาน สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ และ สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามดังแสดงในภาพที่ 3 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

3.4.2 การผลิตข้าวของประเทศไทย

1. ข้าวนาปี ปี พ.ศ.2555/56 สำนักเศรษฐกิจการเกษตร ประมาณการ ณ เดือนกันยายน พ.ศ.2555 เนื้อที่เพาะปลูก 61.72 ล้านไร่ ผลผลิต 26.19 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตต่อไร่ 424 กิโลกรัม ทั้งเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2554/55 ร้อยละ 1.05, 12.55 และ 11.29 ตามลำดับ เนื่องจากราคาข้าวที่เกษตรกรปลูกข้าวเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ไม่มีโรคแมลงระบาด ส่งผลให้ภาพรวมการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2555 โดยผลผลิตจะถูกเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555ประมาณ 20.10 ล้านตันข้าวเปลือก หรือคิดเป็นร้อยละ 76.77 ของผลผลิตข้าวนาปีทั้งหมด

2. ขำนาปรัง ปี 2556 สำนักเศรษฐกิจการเกษตร ประมาณการ ณ เดือนมิถุนายน พ.ศ.2555 มีเนื้อที่เพาะปลูก 17.12 ล้านไร่ ผลผลิต 11.67 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 682 กิโลกรัม ทั้งเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2555 ร้อยละ 0.11, 3.05 และ 3.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ จะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2556 และจะเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

ตารางที่ 1 ผลผลิตข้าวโลก

หน่วย: ล้านตันข้าวสาร

ประเทศ	ปี 2550/51	ปี 2551/52	ปี 2552/53	ปี 2553/54	ปี 2554/55 (2)	อัตราเพิ่ม ร้อยละ	ปี 2555/56 (1)	ผลต่าง ร้อยละ (1)และ(2)
บังคลาเทศ	28.800	31.200	31.000	31.700	33.700	3.36	33.800	0.30
บราซิล	8.199	8.570	7.929	9.300	7.888	0.04	7.820	-0.86
พม่า	11.840	11.200	11.642	10.528	10.816	-2.40	10.750	-0.61
กัมพูชา	3.305	3.992	4.056	4.233	4.268	5.87	4.500	5.44
จีน	130.224	134.330	136.570	137.000	140.700	1.76	143.000	1.63
อินเดีย	4.655	4.673	4.564	3.100	4.250	-5.75	4.700	10.59
อินโดนีเซีย	96.690	99.180	89.090	95.980	104.320	1.20	99.000	-5.10
อินโดนีเซีย	37.000	38.310	36.370	35.500	36.500	-1.03	36.900	1.10
ญี่ปุ่น	7.930	8.029	7.711	7.720	7.646	-1.12	7.500	-1.91
เกาหลีใต้	4.408	4.843	4.916	4.295	4.224	-2.03	4.100	-2.94
ปากีสถาน	5.700	6.900	6.800	5.000	6.500	-0.59	6.700	3.08
ฟิลิปปินส์	10.479	10.755	9.772	10.539	10.700	0.21	11.000	2.80
ศรีลังกา	2.200	2.227	2.650	2.490	3.311	9.74	3.000	-9.39
เวียดนาม	24.375	24.393	24.993	26.371	26.870	2.77	27.100	0.86
สหรัฐฯ	6.288	6.546	7.133	7.593	5.868	0.10	6.327	7.82
ไทย	21.185	19.850	20.260	20.262	20.460	-0.49	20.500	0.20
อื่น ๆ	29.684	33.703	35.943	37.690	36.764	5.54	37.613	2.31
รวม	432.962	448.701	441.399	449.301	464.785	1.44	464.310	-0.10

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

4. พันธุ์ข้าวไทยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

4.1 ข้าวพันธุ์เจ๊กเซย

ประวัติพันธุ์ เป็นพันธุ์ที่คัดเลือกมาจากข้าวพันธุ์เจ๊กเซยพื้นเมือง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีชื่อเสียงของอ.เสาไห้ จ.สระบุรี ศูนย์วิจัยปทุมธานี จึงได้เริ่มต้นปรับปรุงพันธุ์ในฤดูนาปี พ.ศ.2545 โดยเก็บรวบรวมพันธุ์จากแปลงเกษตรกร ในจังหวัดสระบุรี มีตัวอย่าง 34 พันธุ์ ทำการปลูกคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ได้สายพันธุ์ PTTC02019 แล้วคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ จนได้สายพันธุ์บริสุทธิ์ PTTC02019-1 ในฤดูนาปี พ.ศ.2546 ปลูกทดสอบผลผลิตในแปลงเกษตรกร ทดสอบปฏิกิริยาต่อโรค และแมลงที่สำคัญทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยในโตรเจน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมีของข้าว

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง สูงเฉลี่ย 160 - 170 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวเดือนธันวาคม ทรงกอตั้ง ใบสีเขียว ใบธงหักลง คอรวงยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ขนสั้น เมล็ดข้าวเปลือก ยาว 10.30 มิลลิเมตร กว้าง 2.50 มิลลิเมตร หนา 2.00 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.70 มิลลิเมตร กว้าง 2.10 มิลลิเมตร หนา 1.70 มิลลิเมตร ปริมาณอมิโลสสูง (ร้อยละ 27.10) คุณภาพข้าวสุกค่อนข้างแข็ง ระยะพักตัวของเมล็ดพันธุ์ประมาณ 6-7 สัปดาห์

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์เจ๊กเซย ผลผลิตเฉลี่ย 812 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวสารมีคุณภาพดีแบบข้าวเสาไห้ หุงขึ้นหม้อ ร่วนเป็นตัวไม่เกาะกัน เนื้อสัมผัสจากการชิมค่อนข้างแข็ง แต่มีความนุ่มไม่แข็งกระด้าง สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นและขนมได้ดี สามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในเรื่องน้ำท่วม เนื่องจากเป็นข้าวต้นสูงและทนน้ำท่วมได้ดีกว่าข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงในพื้นที่เดียวกัน

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์เจ๊กเซย ไม่ต้านทานต่อโรคไหม้ โรคขอบใบแห้งและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พื้นที่แนะนำจังหวัดสระบุรีและใกล้เคียงที่มีนิเวศการเกษตรคล้ายคลึงกัน

4.2 ข้าวพันธุ์ กข35(รังสิต 80)

ประวัติพันธุ์ ได้จากการผสมพันธุ์สามทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของสายพันธุ์ IR5201-65-1-2 และพันธุ์ปิ่นแก้วเบา 27 กับพันธุ์เจ้าเหลือง 11 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเมื่อปี พ.ศ.2522-2523 ปลุกคัดเลือกพันธุ์ผสมชั่วที่ 2 แบบรวม (bulk) และชั่วที่ 3-6 แบบสืบตระกูล (pedigree) ในปี พ.ศ.2525-2529 ได้สายพันธุ์ RSTLR79009-43-1-1-5 ปลุกศึกษาพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีทดสอบความต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญรวมทั้งวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ และทางเคมี ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีในปี พ.ศ.2530-2532 ปลุกเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวคลองหลวงปทุมธานี สุพรรณบุรี ฉะเชิงเทรา และราชบุรี รวมทั้งทดสอบความต้านทานต่อโรค และแมลงที่สำคัญ วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ และทางเคมีที่ศูนย์วิจัยข้าวคลองหลวงปทุมธานีระหว่างปี พ.ศ.2533 ถึง พ.ศ.2544 เปรียบเทียบผลผลิตในนารายณ์ และทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในปี พ.ศ.2541 ถึง พ.ศ.2544 ประเมินผลผลิตในสภาพดินเปรี้ยวและในนาเกษตรกรในปีพ.ศ.2544 ถึง พ.ศ.2545 คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์กรมการข้าวมีมติให้เป็นพันธุ์รับรองชื่อ กข35(รังสิต 80) เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูกเมื่อวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ.2550

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง ต้นก่อนข้างเตี้ย สูงเฉลี่ย 132 เซนติเมตร กอตั้ง ใบตั้งตรง แดกกอ 13-15 หน่อต่อกอ อายุเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม มีจำนวนรวงต่อตารางเมตร 224 รวง คัดเมล็ดประมาณร้อยละ 92 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 204 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 28.10 กรัม เมล็ดข้าวเปลือกสีฟางยาว 10.54 มิลลิเมตร กว้าง 2.59 มิลลิเมตร หนา 2.01 มิลลิเมตร น้ำหนักข้าวเปลือกต่อถัง 11.30 กิโลกรัม ข้าวกล้องสีขาวรูปร่างเรียวยาว 7.41 มิลลิเมตร กว้าง 2.14 มิลลิเมตร หนา 1.74 มิลลิเมตร เป็นท้องไข่น้อย ปริมาณมิโลสสูง (ร้อยละ 26.10-29.30) ข้าวสุกแข็งจัดอยู่ในประเภทข้าวเสาไห้ เมล็ดมีระยะพักตัว 6-9 สัปดาห์

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์กข35 ผลผลิตเฉลี่ย 650 กิโลกรัมต่อไร่ เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในดินเปรี้ยว กอตั้ง ฟางแข็ง ก่อนข้างเตี้ย คุณภาพเมล็ดดี คุณภาพการสีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวร้อยละ 49.70 จัดเป็นประเภทข้าวเสาไห้ ก่อนข้างด้านทานต่อโรคขอบใบแห้งและเพลี้ยกระโดดหลังขาว

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์กข35 ก่อนข้างอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลพื้นที่แนะนำพื้นที่นาฝนภาคกลางที่มีระดับน้ำลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร

4.3 ข้าวพันธุ์ พิชณุโลก2

ประวัติของพันธุ์ ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวแบบผสมสามทางระหว่างพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ของสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPR81041-194-2-1 ของไทยกับ IR56 ของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในปีพ.ศ.2533 จากนั้นได้ทำการคัดเลือกข้าวพันธุ์ผสมที่ศูนย์วิจัยข้าวดังกล่าว คัดเลือกได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-1-5-1 นำไปเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง และสถานีทดลองข้าวชัยนาท รวมทั้งนารายณ์จังหวัดพิษณุโลก ลพบุรี และชัยนาท กรมวิชาการเกษตรมีมติรับรองพันธุ์ให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ.2543 ให้ชื่อว่าพิษณุโลก2

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นพันธุ์ข้าวต้นก่อนข้างเตี้ย สูงประมาณ 114 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง แดกกอดี ปล้อง และกาบใบสีเขียว มีขนบนใบ ใบธงตั้งตรง ใบแก่ช้ำ รวงแน่นปานกลาง ระแง้ก่อนข้างถี่ คอรวงสั้น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว 7.30 มิลลิเมตร กว้าง 2.10 มิลลิเมตร หนา 1.60 มิลลิเมตร ข้าวสุกร่วนแข็ง ระยะพักตัวประมาณ 8 สัปดาห์ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วันเมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ผลผลิตเฉลี่ย 807 กิโลกรัมต่อไร่ ด้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว คุณภาพการสีดีมาก

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ไม่ต้านทานต่อโรคไหม้แมลงบัว พื้นที่แนะนำ
ภาคเหนือตอนล่าง ในพื้นที่นาชลประทานหรือนาซึ่งควบคุมน้ำได้

4.4 ข้าวพันธุ์ กข31(ปทุมธานี80)

ประวัติพันธุ์ ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ SPR85163-5-1-1-2 กับสายพันธุ์
IR54017-131-1-3-2 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรีเมื่อพ.ศ.2536 ปลุกคัดเลือกตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 ถึง
พ.ศ.2539 ศึกษาพันธุ์ประเมินลักษณะประจำพันธุ์ และลักษณะทางการเกษตรทดสอบความ
ต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ และคุณภาพทาง
เคมี ที่ศูนย์วิจัยข้าว เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี และระหว่างสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
สุพรรณบุรี ฉะเชิงเทรา และราชบุรี และปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในนาเกษตรกร 8 จังหวัดในภาค
กลาง

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 111 วันโดยวิธีหว่านน้ำ
ตม และ 118 วันโดยวิธีปักดำ ทรงกอตั้ง ต้นแข็งไม่ล้มง่าย ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้ง คอรวง
ยาว รวงยาว 29.90 เซนติเมตร เมล็ดข้าวเปลือกสีฟางเมล็ด ไม่มีหาง ข้าวกล้องสีขาว เป็นท้องไข
น้อย รูปร่างเรียวยาว ระยะพักตัวของเมล็ดพันธุ์ประมาณ 5 สัปดาห์ เมล็ดข้าวเปลือกยาว 10.40
มิลลิเมตร กว้าง 2.60 มิลลิเมตรหนา 2.00 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.40 มิลลิเมตร กว้าง 2.10
มิลลิเมตรหนา 1.80 มิลลิเมตร ปริมาณอมิโลสสูง (ร้อยละ 27.30 – 29.80)

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์กข31(ปทุมธานี80) ผลผลิตเฉลี่ย 745 กิโลกรัมต่อไร่ (ปักดำ),
เฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่ (หว่านน้ำตม) ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดหลังขาว ค่อนข้างต้านทานต่อ
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตของพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ประมาณร้อยละ 5

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์กข31(ปทุมธานี80) อ่อนแอต่อโรคไหม้โรคใบหงิก และโรค
ใบสีส้ม พื้นที่แนะนำนาชลประทานภาคกลาง

4.5. ข้าวพันธุ์ กข41

ประวัติพันธุ์ ได้จากการผสม 3 ทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ CNT85059-27-1-3-2 และสุพรรณบุรี 60 นำไปผสมพันธุ์กับ RP217-635-8 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาทในฤดูนาปี พ.ศ. 2539 ปลูกชั่วอายุที่ 1 ในฤดูนาปี พ.ศ.2540 และปลูกคัดเลือกชั่วอายุที่ 2 และ 3 จนได้เมล็ดชั่วอายุที่ 4 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาทจากนั้นนำไปปลูกชั่วอายุที่ 5 – 6 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกตั้งแต่ฤดูนาปรัง พ.ศ.2541 ถึงฤดูนาปรัง พ.ศ.2542จนได้สายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 ปลูกศึกษาพันธุ์ฤดูนาปรัง พ.ศ.2543 และเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีฤดูนาปี พ.ศ.2544 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก จากนั้นนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และสถานีทดลองข้าวชัยนาท และลพบุรี ในฤดูนาปี พ.ศ.2545 ถึงฤดูนาปีพ.ศ.2550 นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตในนาราษฎรที่นาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก ลพบุรี สิงห์บุรี และชัยนาท ตั้งแต่ฤดูนาปีพ.ศ.2546 ถึงฤดูนาปีพ.ศ.2550 ทดสอบผลผลิตการยอมรับของเกษตรกรตั้งแต่ฤดูนาปีพ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2550 ในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย อุตรดิตถ์ ชัยนาท และกำแพงเพชร ทดสอบเสถียรภาพผลผลิตในฤดูนาปีพ.ศ.2550 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก แพร่ อุบลราชธานี สกลนคร สุรินทร์ ปทุมธานี สุพรรณบุรี และพัทลุง คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าวมีมติรับรองพันธุ์ชื่อกข41 เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ.2552

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 105 วัน ความสูงประมาณ 104 เซนติเมตร กอตั้ง ต้นแข็ง ใบและกาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง คอรวงโผล่พ้นจากกาบ ใบธงเล็กน้อย ยอดเกสรตัวเมียสีขาว ความยาวรวงเฉลี่ย 29.0 เซนติเมตร รวงค่อนข้างแน่น น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 28.80 กรัม ข้าวเปลือกมีสีฟางยาว 10.40 มิลลิเมตร กว้าง 2.53 มิลลิเมตร หยา 2.05 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว 7.73 มิลลิเมตร กว้าง 2.23 มิลลิเมตร หยา 1.81 มิลลิเมตร ปริมาณอมิโลสสูง (ร้อยละ 27.15) อุณหภูมิแป้งสุกต่ำ มีคุณภาพการสีดี ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูงถึงร้อยละ 46.60 ระยะพักตัว 9-10 สัปดาห์

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์กข41 ผลผลิตสูงเฉลี่ย 722 กิโลกรัมต่อไร่สูงกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (645 กิโลกรัมต่อไร่) และชัยนาท 1 (640 กิโลกรัมต่อไร่) คิดเป็นร้อยละ 12 และ 13 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากพิษณุโลก 2 (719 กิโลกรัมต่อไร่) ก่อนข้างด้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดี

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์กข41 อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ไม่ควรใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้โรคระบาดข้าวรุนแรง การปลูกในช่วงกลางเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน จะกระทบอุณหภูมิอากาศต่ำทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ พื้นที่แนะนำเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง

4.6. ข้าวพันธุ์ กข47

ประวัติพันธุ์ ได้จากการผสม 3 ทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของสุพรรณบุรี 1 กับ IR64 นำไปผสมกับ CNT86074-25-9-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทในฤดูนาปี พ.ศ. 2539

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 104-107 วัน (หว่านน้ำตม) และ 112 วัน (ปักดำ) มีลักษณะกอตั้งความสูง 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรงมาก ใบสีเขียวอมใบธงกว้างปานกลาง รวงยาว 30.00 เซนติเมตร ก่อนข้างแน่นคอรวงโผล่เล็กน้อย ข้าวเปลือกสีฟาง ยาว 10.40 มิลลิเมตร กว้าง 2.52 มิลลิเมตร หนา 2.08 มิลลิเมตร ข้าวกล้องรูปร่างเรียวยาว 7.94 มิลลิเมตร กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หนา 1.81 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.76 มิลลิเมตร กว้าง 2.05 มิลลิเมตร หนา 1.73 มิลลิเมตร ปริมาณอมิโลสสูง (ร้อยละ 26.81) ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะสีขาวนวล ไม่เลื่อมมันค่อนข้างร่วนและแข็ง

ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์กข47 ผลผลิตสูงเฉลี่ย 793 กิโลกรัมต่อไร่ มีเสถียรภาพดี ก่อนข้างด้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าพันธุ์กข41 และก่อนข้างด้านโรคไหม้ดีกว่าพิษณุโลก 2 คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดี

ลักษณะด้อยของข้าวพันธุ์กข47 ไม่ควรใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้เกิดโรครุนแรง และเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิอากาศต่ำจึงไม่ควรปลูกในช่วงปลายเดือนกันยายนถึงต้นเดือนพฤศจิกายน พื้นที่แนะนำเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทาน

5. คุณภาพข้าว

5.1 คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพกำหนดจากคุณลักษณะของเมล็ดข้าวที่มองเห็นสัมผัสและชั่ง ตวง วัด ได้ดังนี้ (เครือวัลย์, 2531)

5.1.1 น้ำหนักเมล็ด กำหนดได้ 2 แบบ คือ แบบที่หนึ่ง เป็นน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง การชั่งน้ำหนักข้าวด้วยปริมาตรที่คงที่ เช่น กรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง แบบที่สอง เป็นน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด หมายถึง การชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เช่น กรัมต่อ 100 เมล็ด หรือ กรัมต่อ 1000 เมล็ด

5.1.2 สีเปลือกของข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ สำหรับพันธุ์ข้าวของประเทศไทยมีสีเปลือกส่วนใหญ่เป็นสีขาว หรือสีฟาง และสีน้ำตาล พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีควรมีเปลือกสีอ่อน เพราะเปลือกสีเข้ม เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณร้อยละของแกลบสูง

5.1.3 สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้หากเป็นสีล้วนๆ จะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวสารจะทำให้คุณภาพหรือราคาลดลง

5.1.4 ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะประจำพันธุ์เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดจากความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วน

ระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด ดังแสดงในภาพที่ 4 (อรอนงค์, 2550) และเกณฑ์ของขนาดของและรูปร่างเมล็ดข้าวสารดังตารางที่ 2 (ไพศาลและคณะ, 2554) ได้ดังนี้

