



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ อิทธิพลของขั้นตอนการขัดสีที่มีต่อร้อยละต้นข้าวและความหืนของข้าวสาร

โดย นายทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์

เมษายน 2556

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ อิทธิพลของขั้นตอนการขัดสีที่มีต่อร้อยละต้นข้าวและความหืนของข้าวสาร

ผู้วิจัย

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์

สังกัด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) อิทธิพลของขั้นตอนการขัดสีที่มีต่อร้อยละต้นข้าวและความหืนของข้าวสาร
 (ภาษาอังกฤษ) INFLUENCE OF MILLING STAGES ON THE HEAD RICE YIELD
 PERCENTAGE AND RANCIDITY OF MILLED RICE

2. ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานที่สังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

นายทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

โทรศัพท์ (043) 754363 ต่อ 3090

โทรสาร

(043) 754316

3. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นพืชและเป็นสินค้าที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทยอย่างสูง คนไทยส่วนใหญ่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉลี่ยแล้วพลังงานที่ได้จากการรับประทานข้าวนั้นตกประมาณ 3 ใน 4 ของพลังงานที่ได้จากอาหารทั้งหมด (อัมมาร และวิโรจน์ 2533) ปัจจุบันประเทศผู้ส่งออกข้าวหลายประเทศประสบปัญหาเรื่องการสูญเสียพื้นที่เพาะปลูกข้าวจากภัยธรรมชาติซึ่งเป็นผลพลวงมาจากภาวะโลกร้อน จึงเกิดภาวะขาดแคลนข้าว ทำให้ข้าวมีราคาสูงขึ้น ในภาวะเช่นนี้ การผลิตข้าวในปัจจุบันจึงไม่คำนึงถึงคุณภาพของข้าวมากนัก อย่างไรก็ตาม คุณภาพการสียังคงใช้ในการกำหนดราคาซื้อและขายข้าว โดยพิจารณาจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและร้อยละต้นข้าว

งานวิจัยที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะศึกษาอิทธิพลของระดับของการขัดสีข้าวต่อคุณภาพการหุงและเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก (Mohapatra & Bal, 2006) รสชาติของข้าวกล้องและข้าวขาวหุงสุกด้วยระบบทดสอบการชิมรสชาติ SA 402 ของบริษัท Anritsu, Co. Atsugi, Japan (Tran, Suzuki, Okadome, Homma & Ohtsubo, 2004) สีและสมบัติทางโภชนาการของข้าว (Lamberts, Bie, Vandeputte, Varaverbeke, Derycke, Man & Delcour, 2007) ร้อยละต้นข้าวและความขาวของข้าว (Yadav & Jindal, 2008)

ถ้าลองสังเกตดูข้าวสารที่วางขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดปัจจุบัน จะเห็นว่าข้าวสารจะมีสีเหลืองเล็กน้อย ไม่สีขาวมากดังในอดีต ประกอบกับผู้คนสนใจและเอาใจใส่กับสุขภาพมากขึ้นโดยมีผู้บริโภคจำนวนหนึ่งหันมานิยมรับประทานข้าวกล้องมากขึ้น แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังคงนิยมรับประทานข้าวสารอยู่ นอกจากนี้กระบวนการทั้งหมดหลังการเก็บเกี่ยวข้าวมีมากมายหลายขั้นตอน อาทิเช่น ขั้นตอนการอบแห้ง ขั้นตอนการกะเทาะ ขั้นตอนการขัดสีเอาชั้นรำออก (ขั้นตอนการขัดขาว) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษากระบวนการทั้งหมดหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกกระบวนการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 1500C เป่าข้าวเปลือกให้ลอยอย่างอิสระ (fluidization) จนความชื้นลดลงต่ำกว่า 23% d.b. ตามด้วยการเทมเปอร์ที่อุณหภูมิ 75-800C เพื่อทำให้อุณหภูมิเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ อีกทั้งเป็นการป้องกันการแตกหักของข้าวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน จากนั้นจึงใช้อากาศแวดล้อมเป่าเพื่อลดความชื้นลงอย่างช้าๆจนเหลือ 14-15% d.b. จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี (Meeso, Nathakarnakule, Madhiyanon & Soponronnarit, 2004) จากนั้นเน้นศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางกลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการกะเทาะและการขัดสีที่มีต่อร้อยละต้นข้าวและความหืนของข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับของการขัดสี ถ้าข้าวกล้องที่ได้จากขั้นตอนการกะเทาะไม่ถูกขัดสีเลย ก็คือระดับของการขัดสีเป็นศูนย์ คาดว่าจะเกิดการหืนได้ง่ายกว่าข้าวกล้องที่ถูกขัดสีที่ระดับอื่นๆ และเปรียบเทียบความหืนของข้าวที่ระดับของการขัดสีต่างๆ กันในสภาวะเร่ง ตลอดจนหาความสัมพันธ์ระหว่างความหืนของข้าวกับระดับของการขัดสี

จุดเด่นของงานวิจัยนี้ คือ ทราบเงื่อนไขในแต่ละขั้นตอนการขัดสีที่ให้อายุไล่ต้นข้าวสูงที่สุดและทราบระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวสารที่ขัดสีในแต่ละระดับการขัดสีไม่ให้เกิดกลิ่นหืน เนื่องจากผู้บริโภคเริ่มสนใจที่จะบริโภคข้าวกล้องมากขึ้น แต่ข้าวกล้องจะเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน จะเกิดกลิ่นหืนจากน้ำมันในรำข้าว หากเราขัดสีชั้นรำออกไปบางส่วนเพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวได้นานขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ ทราบระดับการขัดสีที่เหมาะสมในการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษา

4. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอิทธิพลของ ระยะห่างของลูกยางและจำนวนครั้งที่ใช้ในขั้นตอนของการกะเทาะข้าวที่มีต่ออายุไล่ต้นข้าวต้นกล้า
2. ศึกษาอิทธิพลของระดับของการขัดสีในขั้นตอนของการขัดข้าวให้ขาวที่มีต่ออายุไล่ต้นข้าวต้น ความขาว และความหืนของข้าว
3. ศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ข้าวไทยที่มีความยาวและความหนาแตกต่างกันต่ออายุไล่ต้นข้าว ความขาว และความหืนของข้าว

5. ระเบียบวิธี

1. ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหนังสือและวารสารที่ได้รับการยอมรับตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ
2. เลือกตัวอย่างพันธุ์ข้าวเปลือกที่มีความยาวและความหนาแตกต่างกัน 3 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข.6 ข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ตัวอย่างที่ได้จะนำมาหาความชื้นเริ่มต้น วิเคราะห์อายุไล่ต้นข้าวและความขาวของข้าวเมื่อผ่านกรรมวิธี shade drying (เป็นค่าควบคุม)
3. ทดลองตัวแปรของขั้นตอนการขัดสีข้าวโดยแปรค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้
 - 3.1 ระยะห่างของลูกยางที่ใช้กะเทาะข้าวเปลือก 5 ระดับ ได้แก่ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 มิลลิเมตร
 - 3.2 จำนวนครั้งในการกะเทาะข้าวเปลือก 2 ระดับ ได้แก่ 1 และ 2 ครั้ง
 - 3.3 ระดับของการขัดสีเอารำออก (ขัดขาว) 5 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10, 15 และ 20%
 - 3.4 เปรียบเทียบคุณภาพของข้าว ได้แก่ อายุไล่ต้นข้าวและความขาวของข้าวกับค่าควบคุม
 - 3.5 เปรียบเทียบความหืนของข้าว (rancidity) ที่ระดับของการขัดสีแตกต่างกัน
4. สรุปผลการศึกษาและปัญหาระหว่างทำวิจัย และเขียนบทความวิจัย
5. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ สรุปผลดำเนินงานตลอดโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับ และข้อเสนอแนะต่างๆ

6. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการในแต่ละช่วง 12 เดือน

แผนการดำเนินงานปีที่ 1

การดำเนินงาน	เดือนที่												ผลที่คาดว่าจะได้รับ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←											→	รับรู้ผลงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับตลอดโครงการ
2. เลือกตัวอย่างข้าวเปลือกมาทำการทดลอง		↔											ทราบคุณภาพของตัวอย่างข้าวเปลือกในเขตพื้นที่
3.. ทำการทดลองอิทธิพลของระยะห่างของลูกยางกะเทาะต่อคุณภาพของข้าว						↔							ได้ผลการทดลอง
4. ทำการทดลองอิทธิพลของจำนวนครั้งของการกะเทาะต่อคุณภาพของข้าว							↔						ได้ผลการทดลอง
5. ทำการทดลองอิทธิพลของระดับของการขัดสีต่อคุณภาพของข้าว								↔					ได้ผลการทดลอง
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง									↔				ทราบผลการทดลอง และแนวทางแก้ไขปรับปรุง
7. สรุปผลการศึกษาและเขียนรายงานประจำปี											↔		เสนอรายงานแก่ผู้ให้ทุน

แผนการดำเนินงานปีที่ 2

การดำเนินงาน	เดือนที่												ผลที่คาดว่าจะได้รับ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม	←											→	รับรู้ผลงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับตลอดโครงการ
2. ทำการทดลองอิทธิพลของระยะห่างของลูกยาง จำนวนครั้งของการกะเทาะ และระดับการขัดสีต่อคุณภาพของข้าวอีก 2 สายพันธุ์ที่เหลือ	←												ได้ผลการทดลอง
3. เปรียบเทียบความหืนและของข้าวที่ระดับของการขัดสีแตกต่างกัน					↔								ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความหืนกับระดับการขัดสี
4. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการศึกษาตลอดโครงการ								↔					ได้ผลลัพธ์และข้อเสนอแนะ รวมทั้งเขียนบทความตีพิมพ์วารสารวิชาการนานาชาติ
5. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์											↔		เสนอรายงานแก่ผู้ให้ทุน

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5280107

ชื่อโครงการ: อิทธิพลของขั้นตอนการขัดสีที่มีต่อร้อยละต้นข้าวและความหีนของข้าวสาร

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน นายทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อีเมล: wsongchai@yahoo.com

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

บทคัดย่อ: การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการกะเทาะ ระยะเวลาในการขัดข้าวข้าวสารและระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลา 10 เดือน ที่มีต่อ คุณภาพด้านสี ความหีน และการหุงต้ม โดยเลือกข้าวเจ้าที่ที่เก็บเกี่ยวในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และกข 15

ผลการศึกษา พบว่า ทั้งสามสายพันธุ์ข้าว จะได้ข้าวต้นสูงสุด เมื่อให้ระยะห่างของลูกยาง กะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร และระยะเวลาขัดข้าวข้าวประมาณ 10-15 วินาที จะให้ร้อยละข้าวต้นที่สูง และมีความขาวและร้อยละการแตกหักของข้าวสารยอมรับได้ การขัดเอาชั้นรำออกเป็นเวลา 10 วินาที มีผลทำให้ความหีนของข้าวสารลดลงอย่างชัดเจน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการขัดขาว

สำหรับการวิเคราะห์ด้านความสิ้นเปลืองพลังงาน ถ้าเปรียบเทียบข้าวกล้อง ข้าวขัดชั้นรำ ออกบางส่วน (ขัดขาวเป็นเวลา 10 นาที) และข้าวขัดชั้นรำออกจนหมด (ขัดขาวเป็นเวลา 25 นาที) พบว่า พลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม มีค่าเท่ากับ 8-10 เท่า 5-6 เท่า และ 4-5 เท่า ของพลังงานที่ใช้ในการขัดสีข้าวทั้งหมด สำหรับข้าวกล้อง ข้าวขัดชั้นรำออกบางส่วน และข้าวที่ขัดชั้นรำจนหมด ตามลำดับ

คำหลัก : ความสิ้นเปลืองพลังงาน ข้าวต้น ความหีน ความขาว

Abstract

Project Code: MRG5280107

**Project Title : INFLUENCE OF MILLING STAGES ON THE HEAD RICE YIELD
PERCENTAGE AND RANCIDITY OF MILLED RICE**

Investigator : Mr. Songchai Wiriyaumpaiwong, Mahasarakham University

E-mail Address : wsongchai@yahoo.com

Project Period : 2 Years

Abstract: The purpose of this research is to study the effects of dehusking time, milling time and storage time of milled rice after keeping 10 months period on color of rice, rancidity and cooking qualities. Three non-glutinous rice varieties, namely, Khaodokmali 105 (KDML-105), Chainat 1 (CN-1) and Khoko 15 (RD-15) harvested in Northeast of Thailand are investigated.

The finding of research on head rice, whiteness and breakage percentage of 3 varieties revealed that dehusking with clearance of rubber rolls of 0.8 mm and milling at 10-15 second has got the high head rice yield and the acceptable whiteness and breakage percentage. Compared to brown rice, milling for removing bran layer at 10 second resulted in the obvious decrease of rancidity of milled rice during 6 months storage.

For energy consumption analysis, comparisons of brown rice, partial milled rice at 10 second milling time and completed milled rice at 25 second milling time, it showed that energy use for cooking were 8-10 fold, 5-6 fold and 4-5 fold of energy use in overall stages of milling for brown rice, partial milled rice and completed milled rice, respectively.

Keywords : Energy consumption, Head rice, Rancidity, Whiteness

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน
2. เพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร
3. เพื่อวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขัดสี และการหุงต้ม เพื่อเลือกระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บที่เหมาะสม กับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร

วิธีการทดลอง

วัสดุและการกำหนดตัวแปรการวิจัย

ในการทดสอบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องขัดสีที่ผลิตในประเทศ โดยการสอบเทียบกับเครื่องขัดสีมาตรฐาน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดตัวแปรสำหรับการทดสอบ ดังนี้

1. ใช้พันธุ์ข้าวเจ้าสำหรับทดสอบ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ-105 พันธุ์ชัยนาท-1 และพันธุ์ กข.-15 ที่เก็บเกี่ยวในฤดูเพาะปลูกปี 2551 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
2. การทดสอบการกะเทาะข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ใช้เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางคู่จำนวน 3 เครื่อง โดยเป็นเครื่องกะเทาะมาตรฐานที่ผลิตจากต่างประเทศ 1 เครื่องและที่ผลิตจากภายในประเทศ 2 เครื่อง เพื่อเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่ใช้ทดสอบตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 มิลลิเมตร ทั้ง 3 เครื่อง
3. การทดสอบระดับการขัดสีข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ ใช้เครื่องขัดขาวข้าวกล้องจำนวน 3 เครื่อง โดยเป็นเครื่องขัดขาวมาตรฐานที่ผลิตจากต่างประเทศ 1 เครื่อง และที่ผลิตภายในประเทศ 2 เครื่อง เพื่อเปรียบเทียบระดับการขัดสีที่ใช้ทดสอบ 5 ระดับ คือ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ทั้ง 3 เครื่อง
4. ใช้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องที่ผลิตในประเทศที่เทียบกับเครื่องมาตรฐาน โดยเทียบค่าร้อยละข้าวกล้องเต็มเมล็ด ร้อยละข้าวสารเต็มเมล็ด และความขาวข้าวสาร ในการกำหนดเครื่องที่ใช้ในการดำเนินการต่อไป

5. การทดสอบเพื่อหาความสามารถในการรับแรงกดและแรงดัดของเมล็ดของข้าว โดยการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการขัดขาวและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกล ภายภาพ และเคมีของข้าวสาร โดยแปรค่าจาก

5.1 ระดับการขัดสีแปรค่า 6 ระดับ ได้แก่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที

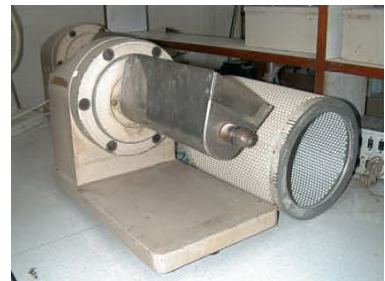
5.2 ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 0 4 และ 10 เดือน

5.3 ใช้พันธุ์ข้าวเจ้า 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ กข 15