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนของเมล็ด
ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ (lemma) ถึงเปลือกเล็ก (palea)
ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง (อรอนงค์, 2550)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง ป้อม ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพประสิทธิภาพของการจัดสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสารแต่ละชนิดดังตารางที่ 3 (ไพศาลและคณะ, 2554)

ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ด

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (มิลลิกรัม/เมล็ด)
ยาว	6.50-7.50	1.90-2.20	1.50-1.80	15.00-21.00
ปานกลาง	5.40-6.00	2.30-2.70	1.70-1.90	17.00-21.00
สั้น	5.00-5.20	2.50-2.90	1.80-2.00	18.00-22.00

ที่มา: ไพศาลและคณะ (2554)

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่าง	ข้าวเปลือก(มิลลิเมตร)	ข้าวกล้อง(มิลลิเมตร)	ข้าวสาร(มิลลิเมตร)
เรียวยาว	3.40หรือมากกว่า	3.10หรือมากกว่า	3.00หรือมากกว่า
ปานกลาง	2.30-3.30	2.10-3.00	2.00-2.90
ป้อม	2.20 หรือน้อยกว่า	2.00หรือน้อยกว่า	1.90หรือน้อยกว่า

ที่มา: ไพศาลและคณะ (2554)

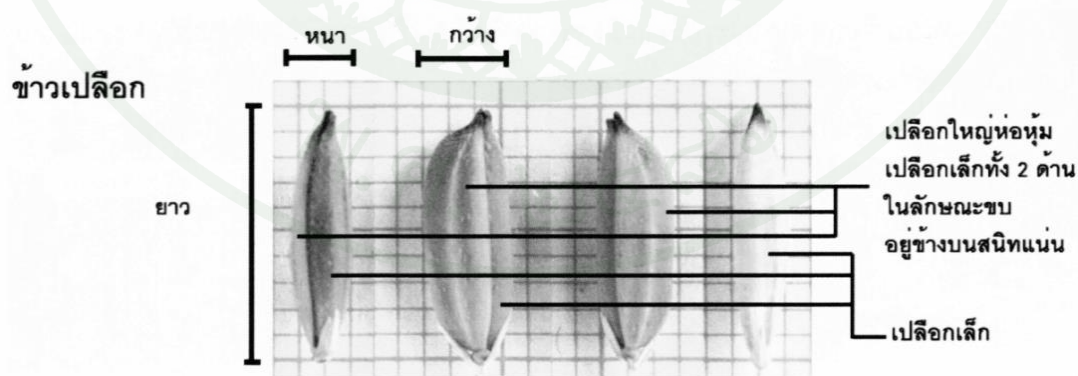
5.1.5 ข้าวท้องไข่ (chalky grain) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดข้าวเจ้า ซึ่งเกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ระหว่างผลึกแป้ง (starch granule) กลุ่มแป้ง (starch compound) และ โปรตีน (protein body) ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ด จึงเห็นเป็นลักษณะทึบแสง จุดขุนขาวอาจมีขนาดแตกต่างกัน นอกจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว สภาพแวดล้อมยังมีผลกระทบกระเทือน เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาล และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น

5.1.6 ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่พ่อค้าใช้ประเมินคุณภาพ และราคาข้าว ข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดี เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

5.1.7 ความขาวของข้าวสาร ข้าวที่ผ่านการสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะมีสีขาวเสมอ เพราะส่วนที่เหลือเป็นแฉ่ง แต่ข้าวสารอาจมีความขาวแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี ข้าวที่เก็บไว้นาน ฯลฯ

5.1.8 ความใสของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวมีลักษณะขาวนวลอย่างเดียว ความใสของข้าวสารเป็นลักษณะของข้าวท้องถิ่น

การค้าข้าวสารภายในและต่างประเทศราคาข้าวขึ้นอยู่กับคุณภาพ คุณภาพข้าวที่สำคัญ ได้แก่ คุณภาพการสี ซึ่งประเมินจากร้อยละข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (head rice) ในการสีข้าวเปลือก ถ้าสีแล้วได้ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมาก หรือร้อยละข้าวหักน้อย แสดงว่าข้าวเปลือกมีคุณภาพการสีสูง (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมากกว่าร้อยละ 50)



ภาพที่ 3 ขนาดและรูปร่างของข้าวเปลือก

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

5.2 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าว

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าว คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำ หรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดย คาร์โบไฮเดรตซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลัก และสตาร์ช ประกอบด้วย อมิโลส และอมิโลเพกทิน ในสัดส่วนต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ทำให้ข้าวมีคุณสมบัติด้านการหุงต้ม และคุณภาพการรับประทาน (Eating quality) ที่ต่างกันไป

5.2.1 สตาร์ช (starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตพอลิแซ็กคาไรด์ ที่พบมากที่สุดภายในเนื้อเมล็ดข้าว (ประมาณร้อยละ 90) จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุดด้วยเช่นกัน โดยโมเลกุลของสตาร์ชรวมกันเป็นเม็ดสตาร์ชมีขนาด 3-5 ไมครอน เมื่อสกัดสตาร์ชออกจากเมล็ดข้าวโดยใช้วิธีการบดแบบเปียกน้ำหรือสารละลายเบสเพื่อสกัดแยกส่วนโปรตีนออกไป และสารละลายยังช่วยไม่ให้เม็ดสตาร์ชเสียหายซึ่งสตาร์ชข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะมีคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์แตกต่างกัน

5.2.2 อมิโลส (amylose) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นตัวพอลิเมอร์เชิงเส้น ด้วยพันธะแอลฟา -1,4 มิโซ่กึ่ง อยู่ประมาณ 3-4 กิ่ง ด้วยพันธะแอลฟา -1,6 เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ บีตา-อมิโลเลส ได้ส่วนที่เหลือจากการย่อยประมาณ 73-81 เปอร์เซ็นต์ มีระดับชั้นของพอลิเมอร์ไรเซชันเฉลี่ย 1,000-1,100 มีความยาวของสายเฉลี่ย 250-320 จำนวนสายเฉลี่ย 3.40-4.00 และมีโมเลกุลที่เป็นกิ่งก้าน 31-49 เปอร์เซ็นต์

5.2.3 อมิโลเพกทิน (amylopectin) ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมาก ประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา -1,4 และอีก 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อดัวยพันธะแอลฟา -1,6 มีระดับชั้นของพอลิเมอร์ไรเซชันเฉลี่ย 4,700-18,500 ความยาวของสายเฉลี่ย 220-1,000 โดยความยาวของสายภายนอกเฉลี่ย 12-14 และความยาวของสายภายในเฉลี่ย 5-6

5.3 คุณภาพการสี (milling quality)

กำหนดจากการนำข้าวเปลือกมาทดลอง เพื่อประเมินปริมาณแกลบรำ ข้าวสารเต็มเมล็ด ต้นข้าวและข้าวหัก สิ่งสำคัญที่ใช้ประเมินราคาข้าวเปลือก คือ ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และต้นข้าว ซึ่งถ้าปริมาณมาก ราคาข้าวเปลือกจะสูง

คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (whole rice) และต้นข้าว (head rice) ข้าวที่มีคุณภาพการสีที่ดีเป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวในปริมาณที่สูง มีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ดังตารางที่ 4 (วิรัช, 2548)

ตารางที่ 4 คุณภาพการสี (milling quality)

คุณภาพการสี	ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว(ร้อยละ)
ดีมาก	มากกว่า 50
ดี	40-50
ปานกลาง	31-39
ต่ำ	ตั้งแต่ 30 ลงไป

ที่มา: วิรัช (2548)

ข้าวเต็มเมล็ด (whole kernels) หมายถึงเมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหัก รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

ต้นข้าว (head rice) หมายถึงเมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหัก แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ดรวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อเหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

ข้าวหัก (broken) หมายถึงเมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.50 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และรวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อเหลืออยู่ไม่เกินร้อยละ 80 ของเมล็ด (วิรัช, 2548)

การประเมินคุณภาพการสีของข้าวจึงเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพข้าวหรือการสีข้าว (rice milling) หมายถึง การทำให้เปลือก รำ และคัพภะ (embryo) ออกจากเมล็ดข้าวปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี 3 ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ข้าวหรือลักษณะประจำพันธุ์ การปฏิบัติการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวและกระบวนการสีข้าว ดังนี้

1. พันธุ์ข้าว มีลักษณะประจำพันธุ์ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพในด้านขนาด รูปร่าง สี เปลือกสีข้าวกลิ้ง ข้าวท้องไข่ หรือความเลื่อมมันของเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์ จะมีผลกระทบต่อคุณภาพการสี เช่น พันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดข้าวยาวมาก หรืออ้วน หรือข้าวท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และต้นข้าวต่ำ ส่วนพันธุ์ข้าวที่ให้เมล็ดข้าวค่อนข้างยาว เรียว และเมล็ดใส จะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

2. การปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

2.1 การปฏิบัติก่อนการเก็บเกี่ยว

- 2.1.1 ระยะเวลาเก็บเกี่ยวเหมาะสม ถ้าเก็บเกี่ยวข้าวช้าหรือเร็วเกินไปจะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวที่สีได้ต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวในเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากการเก็บเกี่ยวข้าวช้า เมล็ดจะแก่และแตกแตก ตากน้ำค้างหลายครั้งจนเมล็ดร้าวข้างใน เมื่อนำไปสีข้าวจะหักมากได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อย แต่ถ้าเก็บเกี่ยวข้าวเร็วเกินไป เมล็ดข้าวยังสร้างเนื้อเมล็ดไม่สมบูรณ์ เมล็ดยังเขียว น้ำหนักเมล็ดเบา เมื่อตากแห้งแล้วนำไปสี ข้าวจะหักและปนไปกับส่วนรำ แกลบ และข้าวหัก จึงได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อย ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาที่นับจาก

ข้อออกดอกร้อยละ 80 ต่อไปอีกประมาณ 30-35 วัน จะเป็นระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่ง จะมีความชื้นในเมล็ดข้าวประมาณร้อยละ 22-26

2.1.2 วิธีการเก็บเกี่ยว ทำได้ 2 วิธี คือ การเก็บเกี่ยวด้วยแรงคน (โดยใช้เกี้ยวหรือ แกระ) และการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องนวด

2.2 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.1 การตากข้าวก่อนนวด (drying) เป็นการลดความชื้นขั้นต้น เพื่อให้การนวด มีประสิทธิภาพจะได้ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพการสีสูง และเก็บรักษาข้าวไว้ได้นาน โดยทั่วไป เกษตรกรจะตากข้าวที่ยังเป็นเมล็ดในรวงข้าวก่อนที่จะนำรวงข้าวไปนวด ต้องระวังให้เมล็ดข้าวใน รวงแห้งสม่ำเสมอเท่ากัน ไม่ตากนานเกินไป จะทำให้ภายในเมล็ดแตกร้าว จนทำให้คุณภาพการสี ของเมล็ดต่ำ

2.2.2 การนวดข้าว (threshing) เป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวง ทำได้ หลายวิธี โดยใช้แรงคน นวดด้วยการฟาด การย่ำด้วยเท้าคน ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องนวด

2.2.3 การตากข้าวเปลือกหลังนวด เป็นการลดความชื้นข้าวเปลือกที่นวดออก จากรวงและทำความสะอาดแล้วจึงนำไปตากให้ข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงเหลือไม่เกินร้อยละ 14 เพราะข้าวมีความชื้นสูงอาจทำให้เมล็ดเสียหายในขณะที่เก็บรักษาจะทำให้เกิดเชื้อรา

2.2.4 การเก็บรักษา (storage) ถ้าต้องการเก็บรักษาข้าวเปลือกในระยะ 2-3 เดือน ควรลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือไม่เกินร้อยละ 14 ถ้าต้องการเก็บรักษาให้นานหลายเดือนควรลด ความชื้นข้าวเปลือกถึงร้อยละ 12-12.50

3. กระบวนการขัดสี ขั้นตอนสำคัญในการสีข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ การกะเทาะเปลือกและการขัดขาว ใน 2 ขั้นตอนนี้ ปริมาณข้าวหักจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (อรอนงค์, 2550)

3.1 การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะและระหว่างหินกากเพชรกับแท่นยางหรือแท่งเหล็กในเครื่องขัดขาว ระยะห่างของลูกยางเมื่อมากกว่าหรือน้อยกว่า 5 มิลลิเมตรจะมีการแตกหักสูง โดยทั่วไป โรงสี พบว่า ลูกยางห่างกันจะทำการปรับเลื่อนลูกยางให้ชิดกันโดยไม่มีมาตรฐานทำให้ระยะห่างลูกยางเล็กเกินไปซึ่งจะทำให้ข้าวแตกหัก ถ้าระยะห่างของลูกยางมีระยะห่างมากกว่า 5 มิลลิเมตรหรือลูกยางห่างกันน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ข้าวแตกหักมากขึ้น (จินดาณี และอภิชาติ, 2554)

3.2 อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชรความเร็วรอบในการกะเทาะที่ 1,360: 700 รอบต่อนาที โดยได้ค่าปริมาณต้นข้าวร้อยละ 89.24 ปริมาณแกลบและข้าวหักร้อยละ 10.76 ถ้าหมุนเร็วมากข้าวจะหักมาก (อภิรัตน์ และคณะ, 2553)

3.3 อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะหรือเครื่องขัด คือ ประมาณ 111 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้ข้าวกล้องเต็มเมล็ดร้อยละ 60.10

3.4 ระยะเวลาในการขัดสี เวลาที่ใช้หมุนข้าวจะประมาณ 30-40 วินาที สอดคล้องกับการปรับตั้งระยะห่างหินขัดกับตะแกรง ถ้าปรับชิดก็ขัดข้าวได้ขาวมาก แต่ข้าวก็จะหักมากด้วย ถ้าขัดในระยะเวลาที่นานข้าวจะหักมาก (อรอนงค์, 2550)

อย่างไรก็ตาม คุณภาพการสีของข้าวยังขึ้นกับจำนวนหน่วยขัดสีด้วย หากมีหลายหน่วย และแต่ละหน่วยขัดเบาๆ จะทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น

6. กระบวนการสีข้าว

กระบวนการสีข้าวประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

6.1 การทำความสะอาด (cleaning) เพื่อกำจัดกระจัง ใบข้าว เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืช และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากข้าวเปลือก

6.2 การกะเทาะ (shelling หรือ hulling) เป็นการทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ด สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ แกลบ และข้าวกล้อง

6.3 การขัดขาว (whitening) เพื่อทำให้รำหลุดจากเมล็ดข้าวกล้อง สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ รำและข้าวสาร

6.4 การคัดแยก (grading) เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ขนาดต่างๆ ออกจากกัน

ขั้นตอนการสีข้าวดังกล่าวสิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

1. แกลบ (hull หรือ husk) เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ดกลีบเลี้ยง ฟาง และข้าวเมล็ด ร้อยละ 20-24 ของข้าวเปลือก องค์ประกอบส่วนใหญ่ของแกลบ ได้แก่ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 68 ลิกนินร้อยละ 19.20-24.50 เถ้าร้อยละ 13.20-29.00 (ประกอบด้วยซิลิการ้อยละ 86.90-97.30)

2. รำ (bran) เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (integument) เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) คัพภะ (embryo) และฟิวนอกของข้าวสารร้อยละ 8-10 ของข้าวเปลือกรำมี

คุณค่าทางอาหารสูงเพราะมีสารที่เป็นประโยชน์มาก เช่น โปรตีนร้อยละ 10.60-13.40 ไขมันร้อยละ 10.10-22.40 ไนโตรเจนอิสระร้อยละ 38.70-44.30 และวิตามินบีร้อยละ 0.54

3. ข้าวสาร (milled rice) ร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ประกอบด้วยแป้งร้อยละ 90 มีโปรตีนบ้างเล็กน้อย ข้าวสารที่ได้จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวและข้าวหัก ในปริมาณเล็กน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกก่อนสีหากข้าวเปลือกมีคุณภาพดี ก็จะทำให้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง ข้าวหักน้อย เป็นต้น

คุณภาพของข้าวที่มีผลต่อการกำหนดราคาข้าวสิ่งที่กำหนดราคาข้าว ได้แก่

1. ความชื้น มีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมและนำมาลดความชื้นเหลือปริมาณร้อยละ 13-15 จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง เนื่องจากข้าวแห้งที่มีความชื้นเหมาะสม สามารถทำการสีได้ทันทีโดยไม่ต้องนำมาลดความชื้นอีก แต่หากรับซื้อข้าวที่มีความชื้นสูงจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น ดังนั้นหากข้าวมีความชื้นเกินกว่าที่กำหนดจะถูกตัดราคา

2. ลักษณะทางกายภาพของข้าว โดยการกะเทาะและขัดสี เพื่อประเมินสีข้าวกล้อง ท้องไข่ว ความใสของเมล็ด และสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้ในปริมาณต่างๆ จะเป็นตัวกำหนดราคาข้าว

3. คุณภาพการสี เพื่อประเมินผลของการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อจะเป็นค่าที่โรงสีใช้ประเมินผลได้จากการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไป โรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำของผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ หากข้าวที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายมีผลได้จากการขัดสีต่ำกว่าเกณฑ์ จะถูกตัดราคาคุณภาพการสีของข้าวสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับการรื้อของเมล็ดข้าว เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีสาเหตุเนื่องจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องดังนี้

1. การเก็บเกี่ยวและการนวด

2. การลดความชื้นเมล็ดข้าวที่แห้งแล้วได้รับความชื้นซ้ำ (rewetting) การร้าวของเมล็ดเกิดจากสภาพแวดล้อม เช่น เมล็ดที่ความชื้นลดลงหรือแห้งเมล็ดจะหดตัว แต่เมื่อได้รับความชื้นอีกครั้งเมล็ดเกิดการขยายตัว การหดตัวและขยายตัวของเมล็ดสลับกันเช่นนี้ทำให้เกิดการร้าว

3. ขบวนการขัดสีข้าว หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวในระยะเก็บเกี่ยว นวดและลดความชื้นโดยการตากแดดให้เมล็ดเหลือความชื้นระดับต่างๆ การสีข้าวเปลือกที่มีความชื้น (ร้อยละ 9-10) ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวจะสูงกว่าการสีข้าวที่มีความชื้นสูง

4. ประเภทของข้าว ข้าวคุณภาพดีตามความต้องการของตลาดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มักมีราคาดีกว่าข้าวคุณภาพต่ำจากปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดราคาข้าวดังกล่าวแล้ว ในการซื้อขายยังมีการแบ่งชนิดของข้าวเป็นชั้นต่างๆ เช่น ข้าวร้อยละ 100 ข้าวร้อยละ 5 ข้าวร้อยละ 10 เป็นต้น ซึ่งข้าวในแต่ละชั้นนั้นจะมีมาตรฐานข้าวเป็นตัวกำหนดระดับชั้นดังกล่าว

สาเหตุของการร้าวของเมล็ดข้าวอาจเกิดได้จากปัจจัยดังนี้

1. การผสมข้าวที่มีความชื้นสูงกับข้าวที่มีความชื้นต่ำ
2. ข้าวที่แห้งแล้วกลับเปียกฝนหรือน้ำค้าง
3. การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เช่น อากาศเย็นในเวลากลางคืน อากาศร้อนในเวลากลางวัน
4. การจับตัวเป็นหยดน้ำในการเก็บรักษา

7. การลดความชื้นในเมล็ดข้าว

หลังจากเก็บเกี่ยวและนวดข้าวจะได้ข้าวเปลือก ซึ่งยังคงมีความชื้นในเมล็ดสูงเมล็ดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บรักษา ดังนั้นหลังจากเก็บเกี่ยวและนวดจะต้องรีบตากหรือลดความชื้นเมล็ดให้แห้งโดยเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจของเมล็ด ลดการเกิดเชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น โดยลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือร้อยละ 12-14