6. ตรวจวัดสมบัติทางกล ภายภาพ และ เคมี ได้แก่ ตรวจวัดสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงของข้าวสารด้านความต้านทานแรงกดและแรงดัดสูงสุดที่ทำให้เมล็ดข้าวสารแตกหัก และความต้านทานแรงกดของเมล็ดข้าวสุก ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพด้านขนาดมิติและความขาวของข้าวสาร และการตรวจวัดสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลื่นหีนของข้าวสารและข้าวสุก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางสำหรับห้องปฏิบัติการ (Rubber-Rolls Huller) และเครื่องขัดขาวข้าวกล้องจำนวน 3 ชุด เป็นเครื่องทดสอบมาตรฐานที่ผลิตจากต่างประเทศ (Satake) จำนวน 1 ชุด (ภาพประกอบ 1) และที่ผลิตภายในประเทศ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 (ภาพประกอบ 2) และชุดที่ 2 (ภาพประกอบ 3) ทั้ง 3 ชุดเครื่องทดสอบสามารถปรับอัตราการป้อนข้าวเปลือกและระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะได้



ภาพประกอบ 1 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางคู่ (Satake รุ่นTHU-35A) ขัดขาวข้าวกล้อง (Satake รุ่น TM-05) และเครื่องคัดขนาดข้าวสาร (Satake รุ่น TRG-05A)



ภาพประกอบ 2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางคู่และขัดขาวข้าวกล้อง และเครื่องคัดขนาดข้าวสาร ที่ผลิตในประเทศ ชุดที่ 1 (Ngek Seng Huat LTD.,Part.)



ภาพประกอบ 3 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางคู่ ขัดขาวข้าวกล้อง และเครื่องคัดขนาดข้าวสาร ที่ผลิตในประเทศ ชุดที่ 2 (S.U. Intertrade (1999) Co. LTD.)

2. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุเกษตร ใช้ในการวัดค่าแรงกด แรงเหวี่ยง และแรงดัด มีโปรแกรมควบคุมการทำงานและการบันทึกค่าผ่านระบบปฏิบัติการWindows (ภาพประกอบ 4)



ภาพประกอบ 4 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ
(Ametek, LLOYD Instruments รุ่น LRX Plus)

3. เครื่องทำความสะอาดตัวอย่างข้าวเพื่อการทดสอบ เป็นเครื่องทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ปนมากับเมล็ดข้าวรวมทั้งข้าวลีบที่มีขนาดและน้ำหนักผิดไปจากข้าวปกติ เป็นแบบพัดลมดูดทำความสะอาดสามารถปรับความแรงของลมดูดได้ตามต้องการ(ภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 5 เครื่องทำความสะอาดตัวอย่างข้าว (Ngek Seng Huat LTD.,Part.)

4. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าระบบดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ภาพประกอบ 6)



ภาพประกอบ 6 เครื่องชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวระบบดิจิทัล (ADAM รุ่น PGL-2002)

5. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ใช้สำหรับอบตัวอย่างข้าวเพื่อหาความชื้น สามารถตั้งการทำงานด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบ (ภาพประกอบ 7)



ภาพประกอบ 7 ตู้อบหาความชื้น (Mettler รุ่น U-30)

6. ชุดวัดการแตกร้าวของเมล็ดข้าวด้วยสายตา (Grain scope) ใช้สำหรับตรวจวัดเมล็ดข้าวสารเพื่อตรวจสอบรอยแตกร้าวด้วยสายตา (ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 8 ชุดวัดการแตกร้าวของเมล็ดข้าวด้วยสายตา (Kett รุ่น TX-200)

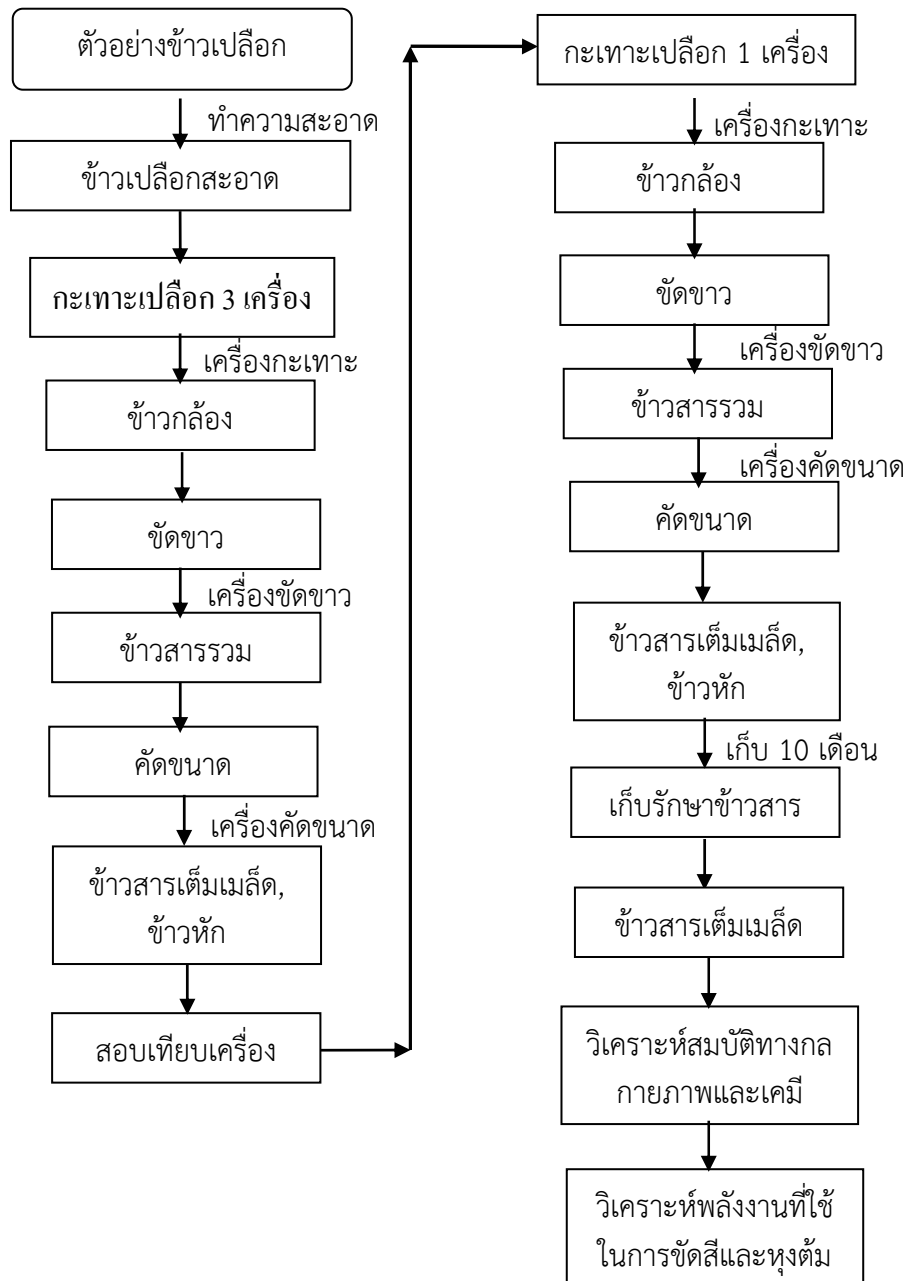
7. เครื่องวัดความขาวข้าวสาร ใช้สำหรับวัดค่าความขาวข้าวสารที่ผ่านการขัดสี ช่วงการวัด .0-100 หน่วย โดยการใช้การเปรียบเทียบค่ากับ five magnesium oxide ซึ่งค่าความขาวตามวิธีการของ Stensby D50-10 ให้ค่าใกล้เคียงที่สุด (ภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 9 เครื่องวัดความขาวข้าวสาร (Kett รุ่น C-300)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การวิจัย จึงได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น ส่วน ๆ เพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกลและความชื้นของ ข้าว ดังแสดงในภาพประกอบ 10 โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 10 ขั้นตอนการทดสอบและเก็บข้อมูล

การทดสอบและวิเคราะห์ผลการวิจัย

การดำเนินการทดสอบได้กำหนดขั้นตอนการทดสอบและประเมินผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน ประกอบด้วย

1.1 การกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะที่แตกต่างกัน ในขั้นตอนนี้ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วโดยใช้จำนวนตัวอย่างละ 250 กรัม ทำการกะเทาะ 2 ครั้ง (นิทสันและคณะ, 2547) ด้วยเครื่องกะเทาะมาตรฐาน Satake และ เครื่องกะเทาะที่ผลิตในประเทศ 2 เครื่อง ด้วยระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 0.10 มิลลิเมตร โดยใช้ระยะห่างตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 มิลลิเมตรทั้ง 3 เครื่อง ในการกะเทาะข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์ ใช้จำนวนตัวอย่างแต่ละระยะห่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 18 ตัวอย่างต่อพันธุ์ต่อเครื่อง แล้วทำการชั่งน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด ข้าวกล้องหัก และแกลบของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ได้จากการกะเทาะของแต่ละเครื่อง

1.2 การขัดขาวด้วยเครื่องขัดขาวที่แตกต่างกัน ใช้ตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะที่ระยะห่างที่เหมาะสมของข้าวทั้ง 3 พันธุ์และแต่ละเครื่องกะเทาะ เพื่อนำไปผ่านการขัดสีด้วยเครื่องขัดขาวข้าวกล้องมาตรฐาน Satake และเครื่องขัดขาวข้าวกล้องที่ผลิตในประเทศ 2 เครื่อง ผ่านการคัดขนาดข้าวสารแล้วทำการชั่งน้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวขาวหัก และรำของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ได้จากการขัดสีของแต่ละเครื่อง

1.3 เปรียบเทียบผลจากเครื่องกะเทาะและเครื่องขัดสีคุณภาพข้าวมาตรฐานกับเครื่องที่ผลิตในประเทศ เพื่อหาความสามารถในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องที่ผลิตในประเทศที่ใกล้เคียงเครื่องมาตรฐาน โดยมีค่าชี้คือ ร้อยละข้าวขาวเต็มเมล็ด ร้อยละข้าวขาวรวม และความขาวข้าวสาร

2. การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร ประกอบด้วย

2.1 การกะเทาะข้าวเปลือก ในขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกนี้ ใช้เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกที่ผลิตภายในประเทศที่สอบเทียบกับเครื่องมาตรฐานมากที่สุดโดยใช้ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่เหมาะสมเพียงระยะห่างเดียว ทำการกะเทาะข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ๆ ละ 5 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ เพื่อนำข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะไปขัดขาวต่อไป

2.2 การขัดขาวข้าวกล้อง ข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ที่ผ่านการกะเทาะเปลือกไปขัดขาวด้วยเครื่องที่ผลิตภายในประเทศโดยกำหนดระดับการขัดสีไว้ 6 ระดับคือ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที

2.3 คัดขนาดข้าวขาวเพื่อคัดแยกข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวขาวหัก และวัดค่าความขาว

2.4 เก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นเวลา 10 เดือน โดยตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสารเป็นระยะคือ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 4 และ 10 เดือน

2.5 การตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดความขาวข้าวสาร การวัดความต้านทานแรงกดและแรงดัดของข้าวสาร การวัดความแข็งของข้าวสุก ระยะเวลาการหุงต้ม พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขัดสีและการหุงต้ม

2.6 การตรวจวัดสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติกลิ่นหืนของข้าวสาร

2.7 วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร

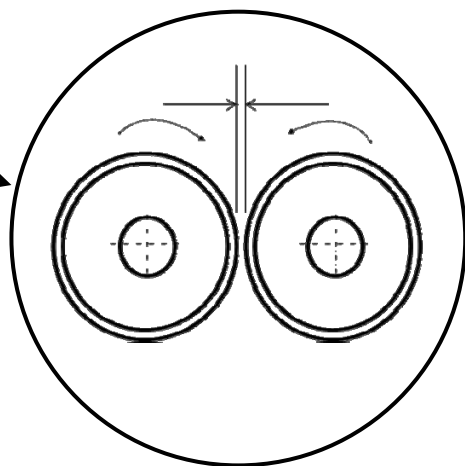
3. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ข้างต้น จึงได้ทำกาวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปอภิปรายผลการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วิเคราะห์ทางกายภาพของเมล็ดข้าวเปลือก ได้แก่ การวัดขนาดมิติของข้าวเปลือกและข้าวกล้องด้วยเกจวัดขนาดเมล็ด ดังภาพประกอบที่ 11 เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของข้าวแต่ละพันธุ์ที่นำมาทดสอบ เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณากำหนดระยะของลูกยางกะเทาะ ดังภาพประกอบ 12 ให้สัมพันธ์กับการกะเทาะเปลือกออกจากเมล็ดข้าว และเพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของเมล็ดเฉลี่ยที่ใช้ในการทดสอบ ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) และค่าความแปรปรวนของผลการทดสอบ (Analysis of variance) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95



ภาพประกอบ 11 เกจวัดขนาดมิติของเมล็ดข้าว (Teclock รุ่น SM-112)



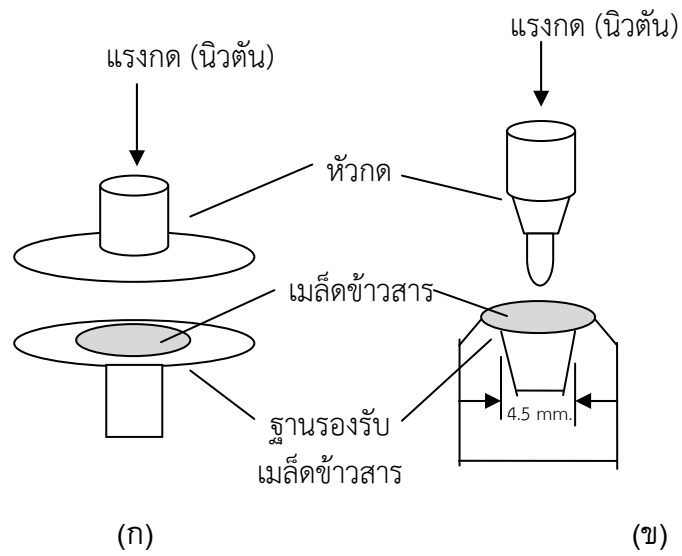
ภาพประกอบ 12 แสดงการกำหนดระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกของ
เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

3.2 วิเคราะห์ผลการกะเทาะของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ จากเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ผลการกะเทาะเป็นร้อยละของข้าวกล้องเต็มเมล็ดและข้าวกล้องหัก จากสมการ 1 และ 2 โดยคำนวณผลได้ข้าวกล้อง (Brown rice yield) และผลได้ข้าวกล้องหัก (Broken rice yield) ดังนี้

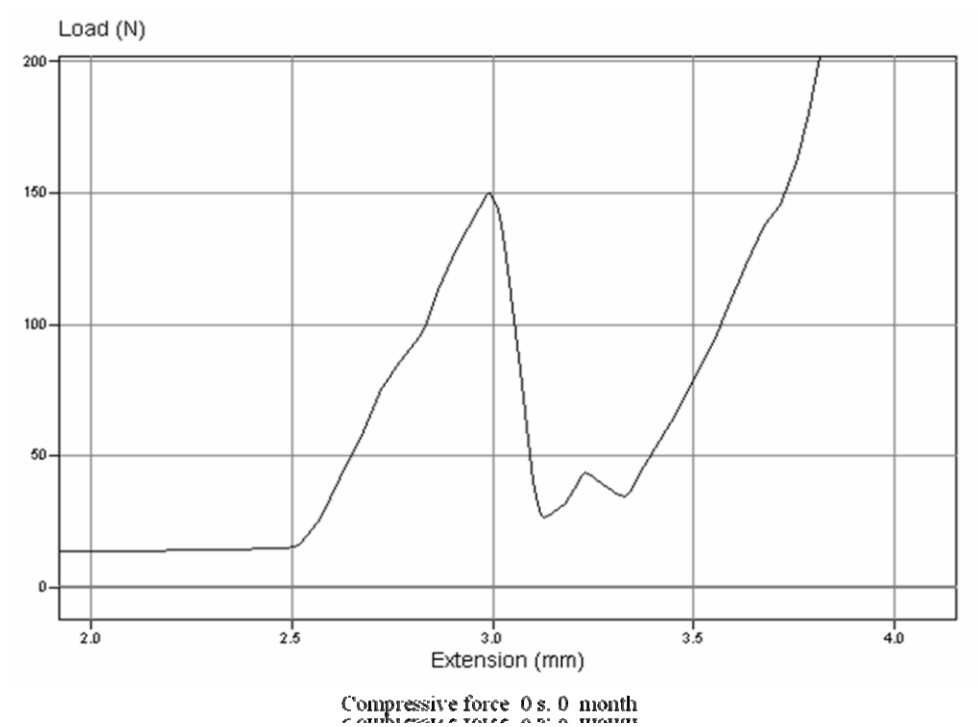
$$\begin{aligned} \text{ผลได้ข้าวกล้อง(\%)} &= \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องที่กะเทาะ} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \\ (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลได้ข้าวกล้องหัก(\%)} &= \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องหัก} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \quad (2) \end{aligned}$$