วิธีการลดความชื้นข้าว มี 2 วิธี คือ

1. วิธีธรรมชาติ (natural drying or sun drying) ได้แก่ การใช้แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งของความร้อน โดยมีการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวช่วยพาความชื้นออกจากเมล็ดทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะประหยัด ไม่ยุ่งยากและได้ผลดี แต่มีข้อเสียคือ บางสถานการณ์ เช่น ฤดูฝนไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ตากมาก รวมทั้งไม่สามารถควบคุมคุณภาพของข้าวที่ต้องการลดความชื้นได้โดยเฉพาะเมื่อตากข้าวไว้ในแปลงนา และยังมีการสูญเสียเกิดขึ้น ในขณะที่ตากสูงจากการทำลายของนก หนู แมลง

2. การใช้เครื่องอบ (artificial drying) เช่น การใช้เครื่องอบคู่อบฯวิธีนี้มีข้อดีคือสามารถปฏิบัติได้ทุกสภาวะอากาศไม่ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่ต้องเปลืองลานตากสามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้อย่างถูกต้องใช้ระยะเวลาลดความชื้นไม่มาก และยังสามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าว (คุณภาพการสี) ได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติ แต่มีข้อเสีย คือ เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และมีข้อปฏิบัติยุ่งยากกว่าวิธีธรรมชาติ

การลดความชื้นของข้าวเปลือกไม่ว่าจะโดยวิธีใดมีข้อควรคำนึง ดังนี้

1. อุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้นต้องเหมาะสมไม่สูงเกินไป เนื่องจากข้าวมีลักษณะที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่นคือ ความชื้นของเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวสูงหรือค่อนข้างสูง และในการซื้อขายข้าวปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดราคาที่สำคัญคือ คุณภาพการสี ดังนั้นในการลดความชื้น อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรจะสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส และถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์ไม่ควรสูงเกิน 43 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นจะมีผลต่อเมล็ดทำให้เกิดรอยร้าวหรือแตกร้าวภายในเมล็ด ทำให้คุณภาพการสีต่ำได้ และในขณะลดความชื้นไม่ควรจะลดความชื้นให้ลดต่ำลงในอัตราที่เร็วเกินไป โดยเฉพาะในขณะ que เมล็ดมีความชื้นสูงๆ เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดได้

2. ความชื้นสัมพัทธ์รอบๆ เมล็ดที่กำลังลดความชื้นจะต้องต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดสมดุลของเมล็ดนั้นๆ การลดความชื้นจึงจะได้ผล โดยปกติความชื้นสัมพัทธ์ไม่ควรเกินร้อยละ 60

การลดความชื้นเมล็ดมีความสำคัญมากในการเก็บรักษาทั้งระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้วิธีการลดความชื้นเมล็ดก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวในระยะที่เหมาะสม ถ้าตากข้าวหรือลดความชื้นไม่ถูกวิธีก็จะทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพมากขึ้น

8. การสูญเสียข้าวในการเก็บเกี่ยว

8.1 การสูญเสียข้าวด้านปริมาณผลผลิตข้าวลดลงเนื่องจากการร่วงหล่นในขณะเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวตกหล่นในนาการนวดที่มีข้าวติดไปกับเศษฟางมักถูก นกหนูแมลงทำลายและเมล็ดข้าวแตกหัก ผลการศึกษาเบื้องต้นด้านความสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวในสถานีทดลองข้าว 9 แห่งของสถาบันวิจัยข้าวพบว่ามีความสูญเสียร้อยละ 16.83 โดยน้ำหนักดังตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ความสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ความสูญเสีย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
การเก็บเกี่ยว	3.83
การตาก-มัดฟ่อน	1.03
การขนย้ายไปนวด	0.27
การนวด	3.99
การทำความสะอาด	1.79
การขนใส่ภาชนะหรือยุ้งฉาง	0.92
การเก็บรักษา (ประมาณ 8 เดือน)	5.00 (เนื่องจากถูกแมลงศัตรู)
รวม	16.83

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2547)

8.2 การสูญเสียข้าวด้านคุณภาพ เช่น คุณภาพการสีต่ำ เมล็ดเหลือง ขึ้นรา มีกลิ่นเหม็น และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่ามาตรฐาน

8.2.1 การสูญเสียข้าวด้านความงอก มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวของกรมวิชาการเกษตร กำหนดไว้ว่า เมล็ดพันธุ์ต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 การเสื่อมคุณภาพจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ การปฏิบัติในการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวตลอดจนสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ปริมาณฝนและน้ำค้าง อุณหภูมิสูง ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จึงต้องทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ให้เร็วที่สุดหลังการสุกแก่ หากปล่อยทิ้งไว้นานจะทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น

8.2.2 การสูญเสียข้าวด้านคุณภาพการสี คุณภาพการสีประเมินจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (head rice) การสีข้าวถ้าสีแล้วได้ร้อยละข้าวเต็มเมล็ด และต้นข้าวมากหรือร้อยละ

ข้าวหักน้อยแสดงว่า ข้าวเปลือกมีคุณภาพการสีสูง (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมากกว่าร้อยละ 50) คุณภาพการสีจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับการร้าวของเมล็ดข้าวมีสาเหตุเนื่องจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง ดังนี้

1. การเก็บเกี่ยวและการนวด

2. การลดความชื้นเมล็ด

3. เมล็ดข้าวที่แห้งเมื่อได้รับความชื้นเมล็ดข้าวจะขยายตัวการหดตัวและขยายตัวของเมล็ดสลับกันทำให้เกิดเมล็ดร้าวข้าวเปลือกฝน 1 ครั้งและ 2 ครั้งทำให้ต้นข้าวลดลงร้อยละ 25-32

4. กระบวนการขัดสีข้าว

การลดความชื้นเมล็ดหรือตากข้าวต้องกระทำทันทีหลังการเก็บเกี่ยวหรือการนวด มิฉะนั้นจะทำให้เมล็ดมีความเสียหาย เนื่องจากการเกิดเชื้อราทำให้ข้าวเมล็ดเหลือง เมล็ดพันธุ์เสื่อม ความงอกเร็วยิ่งขึ้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวและนวด หากไม่สามารถลดความชื้นได้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงกองไว้หลายวัน เมล็ดมีอุณหภูมิสูงและมีการหายใจมากขึ้น มีการเจริญเติบโตของเชื้อรามากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิของอากาศที่สูงทำให้เมล็ดข้าวเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ผลจากการกองกระสอบข้าวที่เกี่ยวข้องและนวดเสร็จแล้วไม่รีบลดความชื้นทันที แต่กองไว้เพื่อรอขายหรือรอตากทำให้มีปริมาณข้าวเมล็ดเหลืองมากขึ้นตามจำนวนวันที่กองข้าวไว้ แม้ว่าหลังจากนั้นจะทำการลดความชื้นเมล็ดให้ เหลือร้อยละ 12 แล้วก็ตาม (กรมการข้าว, 2555)

โดยทั่วไป ความชื้นของข้าวเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพการสี แต่เนื่องจากความชื้นจะเกิดความแปรปรวนได้ง่ายดังนั้นจึงมีแนวคิดในการทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวไทย ซึ่งความแกร่งของเมล็ดข้าวจะมีความแปรปรวนน้อย จึงมีความแม่นยำมากกว่าความชื้นและสามารถเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพการสีข้าวได้ดีทำให้ทราบถึงขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวที่ความชื้นระดับร้อยละ 11 – 22 (มาตรฐานเปียก) ของข้าวไทย ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแกร่งของเมล็ดข้าวที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีและทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง

ความชื้น ขนาดของแรงกด และคุณภาพการสีของข้าวไทย อย่างไรก็ตามมีการพยายามพัฒนาการทดสอบตัวอย่าง, ทดสอบอย่างรวดเร็วและวิธีการทดสอบอย่างสำคัญในการกำหนดคุณภาพการสีหนึ่งในการทดสอบนั้นคือทดสอบความแข็งพบว่า ความแข็งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของข้าว (Lu และ Siebenmorgen., 1995)

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าว โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์สามารถอธิบายได้ดังนี้

แรง (Force) คือ กำลังในการทำให้เกิดความเร่ง หรือคือความสามารถในการทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ F แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน

9. คุณสมบัติของวัสดุ

9.1 สมบัติเชิงกลเบื้องต้น (mechanical properties)

9.1.1 สมบัติเชิงกล (mechanical properties) คือ สมบัติที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำ สมบัติเหล่านี้ปกติจะอธิบายเกี่ยวข้องกับแรงเค้นหรือความเครียด

9.1.2 การทดสอบวัสดุ (materials testing) คือ การทดสอบที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี และกระบวนการที่ใช้ในการหาค่าหรือกำหนดค่าของสมบัติเชิงกลของวัสดุอย่างถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้ในเบื้องต้น ได้แก่ การหาค่าแรงกระทำหรือน้ำหนักและการยืดออกของชิ้นทดสอบอันเนื่องจากแรงกระทำนั้นซึ่งทั้งสองค่านี้ คือ แรงเค้น และความเครียด ตามลำดับ

9.1.3 ความแข็งแรง (strength) คือ ความสามารถของวัสดุในการต้านทานหรือรับแรงโดยปราศจากความเสียหายความเสียหาย ในที่นี้อาจอยู่ในรูปของการแตกหักเสียหาย อันเนื่องจาก

แรงเค้นที่สูงหรือจากการเสียรูปที่มากเกินไปซึ่งจะหาค่าได้ในรูปของแรงเค้นสูงสุด (maximum stress) ที่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหายโดยสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด ความแข็งแรงทั้งนี้แล้วแต่รูปแบบของแรงที่กระทำ

9.1.4 ความแข็ง (hardness) คือ ความต้านทานของวัสดุต่อการกดเป็นรอยหรือต่อการขีดสีของพื้นผิว ค่าความแข็งอาจนำไปใช้ในการพิจารณาเป็นค่าความแข็งแรงของวัสดุได้ เช่น การนำเหล็กไปจีดบนไม้ และนำไม้ไปจีดบนเหล็ก พบว่า ไม้เกิดเป็นรอยขูดขีดได้ง่ายมาก ในขณะที่เหล็กไม่เป็นรอยขูดขีดปรากฏให้เห็นนั้น แสดงว่า เหล็กมีความแข็งมากกว่าไม้

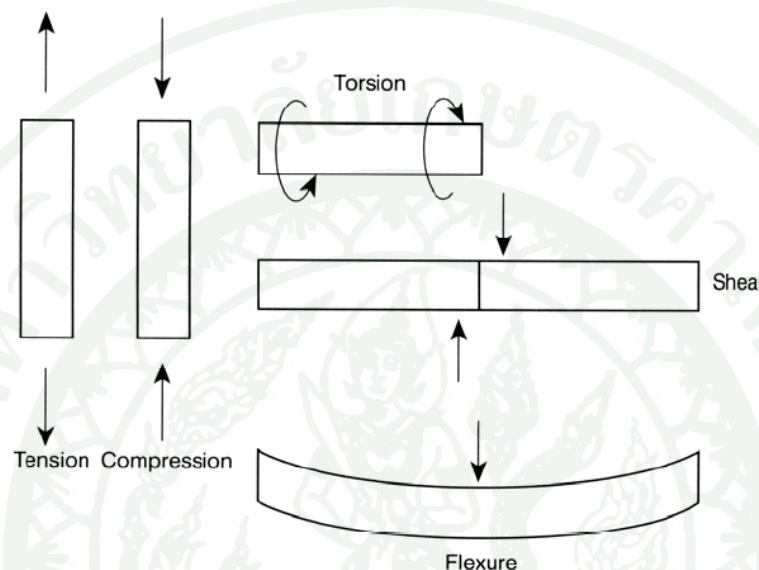
9.2 สภาวะการทดสอบเชิงกล (mechanical test conditions)

การทดสอบสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ได้กล่าวข้างต้นนั้นไม่มีวิธีใดที่สามารถทำการตรวจวัดได้ทั้งหมดในวิธีการเดียวและจำนวนครั้งของการทดสอบเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะจำลองสภาวะการทดสอบให้เป็นแบบเดียวกันกับการใช้งานวัสดุตัวแปรหลักๆ ในทางทฤษฎี ได้แก่

9.2.1 น้ำหนักที่ใช้ทดสอบหรือกรรมวิธีในการใส่น้ำหนักปกติ จะใช้เป็นตัวกำหนดหรือแยกประเภทของกระบวนการทดสอบทางกลโดยมี 3 ตัวแปรที่ใช้ในการนิยามกรรมวิธีการใส่น้ำหนัก คือ ประเภทของแรงเค้นที่ให้กับชิ้นทดสอบ อัตราการใส่น้ำหนักหรือแรงเค้นและจำนวนรอบของการใส่น้ำหนัก

1. ประเภทของแรงเค้นหรือน้ำหนักเบื้องต้นที่ให้กับชิ้นทดสอบมี 5 ประเภทได้แก่การดึง (tension) การอัด (compression) การบิด (torsion) การเฉือน (shear) และการดัดงอ (flexure) ในการทดสอบการดึงและการอัดเป็นการทดสอบที่ใช้ตรวจวัดผลกระทบที่มีต่อหน้าตัด (cross section) ของชิ้นทดสอบการทดสอบการบิดเป็นการใส่น้ำหนักกับชิ้นทดสอบด้วยการบิดเกลียวส่วนการทดสอบการเฉือนเป็นการใส่น้ำหนัก โดยการเฉือนหรือการตัดด้วยใบตัดคู่

หรือกรรไกรและการทดสอบการดัดงอเป็นการใส่น้ำหนักแบบดิ่งด้านบนและแบบอัดด้านล่างของ
ชิ้นทดสอบสลับกันรูปแบบการกระทำต่างๆ ดังแสดงภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปกระทำแบบต่างๆ

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.)

2. อัตราการใส่น้ำหนักหรือแรงเค้นกับชิ้นทดสอบสามารถแบ่งออกได้ 3
กลุ่ม ได้แก่ การทดสอบแบบสภาวะคงที่ (static test) การทดสอบแบบใช้ระยะเวลา (long-time test)
และการทดสอบแบบเคลื่อนไหว (dynamic test)

1. การทดสอบแบบสภาวะคงที่ เป็นการใส่น้ำหนักกับชิ้นทดสอบอย่าง
รวดเร็วแต่ทั้งนี้ผลการทดสอบต้องไม่ได้รับผลกระทบจากแรงเฉื่อยของการใส่น้ำหนักการทดสอบ
แบบนี้ โดยทั่วไปจะทดสอบตามแนวยาวของชิ้นทดสอบในระยะเวลาไม่กี่นาทีจนถึงหลายชั่วโมง
และการทดสอบเชิงกลโดยส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบแบบสภาวะคงที่

2. การทดสอบแบบใช้ระยะเวลาเป็นการทดสอบที่ใช้ระยะเวลานานๆ เช่น การทดสอบการคราก (creep) เป็นต้น

3. การทดสอบแบบเคลื่อนไหวกคือการทดสอบที่ใส่น้ำหนักกับชิ้นทดสอบแบบทันทีทันใดและผลการทดสอบได้รับผลกระทบจากแรงเฉื่อย (inertial forces) ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบการกระแทก (impact test) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงความแกร่ง (toughness) ของวัสดุ

3. จำนวนรอบของการใส่น้ำหนักสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือการใส่น้ำหนักค่าเดียว (single-load application) กับชิ้นทดสอบเพียงครั้งเดียวแล้ว ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนการทดสอบการล้า (fatigue test) เป็นการใส่น้ำหนักแบบดิ่ง และอัดสลับกันโดยจะศึกษาผลกระทบของการใส่น้ำหนักแบบสลับไปมานี้เป็นค่าความแข็งแรง การล้าของวัสดุโดยค่าแรงดิ่งกับแรงอัดจะบันทึกเป็นการทดสอบความทนทาน (endurance test) และตัวแปรสำคัญที่ต้องทำการบันทึกไว้เช่นกัน คือ จำนวนรอบของการใส่น้ำหนัก

9.2.2 สภาวะของการทดสอบ ในการทดสอบมีสภาวะการทดสอบสองส่วนคือ สภาวะของชิ้นทดสอบขณะทดสอบ และสภาวะแวดล้อมในการทดสอบ สภาวะการทดสอบ ได้แก่ รูปทรงขนาดสภาพสุดท้ายของชิ้นทดสอบ อุณหภูมิ ความดัน และความชื้นโดยสภาวะการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การทดสอบที่อุณหภูมิห้องซึ่งเกี่ยวข้องกับการทดสอบโดยส่วนใหญ่การทดสอบที่สภาวะอุณหภูมิ

วัสดุบางอย่างประพฤติกรรมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะความชื้น (humidity or moisture) ของวัสดุ ดังนั้นการทดสอบในบรรยากาศที่มีความชื้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบให้ระบุสภาวะแวดล้อมที่สำคัญๆ ในขณะที่ทำการทดสอบ การระบุสภาวะการทดสอบนี้เป็นสิ่งสำคัญคือเมื่อทำการทดสอบภายใต้สภาวะที่เป็นมาตรฐาน ผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบในแบบเดียวกันภายใต้สภาวะเดียวกันควรจะสามารถเปรียบเทียบกันได้ในขณะที่ทำการทดสอบอาจจะทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะต้องกำหนด และปรับการทดสอบให้ได้

ตามมาตรฐาน เพื่อให้สามารถเชื่อถือซึ่งใช้จำลองสถานะ และการเปลี่ยนแปลงของสถานะแวดล้อม ในการใช้งานของวัสดุในแบบต่างๆ

คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ เช่น ความแข็ง (Hardness) ความแข็งแรง (Strength) ความเหนียว (Ductility) ฯลฯ เป็นสิ่งที่จะบอกว่าวัสดุนั้นๆ สามารถที่จะรับหรือทนทานแรง หรือ พลังงานเชิงกลภายนอกที่มากกระทำได้ดีมากน้อยเพียงใด

9.3 แรงเค้นและความเครียด (stress and strain)

ในการทดสอบวัสดุให้น้ำหนักแล้ววัดผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยน้ำหนักจะวัดใน รูปของแรงกระทำเช่นน้ำหนักปอนด์ (pounds-weight, lbf) หรือนิวตัน (N) ยกเว้นในกรณีของการ ทดสอบการบิดซึ่งจะวัดเป็นปอนด์ฟุต (foot-pounds, ft-lb) หรือนิวตันเมตร (N.m)

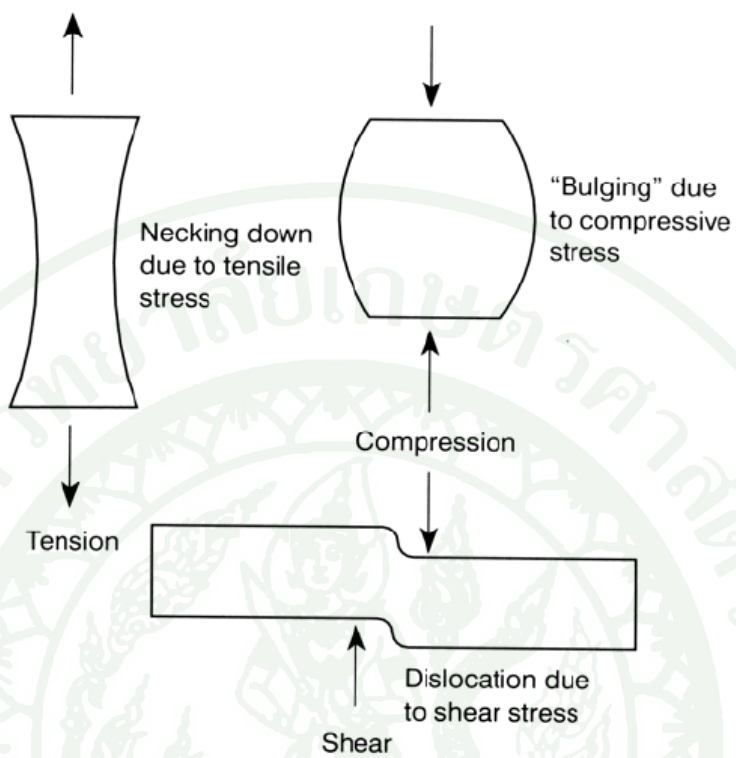
9.3.1 แรงเค้น (stress) นิยามได้เป็นความเข้มของแรงที่กระจายอยู่ภายในหรือ ส่วนประกอบของแรงที่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของวัสดุแรงเค้นปกติจะวัดในหน่วยของ แรงต่อหน่วยพื้นที่ได้แก่ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in.^2) หรือเมกะพาสกาล (MPa) ดังแสดงภาพที่ 5

ชนิดของความเค้นที่เกิดขึ้นกับวัสดุสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ความเค้นดึง (tensile stress) จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึง โดยแรง ดึงจะต้องตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดที่ของท่อนวัตถุที่กระทำนั้น

2. ความเค้นอัด (compressive stress) จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด โดยแรงอัดต้องกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุที่กระทำนั้น

3. ความเค้นเฉือน (shear stress) เป็นแรงภายนอกที่มากกระทำต่อวัตถุนั้น โดยพยายามทำให้วัตถุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น



ภาพที่ 5 แรงเค้นแบบต่างๆ

ที่มา: นิรนาม (ม.ป.ป.)