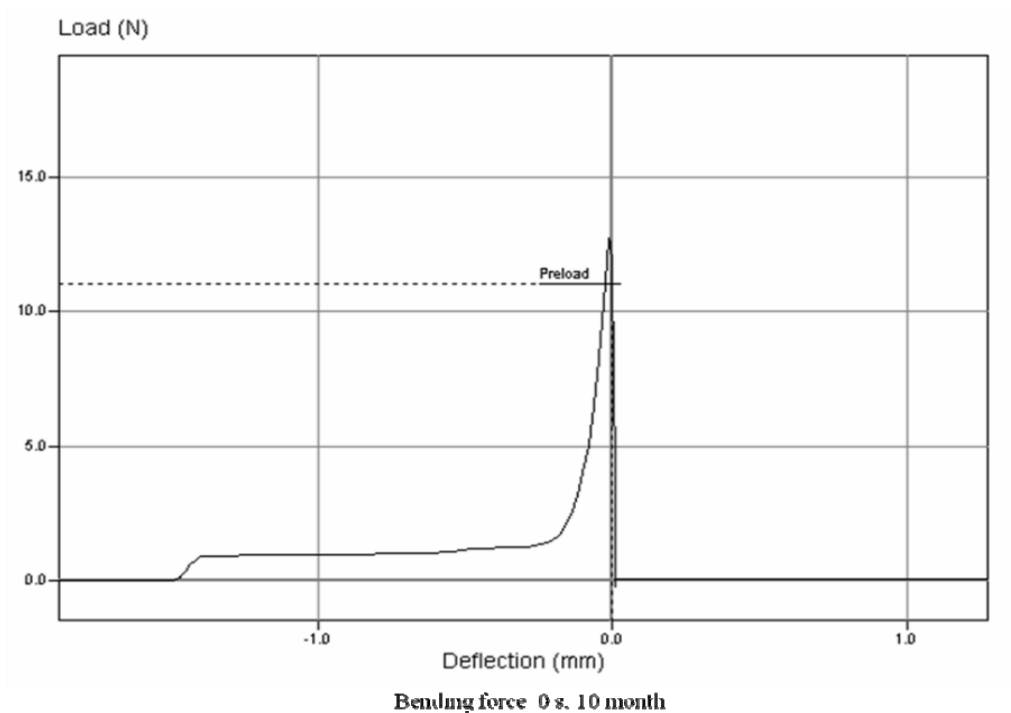
3.3 วิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเมล็ดที่ผ่านเครื่องกะเทาะโดยการใช้เครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดและแรงดัด เพื่อศึกษาผลกระทบระยะเวลาการขัดขาวและระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีต่อความต้านทานแรงกดและแรงของเมล็ดข้าวกล้อง และข้าวสารที่ขัดสีที่ระดับการขัดสีต่าง ๆ (ภาพประกอบ 13 ถึง 15) การทดสอบความต้านทานแรงกดและแรงดัดของเมล็ดข้าว จากภาพประกอบ 13 (ก) การทดสอบความต้านทานแรงกดโดยเครื่องทดสอบแรงกดที่มีขนาดหัวกดและฐานรองรับมาตรฐาน 100 มิลลิเมตร ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดสูงสุดของเมล็ดแสดงได้ดังภาพประกอบ 28 และการทดสอบความต้านทานแรงดัดโดยเครื่องทดสอบแรงดัดที่มีขนาดแท่งหัวกดและฐานรองรับแบบ 2 จุด ที่ระยะห่างฐานรองรับ 4.5 มิลลิเมตร เพื่อให้เกิดการดัดจนเมล็ดแตกหัก ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดสูงสุดของเมล็ดแสดงได้ดังภาพประกอบ 15 การทดสอบความต้านทานแรงกด และแรงดัดของเมล็ดข้าวสารและข้าวสุก ในการทดสอบแรงกด (Compressive force) และ แรงดัด (Bending force) เพื่อทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสารและข้าวสุก สำหรับข้าวสาร การทดสอบแรงกดโดยการสุมตัวอย่างเมล็ดข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ โดยแต่ละพันธุ์ประกอบไปด้วยระดับการขัดขาวตั้งแต่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสาร 0 2 4 6 8 และ 10 เดือน โดยแต่ละระดับและแต่ละเดือนจะใช้อย่างจำนวน 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง วัดค่าแรงกดด้วยเครื่องทดสอบวัสดุ โดยวิเคราะห์จากจุดวิกฤต (Yield point) ที่ทำให้เมล็ดข้าวสารเริ่มแตกหัก ส่วนแรงดัดที่ทำให้เมล็ดแตกหักนั้น ดำเนินการสุมตัวอย่างและทดสอบคล้ายกันกับแรงกด สำหรับข้าวสุกในการทดสอบโดยการวัดค่าแรงกดเพียงอย่างเดียวเพื่อวัดค่าความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสุกต่อแรงกด



ภาพประกอบ 13 การทดสอบความต้านทานแรงกด (ก) และแรงดัด (ข) ที่ทำให้เมล็ดข้าวสารแตกหัก



ภาพประกอบ 14 ผลการทดสอบความต้านทานแรงกด (Compressive Force) ที่ทำให้เมล็ดข้าวสารแตกหัก



ภาพประกอบ 15 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Force) ที่ทำให้เมล็ดข้าวสารแตกหัก

3.4 วิเคราะห์ผลจากการขัดสีที่ระดับการขัดสีต่าง ๆ ของข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ จากเครื่องขัดขาวที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ผลอยู่ในรูปของ ผลได้ข้าวสาร (Milling yield) และผลได้ต้นข้าว (Head rice yield) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (3) และ (4) เพื่อหาระดับการขัดสีที่เหมาะสมของแต่ละพันธุ์โดยเปรียบเทียบกับทั้ง 3 เครื่อง โดยวิธีทางสถิติ

$$\text{ผลได้ข้าวสาร (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสาร}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{ผลได้ต้นข้าว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักต้นข้าว}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (4)$$

3.5 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของข้าวที่ผ่านระดับการขัดสีต่าง ๆ และผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ผลจากข้าวสารก่อนผ่านกระบวนการสีข้าว ข้าวสารภายหลังผ่านกระบวนการสีข้าว และข้าวที่ผ่านการหุงสุก โดยพิจารณาองค์ประกอบของไขมันและความชื้น ที่สัมพันธ์กันของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์

วิธีทดสอบและวิเคราะห์ผลทางเคมี โดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ โดยแต่ละพันธุ์ประกอบไปด้วยระดับการขัดขาวตั้งแต่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสาร 0 1 2 4 6 8 และ 10 เดือน โดยแต่ละระดับและแต่ละเดือนจะใช้อ้อยจำนวน 6 ซ้ำต่อตัวอย่าง ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเคมี เพื่อหาค่าประกอบ TBA Value (Thiobarbituric acid)และ OD (Oxidize) ของตัวอย่างข้าวสาร ซึ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน

3.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ของกระบวนการสีข้าวและหุงต้ม ต่อสมบัติทางกายภาพของข้าวสาร และ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารที่เหมาะสมต่อการบริโภค และการจัดการพลังงาน

วิธีทดสอบและวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ และพลังงานรวม โดยวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือก การขัดขาว และการคัดขนาดข้าวสารจากตัวอย่างข้าวทั้ง 3 พันธุ์ โดยแต่ละพันธุ์ประกอบไปด้วยระดับการขัดขาวตั้งแต่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสาร 0 1 2 4 6 8 และ 10 เดือน และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการหุงต้มสุกของแต่ละตัวอย่างด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ขนาด 530 วัตต์ (220 V. 50 Hz) และวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย วัดมิเตอร์ ขนาด 5 แอมป์ (220 V. 1 phase @ 1,200 rev/kWh)

ผลการทดลอง

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์จึงได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน และการทดสอบเพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกลและทางเคมีของข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน โดยการกะเทาะเปลือกและขัดขาวข้าวด้วยเครื่องที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่องกะเทาะมาตรฐาน Satake และ เครื่องกะเทาะที่ผลิตในประเทศ 2 เครื่อง โดยใช้ระยะห่างตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 มิลลิเมตรทั้ง 3 เครื่อง แล้ววิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบผลจากเครื่องกะเทาะและขัดสีเครื่องสีตรวจสอบคุณภาพข้าวมาตรฐานกับเครื่องที่ผลิตในประเทศ เพื่อหาความสามารถในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องที่ผลิตในประเทศที่ใกล้เคียงเครื่องมาตรฐาน โดยมีค่าชี้คือ เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวเต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวรวม และความขาวข้าวสาร

2. การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร โดยการกะเทาะข้าวเปลือกและขัดขาวด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกที่ผลิตภายในประเทศที่เทียบกับเครื่องมาตรฐานมากที่สุดโดยใช้ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่เหมาะสมเพียงระยะห่างเดียว ทำการกะเทาะข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ๆ และขัดขาวข้าวกล้อง ข้าวกล้องด้วยเครื่องที่ผลิตภายในประเทศที่ระดับการขัดสี 6 ระดับคือ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที แล้วคัดขนาดข้าวขาวเพื่อคัดแยกข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวขาวหัก และวัดค่าความขาว เก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นเวลา 10 เดือน และตรวจสอบสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของข้าวสารเป็นระยะ ได้แก่ การวัดความขาวข้าวสาร การวัดความแข็งของข้าวสาร และการวัดความอ่อนนุ่มของข้าวสุก การตรวจวัดสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลื่นหีนของข้าวสารและข้าวสุก และรสชาติของข้าวสุก วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสารตั้งแต่เริ่มต้นของข้าวคือก่อนกระบวนการสีข้าว และภายหลังเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสีข้าวและการเก็บรักษา

3. การทดสอบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ของกระบวนการสีข้าวและหุงต้มสมบัติทางกายภาพของข้าวสาร และ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารที่เหมาะสมต่อการบริโภคและการจัดการพลังงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน

จากผลการศึกษาขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก ศึกษาขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก ใช้ตัวอย่างพันธุ์ข้าวเปลือก 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ กข.15 โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์จำนวนพันธุ์ละ 500 เมล็ด เพื่อทำการวัดขนาดความกว้าง ความหนาและความยาวของเมล็ดข้าวเปลือก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ได้ดังนี้ ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีขนาดความยาว ความกว้าง และ ความหนาของเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 10.70 2.59 และ 1.99 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.82 2.63 และ 2.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ และ สำหรับข้าวเปลือกพันธุ์ กข. 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.99 2.91 และ 2.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์แล้วพบว่า เมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 จะมีขนาดขนาดความยาวเฉลี่ยค่อนข้างมากกว่าทุก ๆ พันธุ์ที่นำมาทดสอบแต่จะยาวมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาความกว้างและความหนาเฉลี่ยของเมล็ดข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ กข. 15 จะมีขนาดความ

กว้างและความหนามากกว่าทั้ง 2 พันธุ์อย่างเห็นได้ชัด โดยที่พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ชัยนาท 1 มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ความยาว ความกว้าง และ ความหนาเฉลี่ย ของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข.15

พันธุ์	ความยาว (มม.)		ความกว้าง (มม.)		ความหนา (มม.)		Aspect Ratio	
	ข้าว		ข้าว		ข้าว		ข้าว	
	เปลือก	สาร	เปลือก	สาร	เปลือก	สาร	เปลือก	สาร
ข้าวดอกมะลิ 105	10.70±0.44a	7.14±0.58a	2.59±0.09a	2.25±0.11a	1.99±0.07a	1.85±0.08a	4.13	3.30
ชัยนาท 1	10.82±0.69a	7.15±0.77a	2.63±0.11a	2.33±0.11a	2.02±0.07a	1.91±0.09a	4.11	3.14
กข. 15	9.99±0.44b	6.65±0.70b	2.91±0.15b	2.28±0.13a	2.12±0.13b	1.87±0.10a	3.43	3.02

หมายเหตุ a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบการทดสอบเพื่อสอบเทียบเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน จากตารางที่ 5 แสดงผลการกะเทาะข้าวเปลือกและการขัดขาวข้าวกล้องด้วยเครื่องตรวจสอบข้าวที่ผลิตภายในประเทศ (Thai-1 และ Thai-2) จากตารางผลการทดสอบกะเทาะข้าวเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 3 ระดับ คือ 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิเมตร และขัดขาวข้าวกล้องที่ระยะเวลา 25 วินาที พบว่า ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่มากขึ้นมีผลกระทบต่อร้อยละต้นข้าวของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ลดลงของทั้ง 3 เครื่อง ที่มีแตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แล้วพบว่าเครื่อง Thai-2 และเครื่อง Satake มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความขาวของข้าวสารของทั้ง 3 พันธุ์ ที่ได้จากการกะเทาะและขัดขาวของทั้ง 3 เครื่อง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในการพิจารณาร้อยละต้นข้าวที่ได้ของทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า แนวโน้มต้นข้าวจะมีค่าสูงสุดเมื่อให้ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร โดยมีค่าความขาวข้าวสารและร้อยละการแตกหักของข้าวสารไม่สูงมากนัก และยังพบว่า ขนาดความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวเปลือกที่มากขึ้นมีผลต่อร้อยละของต้นข้าวที่ได้ของแต่ละเครื่องสูงตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบผลจากการทำงานของเครื่องทั้ง 3 เมื่อทดสอบกับข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ปรากฏว่า เครื่อง

Thai-1 ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐาน Satake โดยพิจารณาเปรียบผลของข้าวสารรวม ต้นข้าว และความขาวข้าวสาร พบว่า ข้าวสารรวมและต้นข้าว มีความแตกต่างทางสถิติเพียงเล็กน้อย ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบเครื่อง Thai-2 กับ Satake กลับมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างชัดเจน ดังนั้น สำหรับการทดสอบในตอนต่อไป ลำดับต่อไป จะเลือกใช้เครื่องสีตรวจสอบข้าว Thai-1 ที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับขนาดมิติของข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละข้าวกล็อง ข้าวสารรวม ต้นข้าว ข้าวสารหัก และ ความข้าวขาวสารเฉลี่ย ของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข.15 จาก การสีด้วยเครื่องสี 3 แบบ

ชนิดเครื่องสีข้าว	ระยะห่างลูก	ข้าวดอกมะลิ 105 (ร้อยละ)					ชัยนาท 1 (ร้อยละ)					กข. 15 (ร้อยละ)				
	อย่างกะเพาะ (มม)	ข้าวกล็อง	ข้าวสารรวม	ต้นข้าว	ข้าวสารหัก	ความขาว	ข้าวกล็อง	ข้าวสารรวม	ต้นข้าว	ข้าวสารหัก	ความขาว	ข้าวกล็อง	ข้าวสารรวม	ต้นข้าว	ข้าวสารหัก	ความขาว
Thai 1	0.6	75.02a	69.15a	48.84b	20.31c	44.27ab	77.00a	69.18a	47.04d	22.13c	43.13b	82.02a	71.07a	47.29abc	23.78a	43.10cd
	0.8	74.40ab	68.61ab	48.81b	19.79c	44.27ab	76.87a	69.14a	47.94c	21.20d	43.07ab	81.66a	71.21a	49.36a	21.85ab	42.70d
	1.0	74.36b	68.25b	48.60b	19.65c	43.10b	77.13a	69.15a	47.10d	22.05c	43.67ab	81.00b	70.00b	48.37abc	21.62b	43.33cd
Sa Ta ke	0.6	72.88d	62.99f	47.65c	15.34d	45.20a	73.40e	66.00c	49.51b	16.49e	45.10a	73.51e	67.86c	48.03abc	18.54cd	44.63ab
	0.8	73.66c	66.52c	50.35a	16.17d	44.87a	74.69c	67.10b	50.65a	16.45e	44.57ab	73.48e	65.92d	49.31ab	17.89d	45.13a
	1.0	73.69c	64.93d	48.91b	16.02d	45.27a	73.97d	66.13c	49.09b	17.04e	45.03a	73.92e	65.13d	49.23abc	15.91e	45.17a
Thai 2	0.6	72.87d	66.86c	43.77d	23.09b	44.07ab	75.50b	67.41b	39.35e	28.06b	43.67b	74.88d	67.70c	47.11c	20.59b	44.07bc
	0.8	73.75bc	64.42e	41.92e	22.50b	43.10b	77.08a	67.46b	38.15f	29.31a	44.37ab	75.93c	67.59c	47.18bc	20.41bc	44.03bc
	1.0	72.49d	65.61d	40.70f	24.91a	43.43b	76.93a	68.40a	39.01e	29.40a	43.93b	76.08c	67.04c	44.66d	22.38ab	43.87bc