การคำนวณแรงเค้นจะขึ้นอยู่กับหน้าตัด (cross-section) เริ่มต้นของชิ้นทดสอบในการทดสอบแรงดึงและแรงอัดชิ้นทดสอบจะรับแรงที่กระจายตัวในแบบเดียวกันโดยแรงเค้นคำนวณได้จากน้ำหนักที่วัดได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดเริ่มต้นน้อยสุดดังสมการที่ 1 ต่อไปนี้

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

เมื่อ σ คือ แรงเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นทดสอบ (lb/in.² หรือ MPa)

F คือ น้ำหนักหรือแรงที่ให้กับชิ้นทดสอบ (lb หรือ N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดเริ่มต้นของชิ้นทดสอบ (in.² หรือ mm²)

การเสีรูปใช้บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของวัสดุอันเนื่องมาจากแรงเค้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการดูดซับความชื้นและอื่นๆการเสีรูปจะพิจารณาเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นของขนาดซึ่งจะวัดในหน่วยของความยาว

9.3.2 ความเครียด (strain) นิยามได้เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงเส้นของวัสดุที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของแรงเค้นต่อหน่วยความยาว ดังนั้นความเครียดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในเรื่องขนาดของชิ้นทดสอบที่เป็นผลมาจากการใส่น้ำหนักให้กับชิ้นทดสอบซึ่งคำนวณได้โดยการวัดอัตราส่วนระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเริ่มต้น

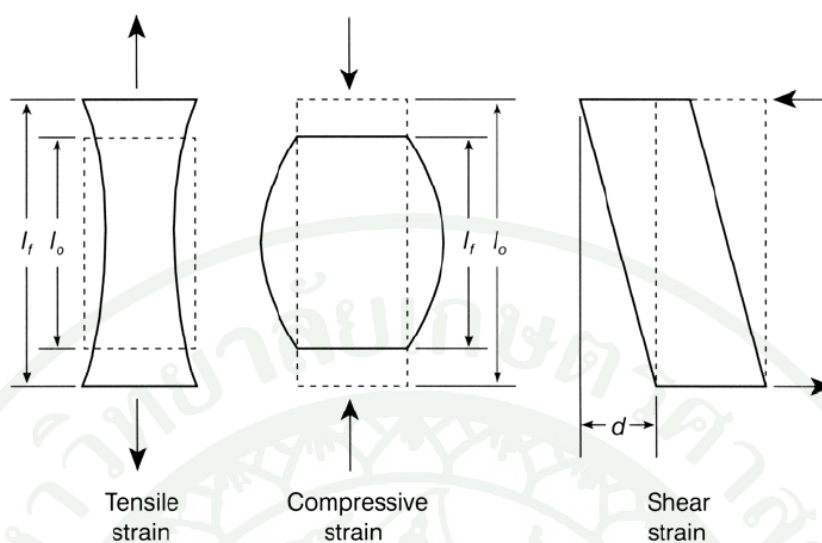
โดยทั่วไปความเครียดจะไม่มีหน่วยแต่ถ้าใส่หน่วยปกติจะเป็น mm/mm หรือ in./in. การวัดความเครียดจะอยู่ในทิศทางเดียวกันกับการใส่แรงและวัดในแนวนานกับชิ้นทดสอบภายใต้แรงเค้นยกเว้นกรณีของความเครียดเฉือน (shearing strain) ซึ่งจะวัดขนานกับแรงเฉือนความเครียดเฉือนคำนวณจากขนาดในแนวตั้งฉากกับแรงเฉือนและแสดงค่าเป็นเรเดียนดังแสดงภาพที่ 6

ชนิดของความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ความเครียดดึง (tensile strain) เมื่อท่อนวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดึงตามแนวแกน และเพิ่มแรงดึงขึ้นอย่างช้าๆ ท่อนวัตถุนี้จะเกิดการยืดออกทีละน้อยตามขนาดของแรงดึงที่เพิ่มขึ้นของแรง ทำให้ท่อนวัตถุยืดออก ขณะที่ท่อนวัตถุยืดออกก็จะเกิดการหดตามแนวตั้งของท่อนวัตถุนั้น

2. ความเครียด (compressive strain) เมื่อท่อนวัตถุถูกกระทำด้วยแรงกดตามแนวแกน และเพิ่มแรงกดขึ้นอย่างช้าๆจนทำให้ท่อนวัตถุหดตัวลง

3. ความเครียดเฉือน (shear strain) เมื่อมีแรงเฉือนกระทำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเกิดความเครียดขึ้นมา ความเครียดที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า ความเครียดเฉือน



ภาพที่ 7 ความเครียดทั้งสามแบบ

ที่มา: นรินาม (ม.ป.ป.)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Relationship Between Stress And Strain) ดังแสดงในภาพที่ 7 มีจุดสำคัญต่างๆดังต่อไปนี้

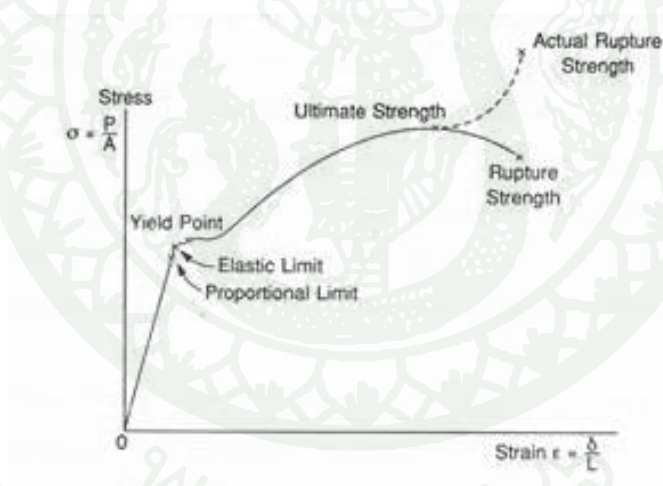
1. Proportional Limit เป็นจุดสุดท้ายของกราฟที่เป็นแนวเส้นตรงจากจุด 0 เหตุที่ลากจุด 0 มาถึง Proportional Limit เป็นเส้นตรงนี้ก็เนื่องจากแรงเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับส่วนที่ยืดออก หรือกล่าวได้ว่า ความเค้นก็เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเครียด (σ & ϵ)

2. Elastic Limit เป็นจุดสุดท้ายของช่วง Elastic กล่าวคือ เป็นจุดสุดท้ายที่ความยาวของวัสดุจะหดตัวกลับมามีความยาวเท่าเดิมถ้าปล่อยแรงกลับ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ จากจุด 0 มาถึง Elastic Limit วัสดุจะอยู่ในสถานะยืดหยุ่น (Elastic)

3. Yield Point เป็นจุดที่วัสดุยืดตัวออกเองโดยไม่ต้องเพิ่มแรงดึง ถือเป็นจุดเริ่มต้นของสถานะพลาสติก คือเมื่อปล่อยแรงกลับ วัสดุจะไม่หดตัวกลับมายาวเท่าเดิมอีกต่อไป ความเค้นที่เกิด ณ จุดนี้เรียกว่า ความเค้นคราก (Yield Stress) ใช้สัญลักษณ์ σ_y

4. Ultimate Strength เป็นจุดที่มีค่าความเค้นสูงสุด และความเค้นดังกล่าวเป็นแบบความเค้นดึง เมื่อพ้นจากจุดนี้ไปค่าความเค้นจะลดลง และการยืดตัวของวัสดุจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก ความเค้นสูงสุดนี้ใช้สัญลักษณ์ σ_u

5. Rupture Point (บางตำราเรียกว่า Breaking Point) เป็นจุดที่วัสดุวิบัติ คือ ขาดออกจากกัน



ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด

ที่มา: อุดมวิทย์ และคณะ (2547)

9.4 คุณสมบัติการเปลี่ยนรูป (Deformation Property)

ลักษณะการเปลี่ยนรูปที่เป็นพื้นฐานอาจจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆด้วยกันคือ

9.4.1 คุณสมบัติการเปลี่ยนรูปอีลาสติก (Elastic deformation property) หมายถึง การเปลี่ยนรูปที่สามารถคืนตัวได้อย่างสมบูรณ์ (Reversible) เมื่อแรงกระทำนั้นถูกปลดออกไป เช่น เมื่อถูกดึงวัสดุจะยืดตัวออกจนถึงระยะหนึ่งแล้วก็หยุดเมื่อปลดแรงวัสดุก็จะหดตัวสู่ความยาวเดิม ส่วนใหญ่การเปลี่ยนรูปแบบอีลาสติกเกิดจากแรงกระทำที่ไม่สูงนัก และการเปลี่ยนรูปดังกล่าว มักจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงโดยปกติเรามักจะถือว่าการเปลี่ยนรูปในช่วงอีลาสติกนี้ จะเกิดขึ้นโดยทันทีเมื่อมีแรงกระทำ แต่ที่จริงแล้วการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นเมื่อถูกแรงกระทำ หรือการคืนรูปเมื่อหยุดแรงกระทำล้วนต้องใช้ระยะเวลาอันหนึ่งเสมอ คุณสมบัติการเปลี่ยนรูป โดย ขึ้นกับเวลานี้เรียกว่า Anelasticity แต่ก็ยังเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนรูปแบบอีลาสติกเพราะจะคืน ตัวโดยสมบูรณ์ได้ในที่สุด

9.4.2 คุณสมบัติการเปลี่ยนแบบพลาสติก (Plastic deformation property) หมายถึง การเปลี่ยนรูปของวัสดุในลักษณะที่คืนกลับที่เดิมไม่ได้ (Irreversible) เมื่อปลดแรงกระทำที่วัสดุจะ กลับคืนขนาดมาได้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยมีส่วนหนึ่งที่เปลี่ยนไปอย่างถาวร (Permanent set)

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Webb *et al.* (1986) รายงานว่า ความแกร่งของเมล็ดข้าวเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษา การควบคุมความชื้น ระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการนวดและการสีข้าว, ลักษณะของเมล็ดข้าวและความใส, การต้านทานต่อแมลงและกระบวนการสีข้าว

นภา (2535) รายงานว่า กระบวนการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารนั้น สิ่งที่ต้องการมากที่สุด คือ ต้องการเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด (head rice) สูงสุด เพราะราคาข้าวแปรตามเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด การจะสีข้าวให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น คุณสมบัติของข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์ วิธีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บรักษา ความชื้นก่อนการสี ชนิดเครื่องมือที่ใช้สี อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะสี ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการสีและการปฏิบัติของผู้ปฏิบัติงาน ข้อมูลด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในการสีข้าวนั้น ความชื้นของข้าวเปลือกมีผลกระทบต่อการแตกหักในการสีข้าว ความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นในช่วงร้อยละ 10 - 14.6 ก่อนนำไปสี พบว่าร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.20-1.80 อิทธิพลของความชื้นที่มีผลกระทบต่อการแตกหักของข้าว ซึ่งข้าวที่มีความชื้นสูง จะเกิดการแตกหักมากกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ

Shitanda *et al.* (2002) รายงานว่า เมล็ดข้าวเป็นวัตถุที่มีความหลากหลายของแรงซึ่งส่งผลต่อคุณภาพสุดท้ายของกระบวนการสี ชนิดของแรงถูกกำหนดด้วยข้าวรวมถึงผลกระทบหลัก, เหนือและแรงเสียดทาน โดยเฉพาะในระหว่างการแยกแกลบและการสี การเสียหายขนาดใหญ่ในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับลักษณะทางสรีรวิทยาและคุณสมบัติของทางกลของเมล็ดข้าวในกลุ่มปัจจัยอื่นๆและสามารถจัดกลุ่มเป็นความเสียหายขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยการเสียหายขนาดใหญ่หมายถึงเมล็ดหักในขณะที่การเสียหายขนาดเล็กรวมถึงเมล็ดแตกร้าว หากความเสียหาย 2 ชนิดนี้เกิดขึ้นต่ำจะทำให้ผลผลิตสุดท้ายมีคุณภาพสูง โดยทั่วไปแรงกดของข้าวเมล็ดยาวสูงกว่าเมื่อถูกเปรียบเทียบกับข้าวเมล็ดสั้น

Cnossen *et al.* (2003) รายงานว่า การลดลงของข้าวเต็มเมล็ดลดมูลค่าลงครึ่งหนึ่งของต้นข้าว ข้าวหักที่หัก 2 หรือ 3 ส่วนสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ การหักเกิดก่อนการเก็บเกี่ยวในแปลงหรือในระหว่างการเก็บเกี่ยวกระบวนการและการเก็บรักษา กระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวเกิดการแตกหัก การเข้าใจผลกระทบของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการแตกหักของข้าวเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการอบที่เหมาะสมและเงื่อนไขอุณหภูมิเพื่อให้คุณภาพการสีสูงที่สุด

Wei *et al.* (2004) รายงานว่า ข้าวจำเป็นต้องทำให้แห้งที่ความชื้นร้อยละ 12-13 (มาตรฐานเปียก) เพื่อการเก็บรักษา ในระหว่างการอบแห้งความชื้น และอุณหภูมิอากาศ เกิดขึ้นภายในเมล็ดนำไปสู่ความเค้นที่เป็นสาเหตุให้เมล็ดเกิดการแตกหัก ทำให้เกิดการสูญเสียความแข็งแรงของเมล็ดข้าว โดยทั่วไปเมล็ดข้าวเกิดการแตกหักในระหว่างการสีข้าว ทำให้คุณภาพการหุงต้มต่ำ และราคาตลาดต่ำความต้องการพื้นฐาน คือ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักเป็นการสูญเสียของผู้ผลิตข้าว และผู้ดำเนินการอย่างมาก การป้องกันการเกิดการแตกหัก จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรกลและคุณสมบัติภายนอกของเมล็ดข้าวที่มีความชื้นเป็นปัจจัย สำคัญสำหรับการอบแห้งที่เหมาะสม และขั้นตอนกระบวนการเก็บรักษา และความเข้าใจเกี่ยวกับการแตกหักของเมล็ดข้าว

Siebenmorgen *et al.* (2007) รายงานว่า สำหรับข้าวจำนวนมากที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นที่เหมาะสม ปริมาณของข้าวเต็มเมล็ดลดลงจากค่าสูงสุด ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ดลดลง โดย พบว่า ร้อยละของข้าวหักสูงสุดถึงร้อยละ 77 โดยแสดงให้เห็นว่าข้าวเต็มเมล็ดเป็นการวัดคุณภาพการสีเบื้องต้น ข้าวเต็มเมล็ดถูกกำหนดด้วยจำนวนข้าวเปลือก ซึ่งจะได้น้ำข้าวสมบูรณ์ (เมล็ดที่ถูกสีความยาวของเมล็ดจะเหลือ 3-4 ของเมล็ดเดิม) หลังจากกระบวนการสี ปัจจุบันข้าวหักถูกขายในราคาต่ำกว่าต้นข้าว

Otto (2008) รายงานว่า ความชื้นถูกดูดซับผ่านผิวหน้าของเมล็ดทำให้เมล็ดเกิดการขยายตัวและเกิดความเค้นอัด จนกระทั่งเมล็ดเปราะสูญเสียสภาพ ความเค้นอัดมีขนาดแรงเท่ากับ ความเค้นดึงแต่ทิศทางตรงกันข้ามกันซึ่งจะเกิดจากตรงกลางของเมล็ด เมื่อความเค้นอัดที่ผิวหน้ามากกว่าความเค้นดึงที่บริเวณตรงกลางของเมล็ดจะพัฒนาเป็นการแตกหัก โดยทั่วไป การแตกหักของเมล็ดเกิดระหว่างการสีข้าว การเคลื่อนที่ของความชื้น (ในหรือนอก) ในเมล็ดข้าวเป็นคุณสมบัติการไหล (rheological properties) Rheology เป็นความสัมพันธ์ของความเครียด, ความเค้น และเวลา ซึ่งสามารถสังเกตได้ในผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรงของวัสดุสามารถแสดงออกภายในขอบเขต โดยความเครียดและความเค้นเพียงอย่างเดียว การไหลของวัสดุถูกแสดงออกโดยความเครียด, ความเค้น และเวลา ดังนั้นการบ่งบอกความสัมพันธ์ความเครียด-ความเค้นเป็นไดนามิกส์ และเป้าหมาย

เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความสัมพันธ์ดังกล่าวเห็นได้อย่างชัดเจนในข้าวซึ่งดูดซับและไม่ดูดซับความชื้น

Siebenmorgen *et al.* (2009) รายงานว่า การแตกหักของเมล็ดข้าวเป็นสาเหตุให้มีการสูญเสียทางการเงินหลังจากกระบวนการสีข้าวปริมาณการเกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวในทุกๆระดับของกระบวนการสีข้าวการขนส่ง และสิ้นสุดกระบวนการมีความจำเป็นที่ต้องมีการออกแบบอุปกรณ์และจัดเตรียมเครื่องมือในการผลิตเพื่อให้เกิดการแตกหักน้อยที่สุดความเครียดเกิดขึ้นโดยความชื้นภายในเมล็ดผลมาจากการส่งผ่านความชื้นระหว่างผิวหน้าเมล็ด และสิ่งแวดล้อมรอบเพราะความชื้นส่งผ่านภายในเอนโดสเปิร์ม

Renjie *et al.* (2009) รายงานว่า ข้าวเปลือกควรถูกทำให้แห้งที่ความชื้นร้อยละ 12-13 (มาตรฐานเปียก) สำหรับการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว การแตกหักของเมล็ดข้าวโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการสีข้าว และนำไปสู่การลดลงของข้าวเต็มเมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์ เจ๊กเซย, กข35(รังสิต80), พิษณุโลก2, กข31 (ปทุมธานี80), กข41 และกข47 เก็บเกี่ยวจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1.1 เครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Ltd in Godalming, Surrey United Kingdom)
- 1.2 เครื่องกะเทาะเปลือก (รุ่น P-1 จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ็กเซ่งฮวด)
- 1.3 เครื่องขัดขาว (จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ็กเซ่งฮวด)
- 1.4 เครื่องคัดแยกปลายข้าว (จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ็กเซ่งฮวด)
- 1.5 เครื่องตู้อบลมร้อน (hot air oven) ใช้ในกระบวนการหาความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก
- 1.6 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ความละเอียด 0.01g
- 1.7 ภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (moisture can)
- 1.8 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper)

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่าง

1.1 ในงานวิจัยนี้ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์เจ้าเกษร, กข35(รังสิต80), พิษณุโลก2, กข31(ปทุมธานี 80), กข47 และ กข41 เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงต้นเดือนมกราคม 2557 ทำการเก็บเกี่ยวจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อำเภอรัญบุรี จังหวัดปทุมธานี โดยแรงคนใช้เกี่ยวในการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวเชิงพาณิชย์ สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคในประเทศไทย เป็นข้าวเจ้าที่มีความแข็งแรง ปริมาณอมิโลสสูง และมีลักษณะการหุงต้มเป็นข้าวแข็ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีทรีทเมนต์ คือ ร้อยละความชื้น 4 ระดับ ได้แก่ ความชื้นที่ระดับร้อยละ 20-22, 17-19, 14-16 และ 11-13 (มาตรฐานเปียก)

1.2 นำข้าวเปลือกที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวเข้าสู่การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดด (ภาพผนวกที่ 1-6) จากนั้นเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกและบันทึกค่าน้ำหนักข้าวเปลือกเพื่อนำไปวิเคราะห์ความชื้น เนื่องจากข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์มีค่าความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวที่ใกล้เคียงกันจึงได้กำหนดค่าความชื้นเป็นช่วง ซึ่งมีค่าความชื้นที่ระดับร้อยละ 20-22 (มาตรฐานเปียก) จากนั้นทำการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องและเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ในทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งถึงความชื้นสุดท้ายมีค่าความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-13 (มาตรฐานเปียก) สามารถแบ่งความชื้นออกเป็น 4 ระดับ คือระดับความชื้นร้อยละ 20-22, 17-19, 14-16 และ 11-13 ตามลำดับ (มาตรฐานเปียก) จากนั้นนำข้าวเปลือกทั้ง 4 ระดับ เข้าสู่กระบวนการสีข้าวเพื่อวิเคราะห์หาร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและวัดขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวเปลือก

1.3 ชั่งมวลกระป๋องอูมิเนียม (moisture can) ที่จะใช้บรรจุข้าวเปลือกที่ต้องการหาความชื้นพร้อมทั้งบันทึกค่าน้ำหนักข้าวเปลือกใส่กระป๋องประมาณ 40 กรัมชั่งน้ำหนักมวลรวมของข้าวเปลือกและกระป๋องอูมิเนียมที่บรรจุแล้วบันทึกค่าจากนั้นนำกระป๋องที่มีข้าวเปลือกเข้าสู่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงเมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำกระป๋อง

มาเก็บไว้ในโถดูความชื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ข้าวดูความชื้นจากอากาศปล่อยทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเย็นลงและมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อมซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาทีเมื่อกระป๋องเย็นแล้วนำมาชั่งอีกครั้งแล้วบันทึกค่า จากนั้นคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียกตามสมการ (2)

ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis, w.b.)

$$M(\text{wet basis}) = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M = เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)

w = มวลวัสดุเปียก(g)

d = มวลวัสดุแห้ง (g)

2. การวิเคราะห์คุณภาพการสี

1. ชั่งตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์ (ข้าวเปลือก 6 สายพันธุ์แต่ละสายพันธุ์มี 4 ระดับความชื้น) น้ำหนัก 500 กรัมไปกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์ แต่ละระดับความชื้น มีจำนวนซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำซึ่งกระบวนการกะเทาะเปลือกจะทำการแยกข้าวกล้องและแกลบออกจากกัน และบันทึกน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้



ภาพที่ 8 เครื่องกะเทาะเปลือก (รุ่น P-1 จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เน็กเซนด์ฮวด)

2. นำตัวอย่างข้าวกล้องทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการขัดขาว ทำการทดลองตัวอย่างละ 1 ครั้ง ด้วยเครื่องขัดขาวดังแสดงในภาพที่ 9 ซึ่งกระบวนการขัดขาวจะทำการแยกข้าวขาวและรำออกจากกัน และบันทึกน้ำหนักข้าวขาวที่ได้



ภาพที่ 9 เครื่องขัดขาว (รุ่น K-1 จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เจริญช่าง)

3. นำตัวอย่างข้าวขาวทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการคัดแยกต้นข้าว ทำการทดลองตัวอย่างละ 2 ครั้ง ด้วยเครื่องคัดแยกปลายข้าว ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งกระบวนการคัดแยกต้นข้าวจะแยกต้นข้าว และข้าวหักออกจากกัน และบันทึกน้ำหนักข้าวขาวและข้าวหักที่ได้



ภาพที่ 10 เครื่องคัดแยกปลายข้าว (จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ็กเซ่งฮวด)

4. นำข้าวกล้องที่ได้จากการกะเทาะเปลือกซึ่งน้ำหนักแล้วบ้นที่กค่า และคำนวณหาร้อยละ แกลบที่ได้จากการกะเทาะเปลือกสามารถคำนวณได้จากสมการ (3) จากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปทำการขัดขาวจะได้ข้าวขาวและรำ ทำการชั่งน้ำหนักข้าวขาวและบ้นที่กค่า ซึ่งร้อยละรำสามารถคำนวณได้จากสมการ (4) นำข้าวขาวที่ได้ไปแยกต้นข้าวและข้าวหักออกจากกัน ทำการชั่งน้ำหนักและบ้นที่กค่า คำนวณหาร้อยละข้าวสารได้จากสมการ (5) และร้อยละข้าวหักได้จากสมการ (6)

$$\text{แกลบ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก} - \text{น้ำหนักข้าวกล้อง}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{รำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้อง} - \text{น้ำหนักข้าวสาร}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{ข้าวสาร (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสารรวม}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (5)$$

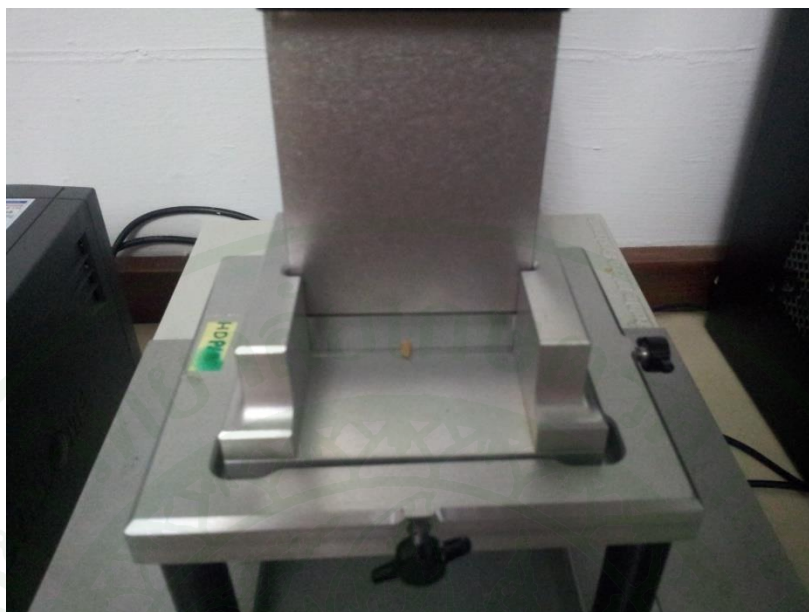
$$\text{ข้าวหัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสาร-น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (6)$$

3. การวิเคราะห์ความแกร่งของข้าวเปลือก

วัดความแกร่งของข้าวเปลือกที่ระดับความชื้นต่างๆด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Ltd in Godalming, Surrey United Kingdom) ดังแสดงในภาพที่ 11 และภาพที่ 12



ภาพที่ 11 เครื่อง Texture Analyzer



ภาพที่ 12 ทดสอบความแข็งแรงของข้าวเปลือก

นำข้าวเปลือกที่มีความชื้นแตกต่างกันมาทำการวัดขนาดของแรงกดด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Ltd in Godalming, Surrey United Kingdom) วัดแรงกด (compression) โดยใช้หัวกดแบบใบมีด (Blade set with knife) ดังแสดงในภาพที่ 13 หัวกดชนิดนี้สามารถทดสอบแรงเหวี่ยงและแรงกด ในงานวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเกี่ยวกับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวเปลือก ในกาทดสอบขนาดของแรงกดที่มีต่อข้าวเปลือกจำนวนของแต่ละสายพันธุ์ แต่ละระดับความชื้น จำนวน 30 เมล็ด หัวกดชนิดนี้สามารถทดสอบแรงเหวี่ยงและแรงกด ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวเปลือกโดยวางข้าวเปลือกในแนวนอนคบบริเวณตรงกลางของตัวอย่าง โดยกดลงไปลึก 2 มิลลิเมตร (pre-test speed: 2 mm/sec; test speed: 2 mm/sec; post test speed: 10 mm/sec; trigger force: 30 g) หัวกดจะกดลงบนข้าวเปลือกจนข้าวเกิดการแตกหัก ค่า hardness คือ จุดที่วัดแรงกดเป็นบวกสูงที่สุด และแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา



ภาพที่ 13 หัวกด Blade set with knife

4. การวิเคราะห์สถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบของ Duncan's Multiple Test ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทย

ผลการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกพันธุ์แจ็กเชย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) มีผลต่อคุณภาพการสีทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 14) และแสดงรูปแบบสมการดังตารางที่ 7 ซึ่งที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 (มาตรฐานเปียก) ในข้าวพันธุ์แจ็กเชย ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด มีค่า 70.15, 68.12, 64.01 และ 63.82 ตามลำดับ ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ในข้าวพันธุ์ กข35 ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด มีค่า 63.44, 60.20, 58.68 และ 47.03 ตามลำดับ ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ในข้าวพันธุ์ กข41 ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด มีค่า 49.09, 48.98, 47.89 และ 45.87 ตามลำดับ ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ในข้าวพันธุ์ กข47 ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด มีค่า 73.71, 72.29, 70.25 และ 65.95 ตามลำดับ ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด มีค่า 70.07, 65.77, 65.12 และ 55.37 ตามลำดับ การทดลองนี้สอดคล้องกับ Banaszek และ Siebenmorgen., 1990) ศึกษาอัตราการลดลงของข้าวเต็มเมล็ดเนื่องจากการดูดซับความชื้น ทำการทดลองการเพิ่มระดับความชื้นข้าวเปลือกร้อยละ 9.00, 10.50, 12.00, 13.50 และ 15.00 พบว่า ในความชื้นที่ลดลงทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองข้าวเปลือกพันธุ์ New Bonnet ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14, 18, 22 และ 26 ถูกเก็บรักษาที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน พบว่าข้าวเปลือกที่ถูกเก็บรักษาที่ความชื้นระดับร้อยละ 14 และ 18 จะได้คุณภาพการสีสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเปลือกที่ถูกเก็บรักษาที่ความชื้นระดับร้อยละ 22 และ 26 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวเปลือกที่ถูกเก็บรักษาที่ความชื้นระดับร้อยละ 26 จะได้คุณภาพการสีต่ำสุด (Trigo-Stockli *et al.*, 1994) ปริมาณความชื้นที่ถูกลดก่อนกระบวนการสีข้าว ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว, ความชื้นในการเก็บเกี่ยว และการอบแห้ง พบว่า เมื่อความชื้นในการเก็บเกี่ยวสูง ทำให้ข้าวเต็มเมล็ดลดลง (Fan *et al.*, 2000) และผล

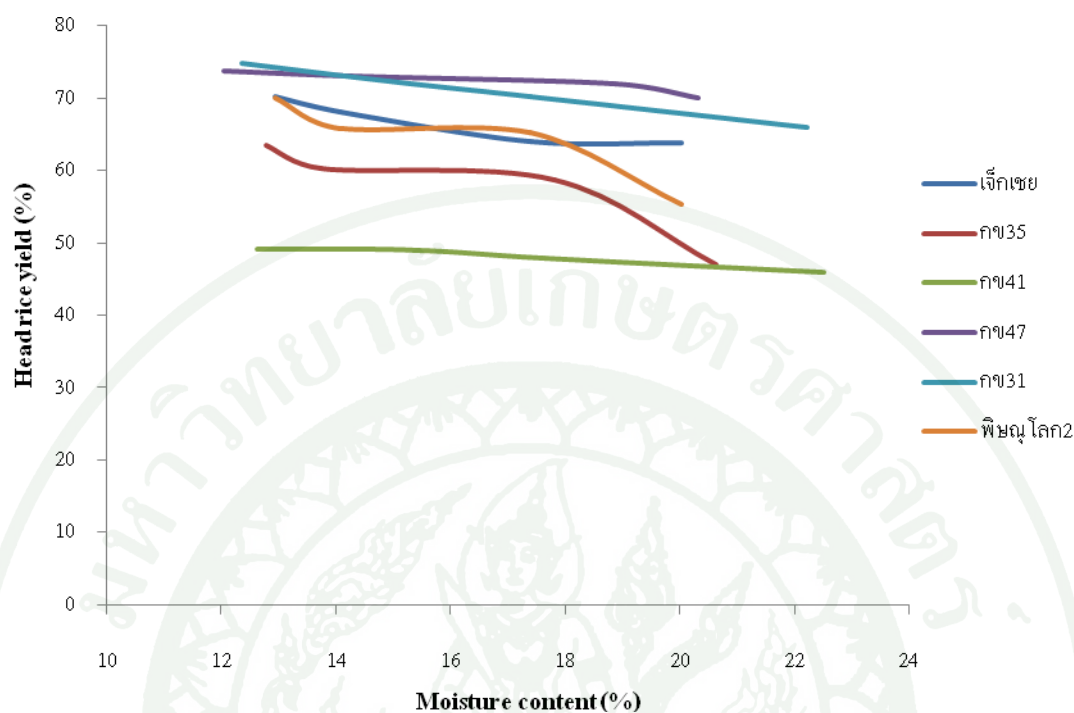
การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับพาส์ภูเบศวร์ และคณะ (2549) รายงานว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อแสง ข้าวเปลือกมีระดับความชื้นร้อยละ 17-18, 15-16, 13-14, 11-12 9-10 และ 7-8 ลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดพบว่า ผลของความชื้นข้าวเปลือกในระดับต่างๆในข้าวสุพรรณบุรี 1 ความชื้นที่ร้อยละ 9-12 ให้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวดีที่สุด ซึ่งข้าวเปลือกที่มีความชื้นในเมล็ดค่อนข้างสูง เมื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการสีข้าวจะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวรวมทั้งคุณภาพการเป็นเมล็ดพันธุ์ต่ำ แต่ทั้งนี้คุณภาพการสี นอกจากจะเกี่ยวข้องกับระดับความชื้นแล้ว และอีกสาเหตุหนึ่งอาจมาจากความแปรปรวนด้านพันธุ์ เพราะลักษณะประจำพันธุ์ เช่น ขนาดรูปร่างเมล็ด ความหนาของเปลือกและสีของเปลือก รวมทั้งเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด ยังมีความสำคัญที่จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในคุณภาพการสี (ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว) ที่ได้มาน้อยแตกต่างกันอีกด้วย นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ ยังสอดคล้องกับ Siebenmorgen *et al.* (2007) ทำการศึกษาข้าวพันธุ์ Bengal (เมล็ดกลาง), Cypress และ Drew (เมล็ดยาว) มีความชื้นเก็บเกี่ยวร้อยละ 12-24 พบว่า เมล็ดข้าวพันธุ์ Cypress และ Drew มีความชื้นเก็บเกี่ยวเมื่อถูกลดความชื้นจากระดับสูง (ร้อยละสูงกว่า 22) ทำให้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอิทธิพลของความชื้นที่มีผลต่อการแตกหักของข้าวซึ่งข้าวที่มีความชื้นสูงจะเกิดการแตกหักมากกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ (ภาสินี และบังอร, 2552) นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวข้าวในขณะที่เมล็ดข้าวสุกไม่เต็มที่ (ความชื้นสูง) มีผลทำให้ข้าวเต็มเมล็ดต่ำ ในระยะเวลาต่อมาเมื่อเมล็ดข้าวสุกเต็มที่ (การลดความชื้น) ทำให้ข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด การดูดซับความชื้นอย่างรวดเร็วทำให้การลดลงของข้าวเต็มเมล็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเก็บเกี่ยวข้าว, คุณภาพของเมล็ดข้าว และการลดความชื้น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยว คุณภาพของข้าวหลังการเก็บเกี่ยวจะส่งผลต่อคุณภาพการสี และส่งผลต่อราคาข้าว ซึ่งความชื้นเป็นพื้นฐานของการกำหนดปริมาณ และคุณภาพข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ยังพบว่า ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อความชื้นของข้าวลดลง การเพิ่มความชื้นข้าวเปลือกที่ร้อยละ 16 (มาตรฐานเปียก) หรือมากกว่า ข้าวเต็มเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มความชื้นข้าวเปลือกที่ระดับร้อยละ 13 (มาตรฐานเปียก) หรือต่ำกว่า (Kocher *et al.*, 1990) และจากงานวิจัยของ Shu และคณะ (1984) รายงานว่า ในการเพาะปลูกข้าวเมล็ดสั้นและข้าวเมล็ดกลางโดยทั่วไป ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น และ ปริมาณของข้าวเต็มเมล็ดลดลง เมื่อความชื้นของข้าวในการเก็บเกี่ยวต่ำมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการเก็บ

เกี่ยวก่อนระยะเวลาที่กำหนด และการเกี่ยวเกี่ยวก่อนเมล็ดข้าวสุกเต็มที่ ความชื้นในการเกี่ยวเกี่ยวร้อยละ 15-27 มีผลต่อปริมาณข้าวรวม สำหรับความชื้นในการเกี่ยวเกี่ยวที่สูงกว่าร้อยละ 27 มีผลทำให้ปริมาณเมล็ดข้าวรวม

ตารางที่ 6 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์
เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

ระดับ ความชื้น (%)	Head Rice Yield (%)					
	เจ๊กเซย	กข35	กข41	กข47	กข31	พิษณุโลก2
11-13	70.15±0.13c	63.44±2.79b	49.09±0.78b	73.71±0.33c	74.80±0.54d	70.07±1.41b
14-16	68.12±0.38b	60.20±3.33b	48.98±0.90b	73.00±0.41bc	72.29±0.68c	65.77±3.86b
17-19	64.01±1.44a	58.68±3.38b	47.89±0.49b	71.99±0.64b	70.25±0.71b	65.12±2.44b
20-22	63.82±1.67a	47.03±4.56a	45.87±0.32a	69.99±0.95a	65.95±0.32a	55.37±1.79a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ที่ 95%



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-12 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ็กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิชญ์โลก2

ตารางที่ 7 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ็กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิชญ์โลก2

พันธุ์	รูปแบบสมการ	R ²
เจ็กเซย	$y = 0.913x + 81.24$	0.892
กข35	$y = -1.781x + 86.28$	0.830
กข41	$y = -0.343x + 53.82$	0.935
กข47	$y = -0.837x + 78.17$	0.862
กข35	$y = -0.891x + 85.73$	0.999
พิชญ์โลก2	$y = -1.766x + 92.51$	0.845

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวของข้าวพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