หมายเหตุ a,b,c,d,e,f ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสี และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร

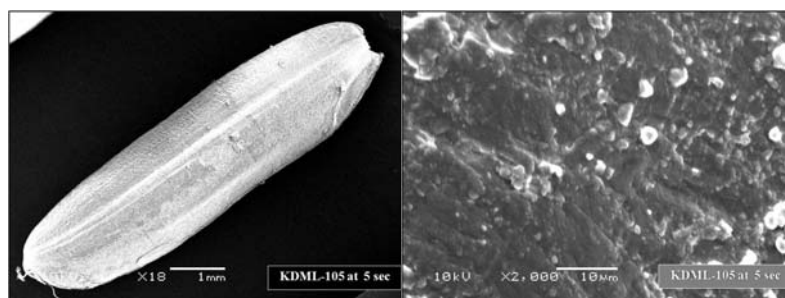
ผลการศึกษาในตอนที่ 1 ขั้นตอนการกะเทาะจะใช้ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะที่เหมาะสมคือ 0.8 มิลลิเมตร เครื่องสีตรวจสอบข้าว Thai-1 เพื่อขัดขาวข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ โดยใช้เวลาในการขัดขาวไว้ 6 ระดับ คือที่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ตัวอย่างข้าวเปลือกตัวอย่างละ 250 กรัม ผ่านเครื่องกะเทาะ 2 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละของข้าวสารรวม ข้าวสารเต็มเมล็ด ข้าวสารหัก และความขาวข้าวสารเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข.15 ที่ระยะเวลาขัดขาว 0 - 25 วินาที

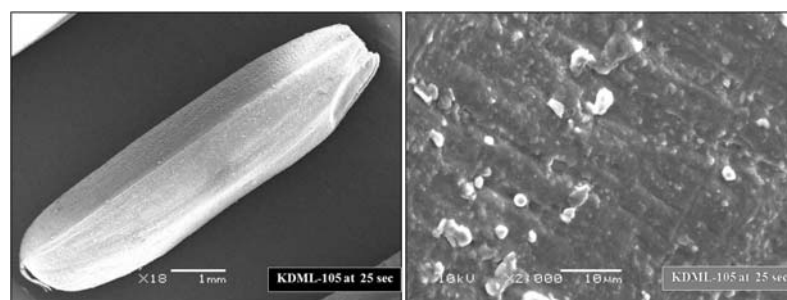
พันธุ์	เวลาในการ (วินาที)	ข้าวสาร (ร้อยละ)	ต้นข้าว (ร้อยละ)	ข้าวหัก (ร้อยละ)	ความขาว ข้าวสาร	รำ (ร้อยละ)
ขาวดอก มะลิ 105	0	71.76±0.32a	58.89±0.23a	12.88±0.23b	25.13±0.06a	0
	5	71.38±0.22a	56.95±0.57b	14.43±0.57ab	27.97±0.15b	4.83
	10	70.13±0.32b	55.03±0.20c	15.10±0.20a	32.47±0.15c	6.49
	15	68.38±1.53c	53.82±1.09cd	14.56±1.09a	35.20±0.17d	8.83
	20	67.73±0.20d	52.34±0.18de	15.39±0.18a	37.27±0.06e	9.70
	25	66.65±1.49e	51.21±1.75e	15.44±1.75a	39.80±0.00f	11.13
ชัยนาท 1	0	72.34±0.57a	65.38±0.29a	6.96±0.29c	27.07±0.25a	0
	5	71.22±1.23a	64.11±0.41a	7.11±0.41c	27.03±0.38a	5.04
	10	69.22±1.23b	60.07±0.46a	8.52±0.46b	35.13±0.12b	7.71
	15	67.32±1.72c	59.29±0.60b	8.03±0.60b	37.27±0.12c	10.25
	20	66.60±1.29c	58.37±1.00bc	8.23±0.33b	39.63±0.12d	10.53
	25	66.60±0.32c	56.58±0.75c	10.02±0.75a	41.57±0.12e	11.20
กข. 15	0	72.69±0.43a	63.14±0.49a	9.55±0.49d	25.77±0.15a	0
	5	71.96±1.02ab	61.56±1.15b	10.40±1.15d	27.10±0.10b	4.06
	10	71.48±0.87b	58.42±0.49c	13.05±0.49c	28.80±0.10c	4.70
	15	69.37±0.30c	55.91±0.22de	13.46±0.22c	31.77±0.12d	7.51
	20	68.03±0.31d	53.46±0.48e	14.57±0.48b	37.33±0.35e	9.29
	25	66.81±0.44e	50.83±0.43f	15.98±0.43a	39.97±0.15f	10.92

หมายเหตุ a,b,c,d,e,f ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบขัดขาวที่ 0 ถึง 25 วินาที ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ร้อยละข้าวสารรวมและต้นข้าวลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการขัดขาวที่มากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าความขาวข้าวสารพบว่า มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาขัดขาวที่มากขึ้น เมื่อใช้เวลาในการขัดขาวตั้งแต่ 0 ถึง 25 วินาที โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในทุก ๆ เวลาการขัดขาว จากภาพประกอบ 16 ถึง 18 เมื่อพิจารณาจากผิวของเมล็ดข้าวสารของทุก ๆ พันธุ์ จากภาพขยาย (X 2,000) ที่เปรียบเทียบระหว่างเวลาขัดขาว 5 วินาที กับ 25 วินาที ซึ่งเห็นการเปลี่ยนแปลงของผิวเมล็ดชั้นนอกที่ถูกขัดสีชั้นรำออกไปจนเรียบขึ้น จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาร้อยละต้นข้าวและค่าความขาวข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ที่เวลาในการขัดขาว 10 ถึง 15 วินาที จะให้ร้อยละของต้นข้าวความขาวที่ยอมรับได้ (> 50 และ > 35.0 ตามลำดับ) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการที่มีอยู่ที่ชั้นรำที่ถูกขัดสีออกประมาณ 6 – 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็ยังคงคุณค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้เมื่อใช้เวลาขัดขาวที่มากขึ้น

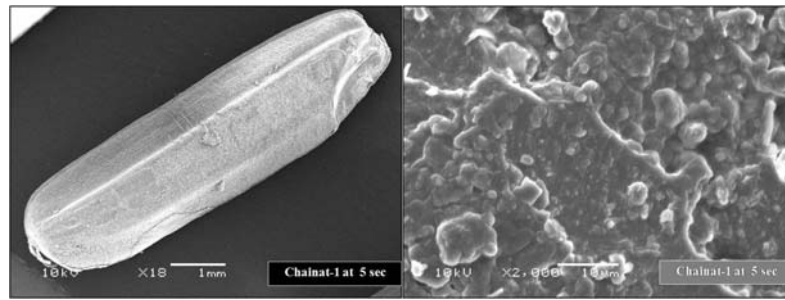


(ก) พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เวลาขัดขาว 5 วินาที

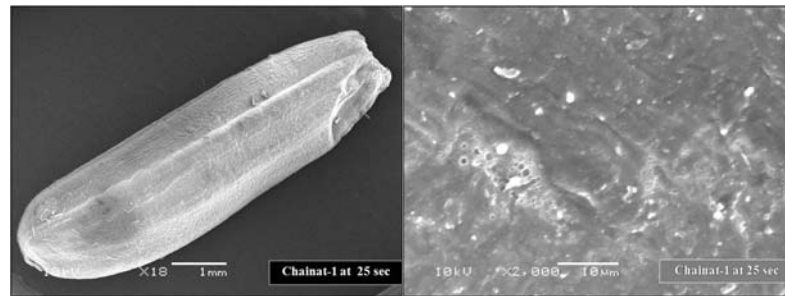


(ข) พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เวลาขัดขาว 25 วินาที

ภาพประกอบ 16 ลักษณะผิวของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากการขัดขาวที่ระยะเวลา 5 วินาที (ก) และ 25 วินาที (ข)