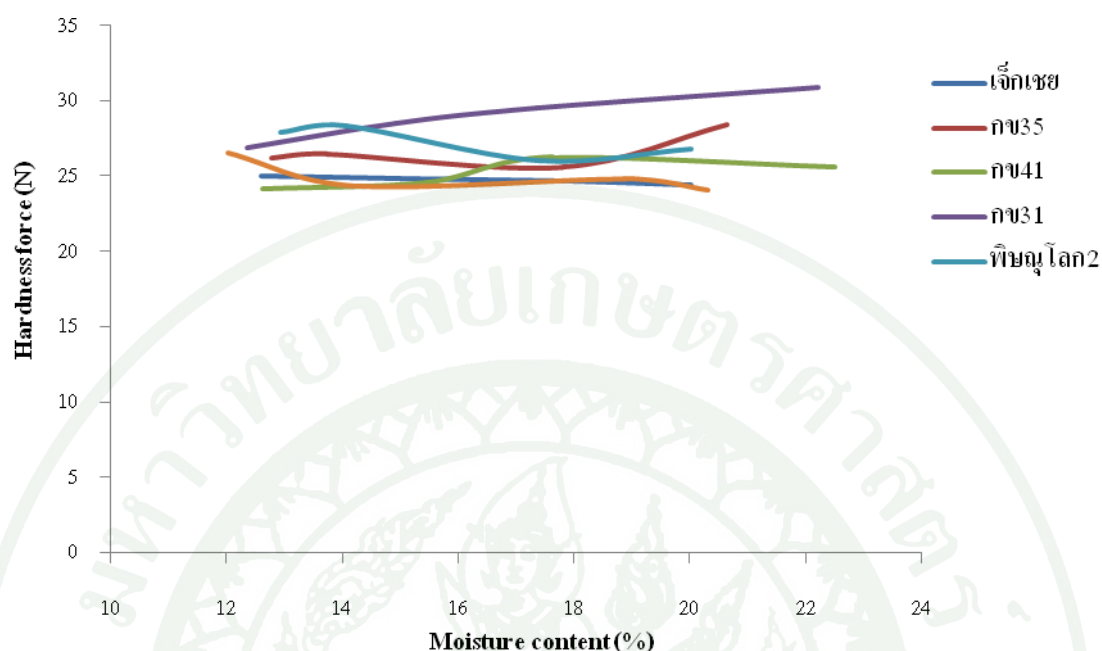
ผลการทดลองพบว่า ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย และกข47 ไม่มีผลต่อขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าว เมื่อความชื้นของข้าวเปลือกมีค่าลดลง จะทำให้ขนาดของแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ขนาดของแรงกดที่ทำให้ข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 25.02, 24.87, 24.64 และ 24.41 นิวตัน ในข้าวพันธุ์กข47 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 ขนาดของแรงกดที่ทำให้ข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 26.54, 24.34, 24.81 และ 24.09 นิวตัน ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Wei *et al.* (2004) รายงานว่า ทำการทดลองทั้งข้าวเมล็ดสั้น คือพันธุ์ Akitakomachi และข้าวเมล็ดยาว 2 สายพันธุ์ คือ Delta และ L201 ในระดับความชื้นร้อยละ 12.8-24.8 พบว่าทั้งแรงกด (compressive force) สูงสุด และแรงดึง (tensile force) ลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการลดความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดของข้าวพันธุ์กข35 กข41 กข31 และพิษณุโลก2 พบว่าความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ในข้าวพันธุ์กข35 กข41 กข31 และพิษณุโลก2 มีผลต่อขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในข้าวพันธุ์กข35 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 มีขนาดของแรงกดที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 26.16, 26.45, 25.56 และ 28.40 นิวตัน และในข้าวพันธุ์กข41 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 มีขนาดของแรงกดที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 24.18, 24.60, 26.24 และ 25.59 นิวตัน ในข้าวพันธุ์กข31 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 มีขนาดของแรงกดที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 26.85, 28.51, 29.48 และ 30.89 นิวตัน ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 มีขนาดของแรงกดที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก มีค่า 27.90, 28.34, 26.08 และ 26.78 นิวตัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 15) และแสดงรูปแบบสมการดังตารางที่ 9 ในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ TCC55 และ TCC12 หาความชื้นแบ่งข้าวออกเป็น 3 กลุ่มความชื้น คือ ความชื้นร้อยละ 8-12, 15-16 และ 18-19 (มาตรฐานเปียก) จากนั้นนำข้าวไปทดสอบในเครื่องทดสอบแรงกด พบว่า ที่ความชื้นต่ำเมล็ดข้าวจะมีความแข็งแรงมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง (อนุวัตร, 2551) การ

เปลี่ยนแปลงนี้อาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างในเนื้อสัมผัสและคุณสมบัติความแข็งแรงของเปลือกข้าว
และรำ (Abozar *et al.*, 2013)

ตารางที่ 8 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าว
ของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิกุลโลก2

ระดับ ความชื้น (%)	Hardness force (N)					
	เจ๊กเซย	กข35	กข41	กข47	กข31	พิกุลโลก2
11-13	25.02±2.46a	26.16±3.22a	24.18±2.03a	26.54±4.66a	26.85±3.14a	27.90±4.14ab
14-16	24.87±4.03a	26.45±2.34a	24.60±3.09ab	24.34±4.15a	28.51±2.53ab	28.34±2.28b
17-19	24.64±2.56a	25.56±3.73a	26.24±3.19b	24.81±3.92a	29.48±2.98bc	26.08±3.02a
20-22	24.41±3.22a	28.4±3.23b	25.59±3.15ab	24.09±3.85a	30.89±3.07c	26.78±3.04ab

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ที่ 95%



ภาพที่ 15 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2

ตารางที่ 9 รูปแบบสมการความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31และพิษณุโลก2

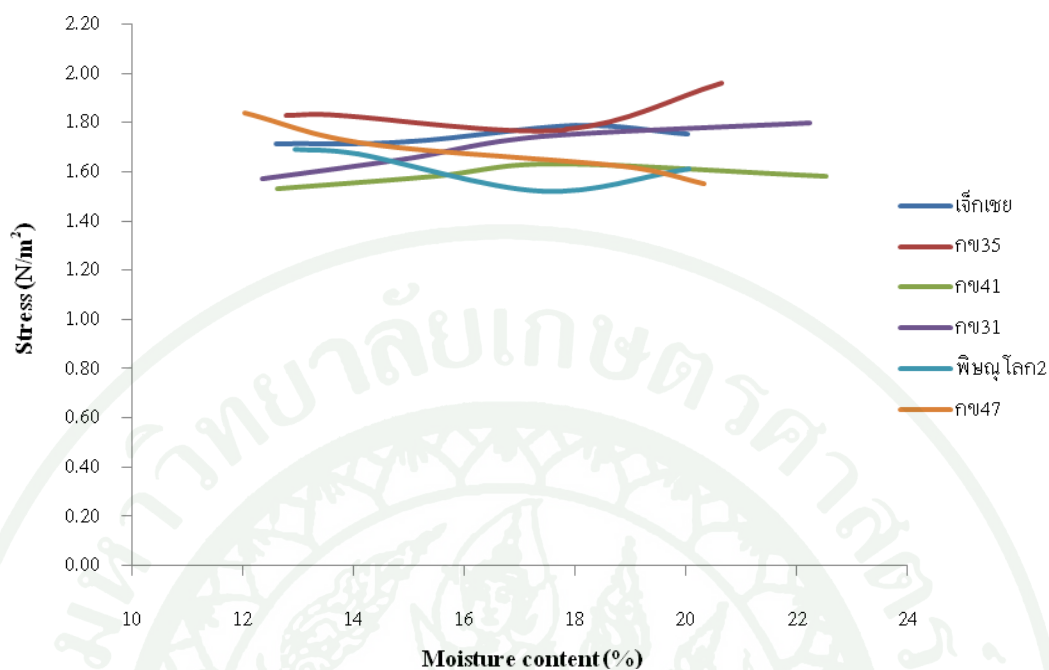
พันธุ์	รูปแบบสมการ	R^2
เจ๊กเซย	$y = -0.081x + 26.06$	0.985
กข35	$y = 0.203x + 23.33$	0.367
กข41	$y = 0.156x + 22.47$	0.489
กข47	$y = -0.207x + 28.47$	0.531
กข35	$y = 0.396x + 22.30$	0.960
พิษณุโลก2	$y = -0.246x + 28.34$	0.531

เนื่องจากขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าว สามารถบ่งบอกได้ถึงความชื้นของข้าวเปลือกที่ส่งผลกระทบต่อการสีข้าวได้ในข้าวบางสายพันธุ์ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแรงเค้น ซึ่งแรงเค้นสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างแรง (นิวตัน) กับพื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร) (สมการที่ 1) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปลือก) กับแรงเค้น (stress) ของข้าวพันธุ์แจ็กเชย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 จะเห็นได้ว่า ในข้าวพันธุ์แจ็กเชย และกข41 พบว่า ทุกระดับความชื้นไม่มีผลต่อแรงเค้น ในข้าวพันธุ์แจ็กเชย ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 แรงเค้นมีค่า 1.71, 1.72, 1.79 และ 1.75 N/m² ตามลำดับ ซึ่ง R² มีค่า 0.594 ในข้าวพันธุ์กข41 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13, 14-16, 17-19 และ 20-22 มีค่าแรงเค้น 1.57, 1.65, 1.57 และ 1.80 N/m² ตามลำดับ ซึ่ง R² มีค่า 0.238 เมื่อพิจารณาข้าวพันธุ์กข35 พบว่า ความชื้นร้อยละ 17-19 เปรียบเทียบกับความชื้นระดับร้อยละ 20-22 มีค่าแรงเค้น 1.77 และ 1.96 N/m² ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง R² มีค่า 0.294 ในข้าวพันธุ์กข31 พบว่า ความชื้นร้อยละ 11-13 เปรียบเทียบกับที่ความชื้นระดับร้อยละ 17-19 และ 20-22 แรงเค้นมีค่า 1.57, 1.57 และ 1.80 N/m² ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ความชื้นร้อยละ 14-16 เปรียบเทียบกับความชื้นร้อยละ 20-22 แรงเค้นมีค่า 1.65 และ 1.80 N/m² ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง R² มีค่า 0.938 ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 พบว่าที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13 และ 14-16 เปรียบเทียบกับความชื้นร้อยละ 17-19 มีค่าแรงเค้น 1.69, 1.67 และ 1.52 N/m² ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่ง R² มีค่า 0.442 ในข้าวพันธุ์กข47 ที่ความชื้นร้อยละ 11-13 เปรียบเทียบกับความชื้นที่ร้อยละ 17-19 และ 20-22 มีผลต่อแรงเค้น มีค่า 1.84, 1.62 และ 1.55 N/m² ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง R² มีค่า 0.952 (ตารางที่ 10 และภาพที่ 16) และแสดงรูปแบบสมการดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้น (stress) ของข้าวไทยสายพันธุ์เจ้าเกษย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

ระดับความชื้น (%)	Stress (N/m ²)					
	เจ้าเกษย	กข35	กข41	กข47	กข31	พิษณุโลก2
11-13	1.71±0.21a	1.83±0.29ab	1.53±0.23a	1.55±0.34a	1.57±0.21a	1.68±0.33b
14-16	1.72±0.37a	1.83±0.28ab	1.58±0.28a	1.62±0.34a	1.65±0.22ab	1.67±0.22b
17-19	1.79±0.28a	1.77±0.33a	1.63±0.25a	1.71±0.33ab	1.74±0.27bc	1.52±0.22a
20-22	1.75±0.36a	1.96±0.31b	1.57±0.26a	1.83±0.42b	1.80±0.26c	1.61±0.24ab

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้น (stress) ของข้าวไทยสายพันธุ์แจ็กเชย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

ตารางที่ 11 รูปแบบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) กับแรงเค้น (stress) ของข้าวพันธุ์ไทยสายพันธุ์แจ็กเชย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

พันธุ์	รูปแบบสมการ	R ²
แจ็กเชย	$y = 0.008x + 1.611$	0.594
กข35	$y = 0.011x + 1.654$	0.294
กข41	$y = 0.004x + 1.498$	0.238
กข47	$y = -0.031x + 2.195$	0.952
กข35	$y = 0.023x + 1.300$	0.938
พิษณุโลก2	$y = -0.015x + 2.195$	0.442

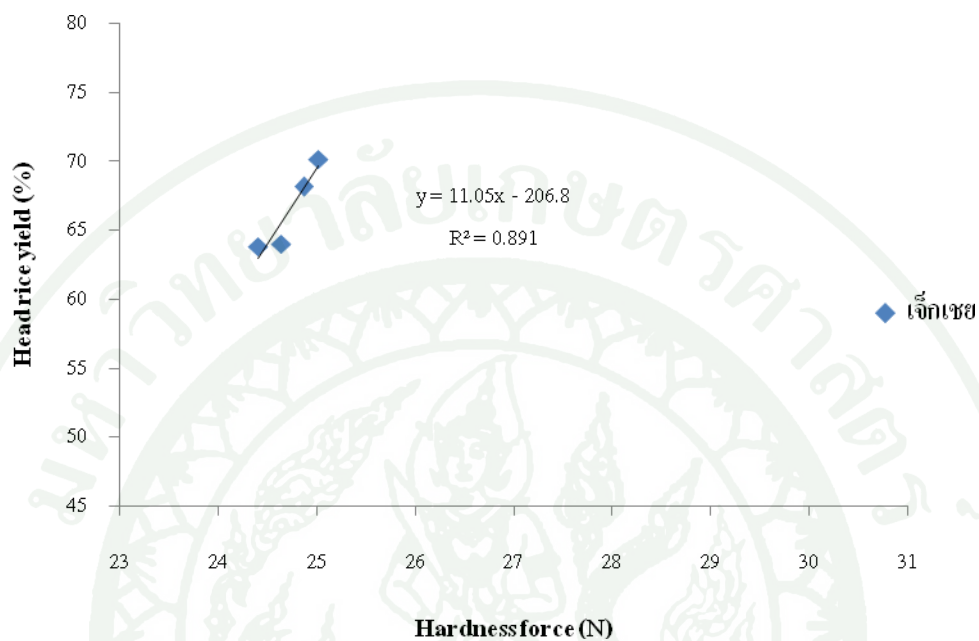
3. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดที่ทำให้ข้าวแตกหักกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

ผลการทดลอง พบว่า ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย ขนาดของแรงกดมีค่า 25.02, 24.87, 24.64 และ 24.4 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 70.15, 68.12, 64.01 และ 63.82 ตามลำดับ สามารถแสดงเป็นสมการคือ $y=11.05x-206.8$ และ R^2 มีค่า 0.891 ในข้าวพันธุ์กข35 ขนาดของแรงกดมีค่า 26.16, 26.45, 25.56 และ 28.40 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 63.44, 60.20, 58.68 และ 47.03 ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=-5.090x+192.9$ และ R^2 มีค่า 0.765 ในข้าวพันธุ์กข41 ขนาดของแรงกดมีค่า 24.18, 24.60, 26.24 และ 25.59 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 49.09, 48.98, 47.89 และ 45.87 ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=-1.010x+73.37$ และ R^2 มีค่า 0.400 ในข้าวพันธุ์กข47 ขนาดของแรงกดมีค่า 26.54, 24.34, 24.81 และ 24.09 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 49.09, 48.98, 47.89 และ 45.87 ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=1.05x+45.98$ และ R^2 มีค่า 0.514 ในข้าวพันธุ์กข31 ขนาดของแรงกดมีค่า 26.85, 28.51, 29.48 และ 30.89 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 73.71, 73.00, 71.99 และ 69.99 ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=-2.168x+133.5$ และ R^2 มีค่า 0.967 ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ขนาดของแรงกดมีค่า 27.90, 28.34, 26.08 และ 26.78 นิวตัน ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 70.07, 65.77, 65.12 และ 55.37 ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y=2.512x-4.412$ และ R^2 มีค่า 0.18 (ตารางที่ 12 และภาพที่ 17a-f) จากผลการทดลองนี้ พบว่า ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกถึงปริมาณร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด นอกจากความชื้นที่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดได้นั้น ความแกร่งของเมล็ดข้าวยังสามารถบ่งบอกถึงปริมาณร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ความแกร่งของเมล็ดข้าวสามารถนำมาใช้ได้กับข้าวไทยบางสายพันธุ์เท่านั้น และยังพบว่า ขนาดของแรงกดสามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณร้อยละข้าวเต็มเมล็ดได้ ซึ่งข้าวที่สามารถทนต่อแรงกดจนเกิดการแตกหัก จะเกิดการแตกหักได้มากน้อยแตกต่างกัน ถ้าข้าวสามารถทนต่อแรงกดได้มาก เมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการสี (milling) จะมีปริมาณข้าวหักน้อย หรือปริมาณต้นข้าวมาก แต่ในทางกลับกัน ถ้าข้าวสามารถทนต่อแรงกดได้น้อยลงเมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการสีจะมีปริมาณข้าวหักมากขึ้น และมีปริมาณร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดที่น้อยลง (พัศกร และคณะ, 2546)

ตารางที่ 12 ขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ้าเกษ กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก)

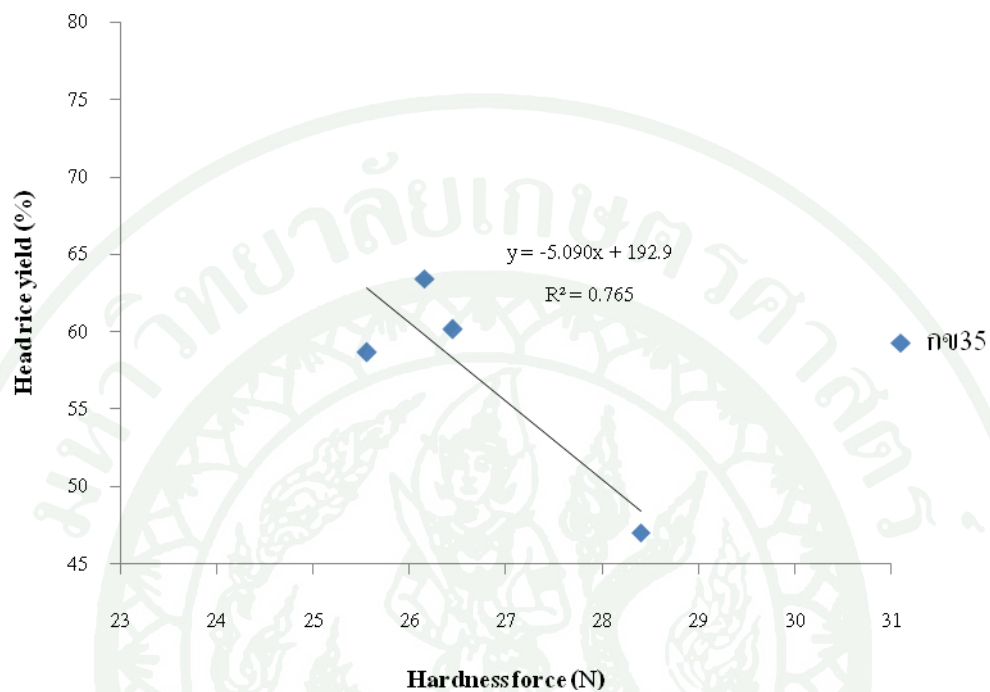
พันธุ์ข้าว	Hardness force (N)	Head rice yield (%)
เจ้าเกษ	24.41-25.02	63.82-70.15
กข35	26.16-28.40	47.03-63.44
กข41	24.18-26.24	45.87-49.09
กข47	24.09-26.54	69.99-73.71
กข31	26.85-30.89	65.95-74.80
พิษณุโลก2	26.08-28.34	55.37-70.07

(a)

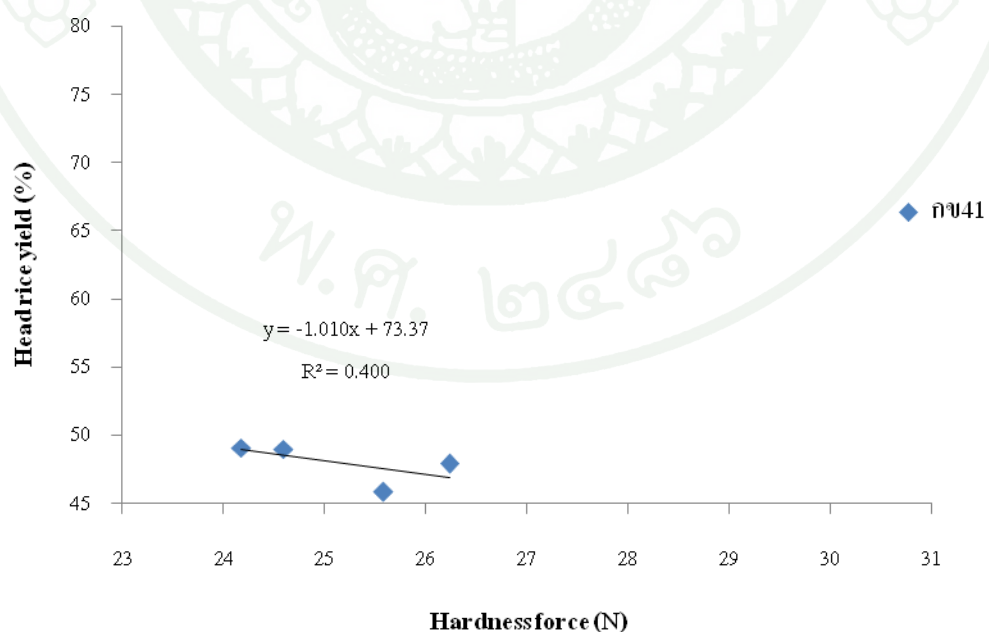


ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย (a) กข35 (b) กข41 (c) กข47 (d) กข31 (e) และพิษณุโลก2 (f)

(b)

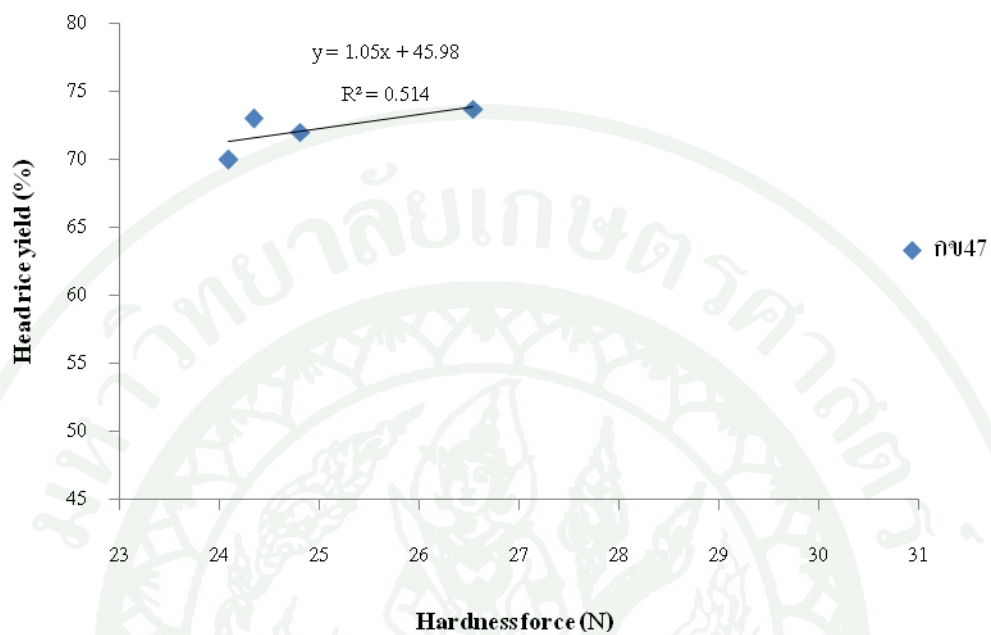


(c)

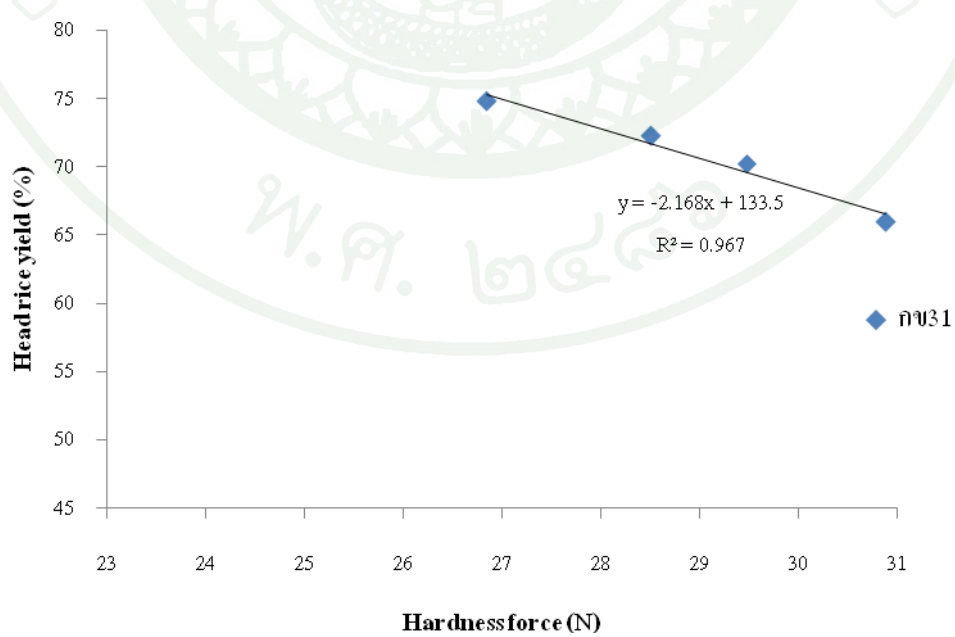


ภาพที่ 17 (ต่อ)

(d)

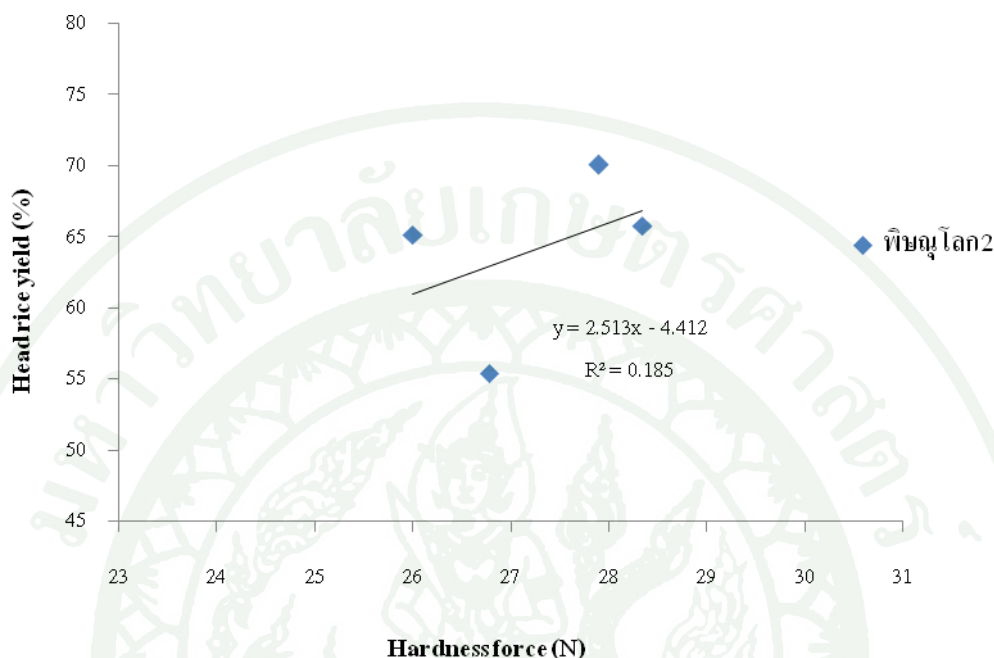


(e)



ภาพที่ 17 (ต่อ)

(f)



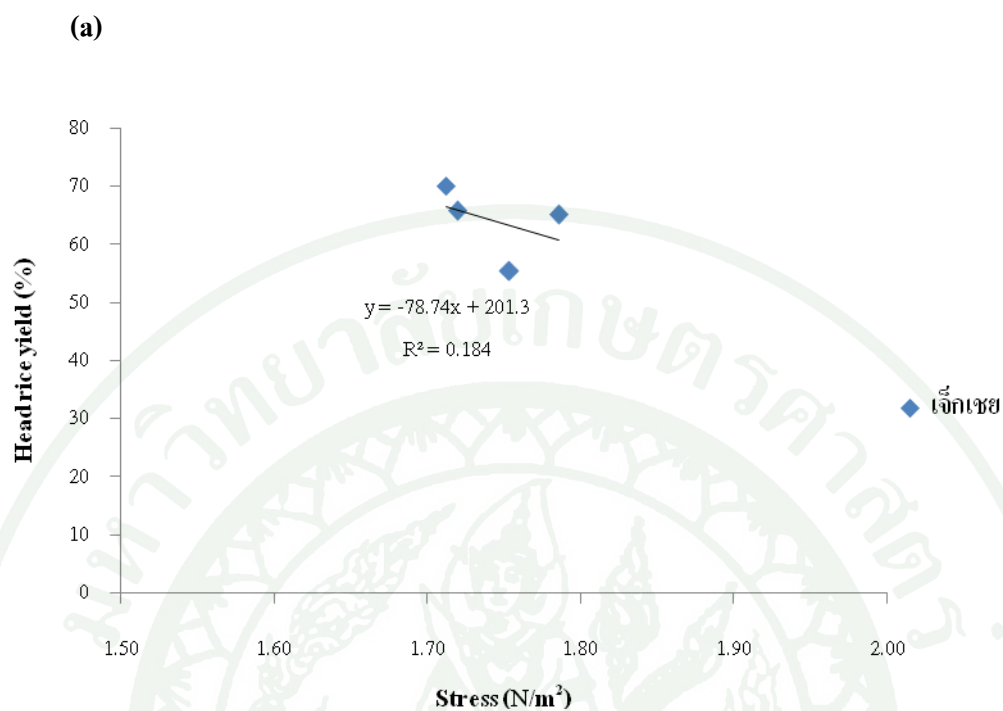
ภาพที่ 17 (ต่อ)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้น (stress) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์ แจ็กเชย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิชญ์โลก2 ซึ่งแรงเค้นสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างแรง (นิวตัน) กับพื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร) จะเห็นได้ว่า ในข้าวพันธุ์แจ็กเชย ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 63.82, 64.01, 68.12 และ 70.15 มีค่าแรงเค้น 1.75, 1.79, 1.72 และ 1.71 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -78.74x + 201.3$ และ R^2 มีค่า 0.806 ในข้าวพันธุ์ กข35 ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 47.03, 58.68, 60.20 และ 63.44 มีค่าแรงเค้น 1.96, 1.77, 1.83 และ 1.83 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -73.70x + 193.5$ และ R^2 มีค่า 0.682 ในข้าวพันธุ์ กข41 ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 45.87, 47.89, 48.98 และ 49.09 มีค่าแรงเค้น 1.58, 1.63, 1.58 และ 1.53 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -35.99x + 131.6$ และ R^2 มีค่า 0.108 ในข้าวพันธุ์ กข31 ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 65.95, 70.25, 72.29 และ 74.80 มีค่าแรงเค้น 1.80, 1.74, 1.65 และ 1.57 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -11.95x + 66.84$ และ R^2 มีค่า 0.941 ในข้าวพันธุ์ กข47 ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 69.99, 71.99, 73.00 และ 73.17 มีค่าแรงเค้น 1.55, 1.62,

1.71 และ 1.84 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = 12.02x + 51.97$ และ R^2 มีค่า 0.865 ในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 55.37, 65.12, 65.77 และ 70.07 มีค่าแรงเค้น 1.61, 1.52, 1.67 และ 1.69 N/m² ตามลำดับ แสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = 27.84x + 18.90$ และ R^2 มีค่า 0.117 (ภาพที่ 18a-f) และจะเห็นได้ว่า แรงเค้นสามารถบ่งบอกถึงร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้กับข้าวบางสายพันธุ์เท่านั้น (ตารางที่ 13) การทดลองนี้สอดคล้องกับพัสกรและคณะ (2546) พบว่า ข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 13.21 ในตอนเริ่มต้น เหลือเพียงร้อยละ 12.92, 11.19 และ 8.73 ตามลำดับ การทนทานต่อสภาวะแรงเค้นต่างๆ ที่กระทำลงต่อเมล็ดข้าวหรือทนต่อแรงกดหรือแรงขัดมากน้อยต่างกัน แสดงว่า ถ้าข้าวสามารถทนต่อสภาวะแรงเค้นต่างๆ ได้มากเมื่อนำไปผ่านกระบวนการสีข้าว จะมีปริมาณข้าวหักน้อยหรือปริมาณร้อยละข้าวเต็มเมล็ดมาก แต่ถ้าข้าวสามารถทนต่อสภาวะแรงเค้นได้น้อยลง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการสีข้าวจะมีปริมาณข้าวหักที่มากขึ้นและปริมาณร้อยละข้าวเต็มเมล็ดที่น้อยลง

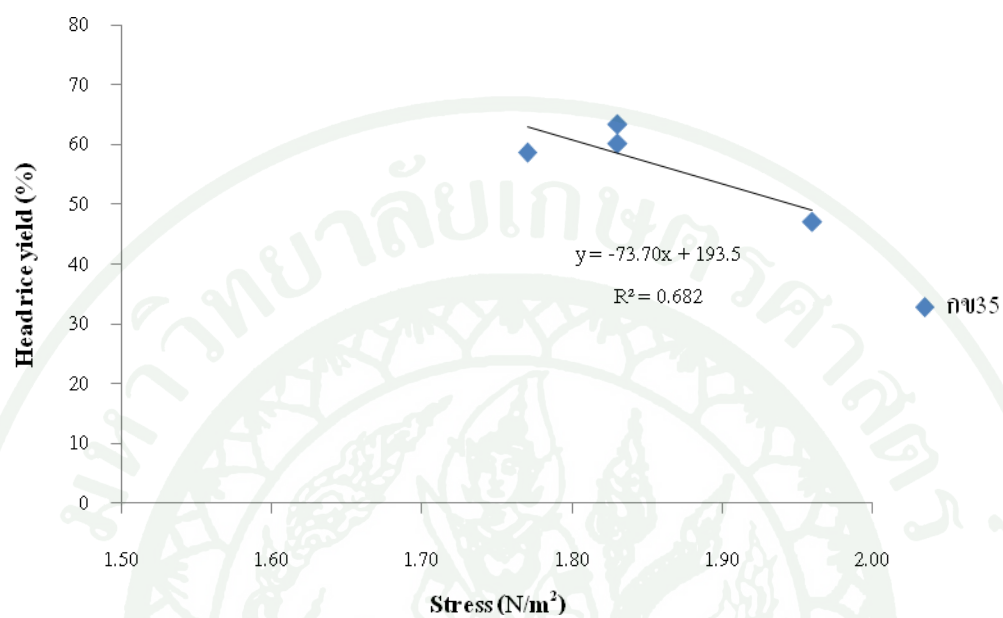
ตารางที่ 13 แรงเค้นกับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก)

พันธุ์ข้าว	แรงเค้น (N/m ²)	Head rice yield (%)
เจ๊กเซย	1.71-1.86	63.82-70.15
กข35	1.77-1.95	47.03-63.44
กข41	1.53-1.62	45.87-49.09
กข47	1.55-1.83	69.99-73.71
กข31	1.57-1.80	65.95-74.80
พิษณุโลก2	1.51-1.69	55.37-70.07

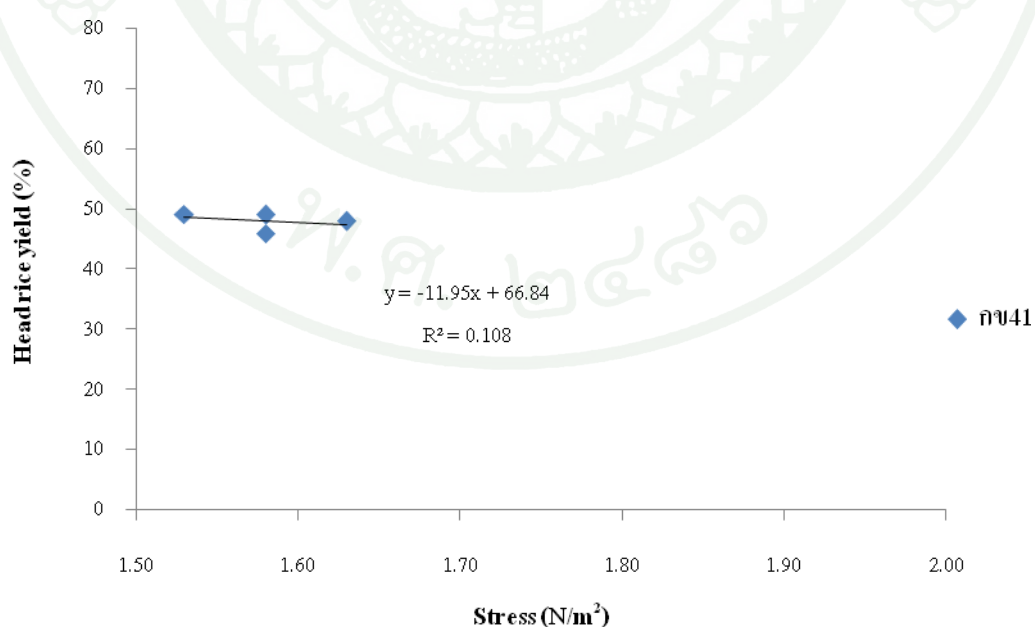


ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้น (stress) กับคุณภาพการสีของข้าวไทยสายพันธุ์เจ๊กเซย (a) กข35 (b) กข41 (c) กข47 (d) กข31 (e) และฝัฒนุ โลก2 (f)

(b)

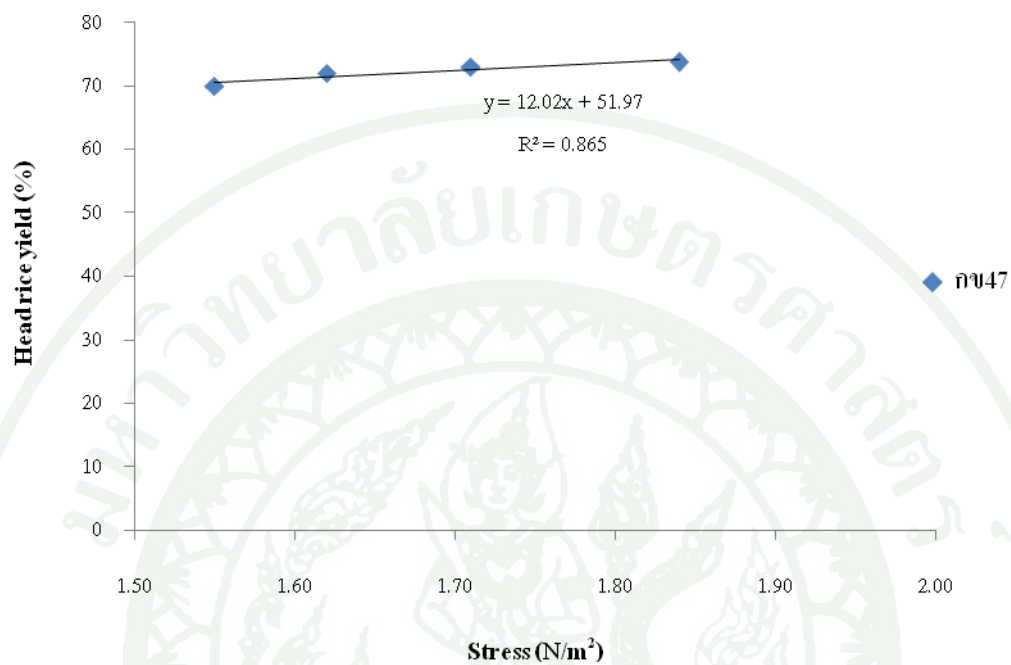


(c)

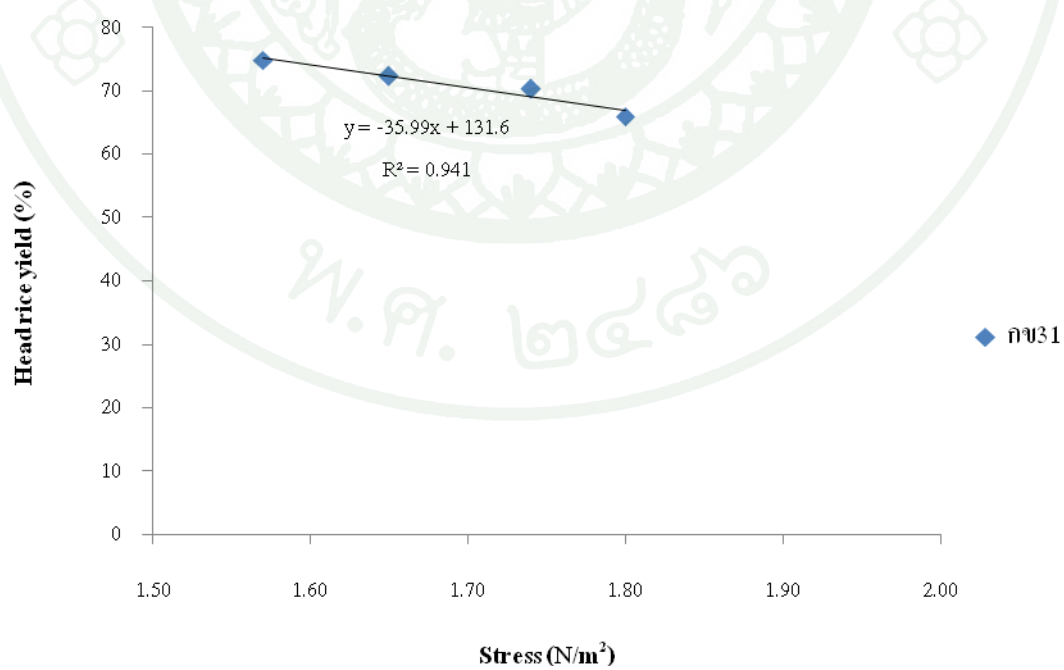


ภาพที่ 18 (ต่อ)

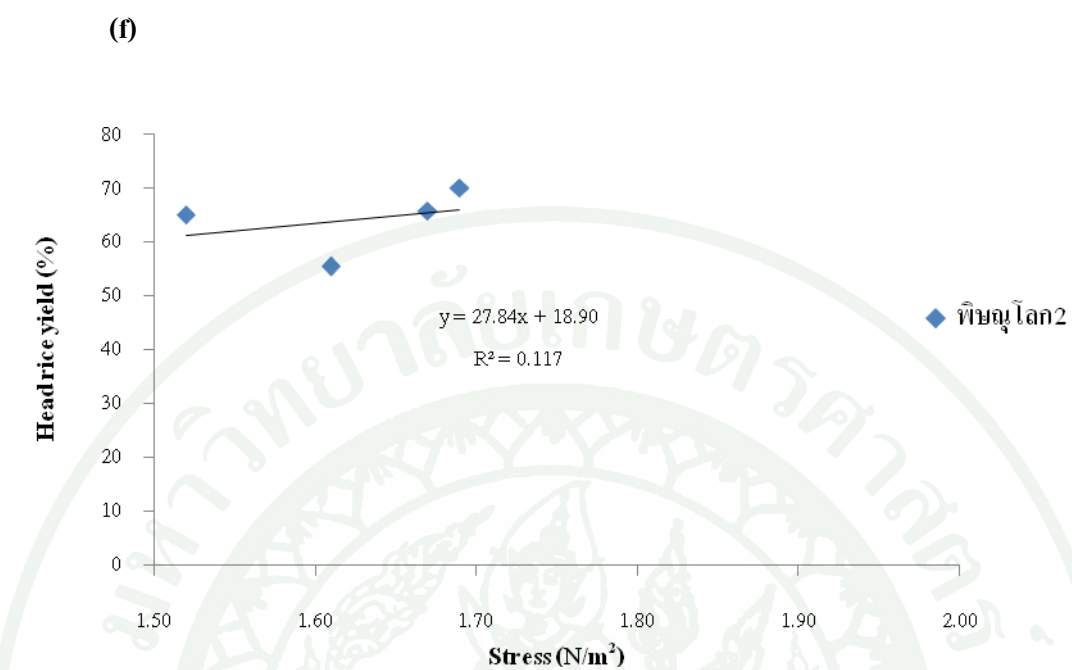
(d)



(e)



ภาพที่ 18 (ต่อ)



ภาพที่ 18 (ต่อ)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาถึงผลของความแกร่งของเมล็ดข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ ความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด ขนาดของแรงกด ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

ผลของความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ต่อร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด พบว่า ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ความชื้นระดับร้อยละ 11-13 (มาตรฐานเปียก) ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด มีค่า 70.15, 63.44, 49.09, 73.71, 74.80 และ 70.07 ตามลำดับ ระดับความชื้นมีผลทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ต่อขนาดของแรงกด พบว่า ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย กข47 และพิษณุโลก2 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 11-13 ขนาดของแรงกดสูงสุดมีค่า 25.02, 26.54 และ 28.34 N ตามลำดับ ในข้าวพันธุ์กข35 กข41 และกข31 ที่ความชื้นระดับร้อยละ 20-22 ขนาดของแรงกดสูงสุดมีค่า 28.40, 26.24 และ 30.89 N

ผลของความชื้นที่ระดับร้อยละ 11-22 (มาตรฐานเปียก) ต่อแรงเค้น พบว่า ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย และกข41 ระดับความชื้นไม่มีผลต่อแรงเค้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับความชื้นร้อยละ 17-19 พบว่า แรงเค้นมีค่าสูงสุด 1.79 และ 1.63 N/m²ตามลำดับ ในข้าวพันธุ์กข35 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 ระดับความชื้นมีผลต่อแรงเค้น ที่ระดับความชื้นร้อยละ 20-22 แรงเค้นมีค่าสูงสุด 1.96, 1.83 และ 1.80 N/m² ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 11-13 แรงเค้นมีค่าสูงสุด 1.68 N/m² แสดงให้เห็นว่า ในข้าวพันธุ์กข35 กข47 กข31 และพิษณุโลก2 แรงเค้นสามารถบ่งบอกถึงความชื้นของเมล็ดข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกดกับร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด พบว่า ในข้าวพันธุ์เจ๊กเซย ขนาดของแรงกดมีค่า 24.41-25.02 N ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 63.82-70.15 สามารถแสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = 11.053x - 206.88$ มีค่า R^2 คือ 0.8919 และในข้าวพันธุ์กข31 ขนาดของแรงกดมีค่า 26.85-30.89 N ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 65.95-74.80 สามารถแสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -2.1689x + 133.58$ มีค่า R^2 คือ 0.9675 แสดงให้เห็นว่า ข้าวทั้งสองสายพันธุ์นี้ ขนาดของแรงกดที่มีต่อเมล็ดข้าวสามารถบ่งบอกถึงร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นกับร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด พบว่า ในข้าวพันธุ์กข47 แรงเค้นมีค่า 1.55-1.83 N/m² ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดมีค่า 69.99-73.71 สามารถแสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = 12.025x + 51.97$ มีค่า R^2 คือ 0.8656 ในข้าวพันธุ์กข31 แรงเค้นมีค่า 1.57-1.80 N/m² ทำให้ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด 65.95-74.80 สามารถแสดงเป็นสมการเส้นตรงคือ $y = -35.99x + 131.64$ มีค่า R^2 คือ 0.9418 แสดงให้เห็นว่า ข้าวทั้งสองสายพันธุ์ แรงเค้นสามารถบ่งบอกถึงร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเปลือก ดังนั้นควรมีการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์ ได้แก่ ปริมาณอมิโลส ปริมาณโปรตีน เนื่องจากการดูดซับความชื้นหรือการดูดซับน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในเมล็ดข้าวมีผลต่อปริมาณอมิโลส และปริมาณโปรตีน เพื่อบ่งบอกถึงความแกร่งของเมล็ดข้าวเปลือก ที่จะสนับสนุนการศึกษาโครงสร้างของเมล็ดข้าวต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว. 2555. การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเชิงอุตสาหกรรม. สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรุงเทพมหานคร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า: 118-161.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. หน้า: 1-133.

เกรียววัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2531. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและมาตรฐานข้าว. ใน การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. หน้า: 1-53.

จินตมณี นิสัยนต์ และ อภิชาติ อาจนาลัย. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ. ใน การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21.

นภา กังเกียรติกุล. 2535. ผลกระทบของภาวะอากาศต่อคุณภาพการสีข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า: 1-81.

พัศกร เกษตรกุล, เมธิณี เห่วซึ่งเจริญ และ ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ. 2546. ผลของอุณหภูมิและความชื้นต่อคุณภาพการสีข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. วิทย. กษ. 34(4-6): 145-148.

พ่ายภูเบศร์ มากกุล, นิพนธ์ มาฆทาน, รุจิ กุลประวัตติ และ ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต. 2549. ความชื้นข้าวเปลือกในระดับต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพการสีและคุณภาพข้าวสารเมื่อเก็บรักษา. ใน การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2549. หน้า: 398-405.

ไพศาล การถาง, ดวงฤทัย นิคมรัฐ และวิโรจน์ ฤทธิทอง. 2554. การสร้างนวัตกรรมวัดความแรงของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. หน้า: 1-46.

ภาสินี อินทวงษ์ และ บังอร อาจทอง. 2552. อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการขัดขาว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า: 22-36.

วิรัช แสงสุริยฤทธิ์. 2548. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า: 1-139.

สมวงศ์ ตรีภูรุ้ง. 2556. ข้าวโภชนาการเพื่อสุขภาพและการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม. ใน การประชุมวิชาการโภชนาการครั้งที่ 46. สถาบันวิจัยโภชนาการ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี. กรุงเทพฯ. หน้า: 1-100.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2556. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 18.

อภินันท์ ใจกว้าง, สมบูรณ์ สารสิทธิ์ และ ธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ. 2553. การสร้างและทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องชุมชนชนิดลูกยางคู่. ว.มร. 4(2): 9-15.

อนุวัตร ศรีนวล. 2551. ผลของแรงกระแทกที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า: 1-326.

อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์, ธนพฤกษ์ ชามะรัตน์ และปิโยรส ทะเสนสด. 2547. กำลังวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด, ปทุมธานี.

_____. _____. **Mechanical Properties of Materials.**

แหล่งที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/metal/1/Mechanical%20Properties.htm>,

21 ตุลาคม 2557

____. ____ . บทที่ 1 สมบัติทางกลของโลหะ (**Mechanical Properties of Metals**).

แหล่งที่มา: [http://e-book.ram.edu/e-book/m/MY318\(51\)/MY318-1.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/m/MY318(51)/MY318-1.pdf), 21 ตุลาคม 2557

____. ____ . บทที่ 5 คุณสมบัติเชิงกลของโลหะ (**MECHANICAL PRHPERTIES OF METALS**). แห ล่ ง ที่ ม า : http://www.rmutphysics.com/charud/pdf-learning/2/material/IE2302_CH5.pdf, 21 ตุลาคม 2557

Abozar N., Mohammad H., Abbaspour-Fard., Bagher Emadi and Nasser Behrooz Khazaei.2014. Modelling and analysis of compressive strength properties of parboiled paddy and milled rice. **International Agrophy**.28: 73-83.

Banaszek, M. M. and T.J. Siebenmorgen. 1990. Head rice yield reduction rates caused adsorption. **American Society of Agriculture Engineers**. 33(4): 1263-1269.

Cnossen A.G., M.J. Jimenez and T.J. Siebenmorgen. 2003. Rice fissure response to high drying and tempering temperatures. **Journal of Food Engineering**. 59: 61-69.

Fan, J., T.J. Siebenmorgen and W. Yang. 2000. A study of head rice yield reduction of long- and medium-grain rice varieties in relation to various harvest and drying condition. **American Society of Agriculture Engineers**. 43(6): 1709-1714.

Kocher, M. F., T. J. Siebenmorgen., R. J. Norman and B. R. Wells. 1990. Rice kernel moisture content variation at harvest. **American Society of Agriculture Engineers**. 33(2).541-548.

Kunze, O.R. 2008. Effect of drying on grain quality moisture readsorption causes fissured rice grains. **Agriculturl Engineering International**. 1(X): 1-17.

- Lu R and T.J. Siebenmorgen.1995. Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernel. **American Society of Agricultural Engineers**. 38(3):889-894.
- Nasirahmadi A., Mohammad H., Abbaspour-Fard., Bagher E. and Nasser Behrooz K. 2014. Modelling and analysis of compressive strength properties of parboiled paddy and milled rice. **International Agrophy**. 28: 73-83.
- Otto R. Kunze. 2008. Effect of drying on grain quality-moisture readsoption causes fissured rice grains. *In International Conference on Grain Drying EastAsia*. 17-20 October 1995, Thailand: 1-17.
- Renjie, D., Z. Lu, Z. Liu, Y. Nishiyama and W. Cao. 2009. Moisture distribution in a rice kernel during tempering drying. **Journal of Food Engineering**.91: 126-132.
- Shitanda D., Y. Nishiyama and S. Koide.2002. Compressive strength properties of rough rice considering variation of contact area. **Journal of Food Engineering**. 53: 53-58.
- Shu, G., John F. Williams and James E. Hill. 1984. Harvest moisture effects on rice milling quality. **California Agriculture**. November-December: 11-12.
- Siebenmorgen T.J., R.C. Bautisda and P.A. Counce. 2007. Optimal harvest moisture contents for maximizing milling quality of long and medium grain rice cultivars. **Applied Engineering in Agriculture**. 23(4): 517-527.
- _____, M.I. Saleh.And R.C. Bautista. 2009. Milled rice fissure formation kinetics. **American Society of Agriculture and Biological Engineers**. 52(3): 893-900.
- Trigo-Stockli D. M. and J. R. Pedersen. 1994. Effect of rice storage conditions on the quality of milled rice, pp. 706-711. *In Proceeding of 6th International working conference on Stored-product protection*. 17-23 April 1994, Canberra Australia: 706-711.

Webb, B.D., Y. Pomeranz, S. Afework, F.S. Lai and C.N. Bollich. 1986. Rice grain hardness and its relationship to some milling, cooking, and processing characteristic. **American Association of Cereal Chemists**. 63(1): 27-30.

Wei, C., Yoshio Nishiyama and Shoji Koide. 2004. Physicochemical, mechanical and thermal properties of brown rice grain with various moisture contents. **International Journal of Food Science and Technology**. 39: 899-906.



ภาคผนวก



ภาคผนวกตาราง

ตารางผนวกที่ 1 ขนาดของข้าวเปลือกพันธุ์เจ้าเกษย กข35 กข41 กข47 กข31 และพิษณุโลก2

พันธุ์ข้าว	ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก (มิลลิเมตร)		
	ความกว้าง	ความหนา	ความยาว
เจ้าเกษย	2.42	1.89	10.69
กข35	2.32	1.98	10.47
กข41	2.67	1.91	11.10
กข47	2.45	1.95	10.86
กข31	2.56	2.03	10.09
พิษณุโลก2	2.59	2.09	9.90



(1)



(2)



ภาพผนวกที่ 1 การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือก

(3)



(4)



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

(5)



(6)



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 2 การวัดขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก

(8) ข้าวพันธุ์เจ๊กเซย

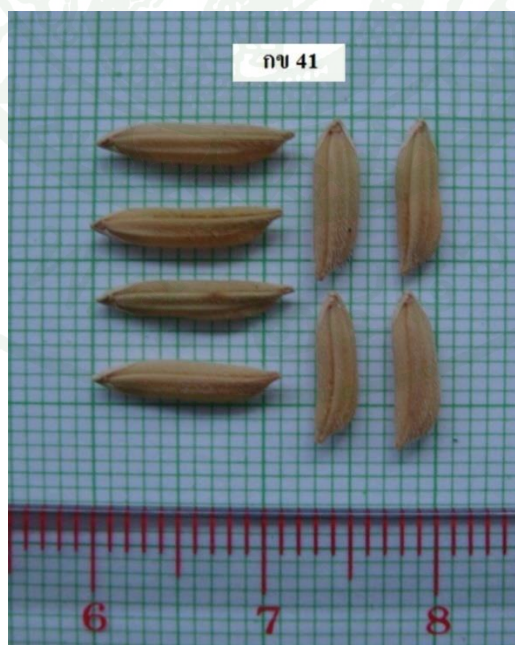


ภาพผนวกที่ 3 ขนาดข้าวเปลือกพันธุ์เจ๊กเซย (8) กข35 (9) กข41 (10) กข47 (11) กข31 (12) และพิษณุโลก2 (13)

(9) ข้าวพันธุ์กช35

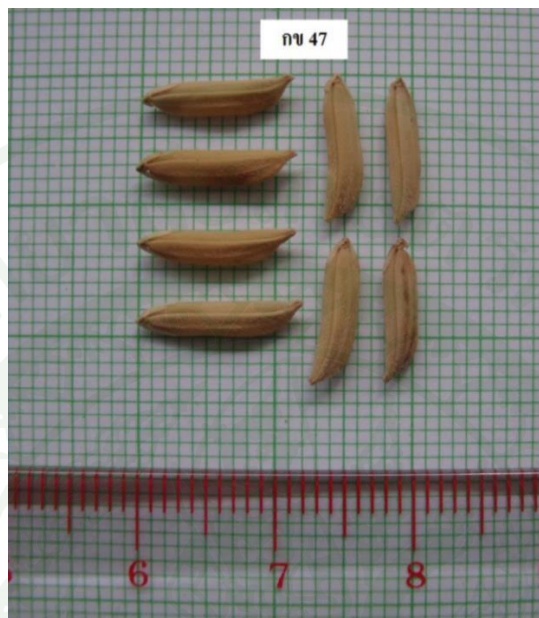


(10) ข้าวพันธุ์กช41

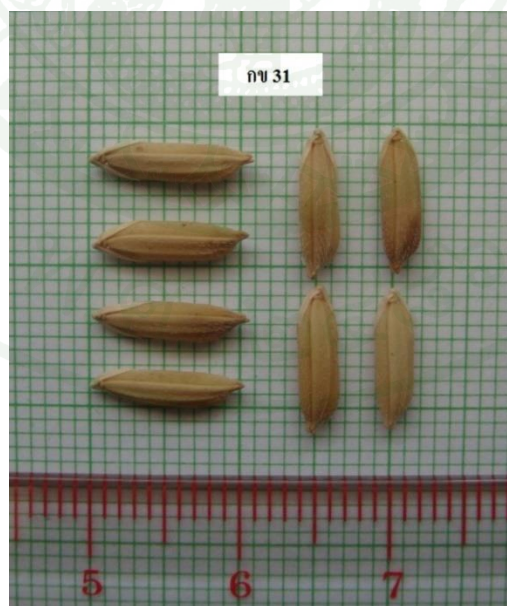


ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

(11) ข้าวพันธุ์กช47

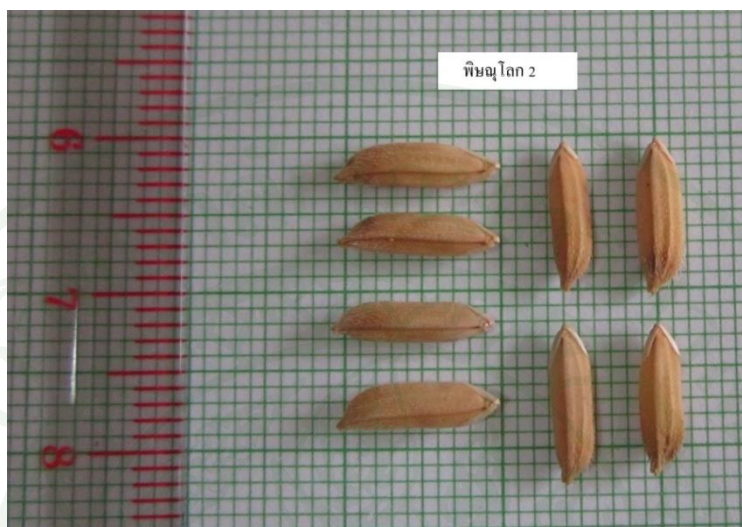


(12) ข้าวพันธุ์กช31



ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

(13) ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2



ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุวรรษา ทองหนู
วันที่เกิด	วันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การเกษตร) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่น/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-