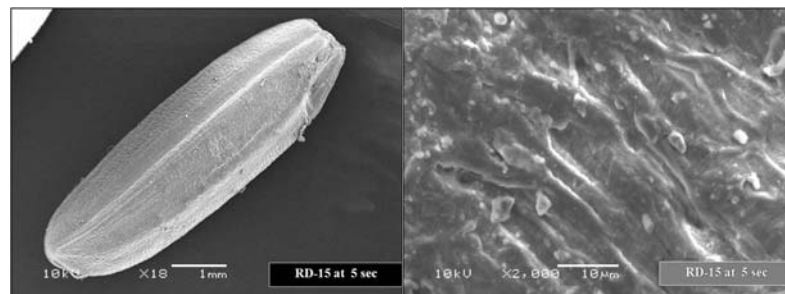


(ก) พันธุ์ชัยนาท 1 ที่เวลาขัดขาว 5 วินาที

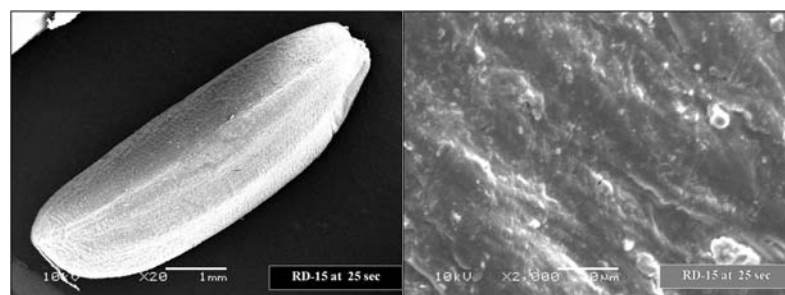


(ข) พันธุ์ชัยนาท 1 ที่เวลาขัดขาว 25 วินาที

ภาพประกอบ 17 ลักษณะผิวของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 จากการขัดขาว
ที่ระยะเวลา 5 (ก) และ 25 วินาที (ข)



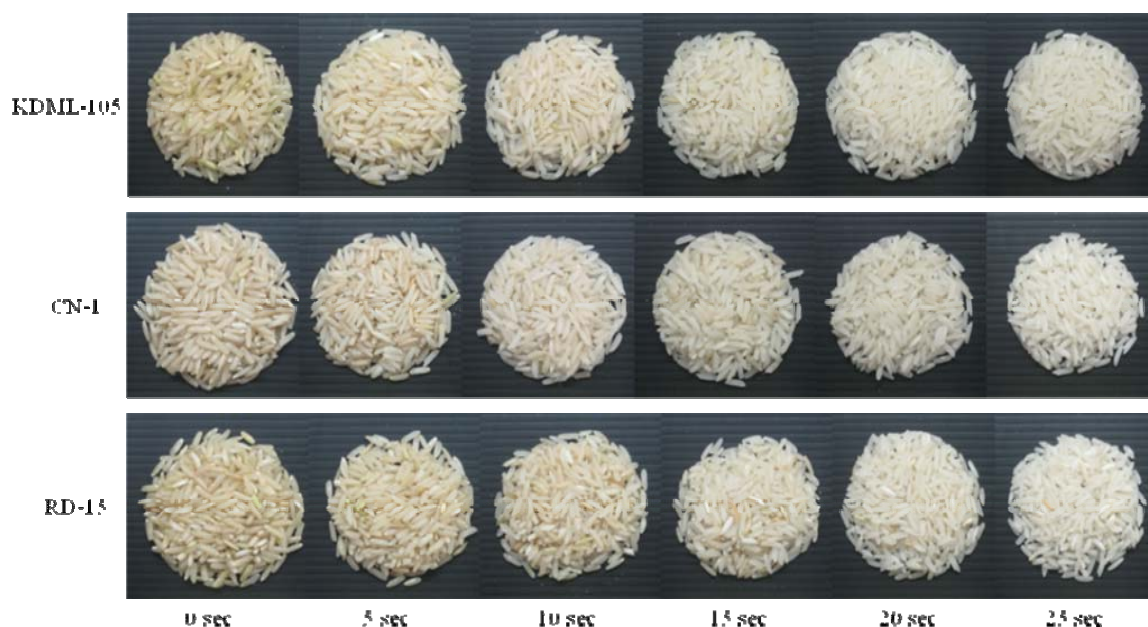
(ก) พันธุ์กข. 15 ที่เวลาขัดขาว 5 วินาที



(ข) พันธุ์กข. 15 ที่เวลาขัดขาว 25 วินาที

ภาพประกอบ 18 ลักษณะผิวของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ กข. 15 จากการขัดขาว
ที่ระยะเวลา 5 (ก) และ 25 วินาที (ข)

ตารางที่ 4 แสดงค่าความขาวของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และ พันธุ์กข.15 ที่เก็บรักษาตั้งแต่ 0 ถึง 10 เดือน จากการใช้เวลาขัดขาวตั้งแต่ 0 ถึง 25 วินาที ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเพิ่มเวลาการขัดขาวข้าวเพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวสารมีความขาวเพิ่มมากขึ้น (ภาพประกอบ 19) เนื่องจากการขัดขาวได้ทำการขัดเอาส่วนของชั้นรำที่ห่อหุ้มเมล็ดออกไป ซึ่งชั้นรำดังกล่าวจะมีสีน้ำตาลเมื่อถูกขัดออกมากก็จะเห็นเมล็ดข้าวที่เป็นชั้นแป้งสีขาว แต่จากการขัดสีเอารำออกไปมาก สิ่งก็ตามมาก็คือ ชั้นรำที่เป็นคุณค่าทางอาหารและวิตามินต่าง ๆ ก็จะถูกกำจัดออกไปด้วยเช่นกัน และเมื่อเก็บข้าวสารไว้เป็นเวลานานก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้น ทำให้สีของเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนไป



ภาพประกอบที่ 19 เมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข.15 จากการขัดขาวที่ระยะเวลาตั้งแต่ 0 ถึง 25 วินาที

ตารางที่ 4 ความขาวข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข.15 ที่เก็บรักษา ตั้งแต่ 0 ถึง 10 เดือน จากการขัดขาวที่ระยะเวลาตั้งแต่ 0 ถึง 25 วินาที

พันธุ์	เวลาในการ ขัดขาว (วินาที)	ความขาวข้าวสาร (Whiteness)					
		0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน
ขาวดอก มะลิ 105	0	25.13±0.06a	25.80±0.26bc	27.03±0.31e	26.77±0.15de	29.97±0.21f	26.63±0.21d
	5	27.97±0.15a	30.03±0.12c	30.23±0.06c	30.63±0.06de	31.80±0.26e	31.80±0.26e
	10	32.47±0.15a	34.03±0.06d	34.30±0.20d	35.37±0.32ef	34.83±0.06e	35.03±0.31f
	15	35.20±0.17a	37.20±0.26cd	37.03±0.06c	37.53±0.25d	36.57±0.06b	37.93±0.21e
	20	37.27±0.06a	39.07±0.15c	39.03±0.21c	39.23±0.23cd	38.53±0.12b	39.47±0.25d
	25	39.80±0.00b	39.87±0.06bc	40.30±0.26c	39.13±0.12a	38.90±0.44b	40.30±0.20c
ชัยนาท 1	0	27.07±0.25a	26.87±0.06a	28.17±0.12b	29.03±0.23cd	28.27±0.12b	30.07±0.12d
	5	27.03±0.38a	30.87±0.06bc	31.57±0.12de	32.37±0.21f	30.60±0.17b	35.17±0.67g
	10	35.13±0.12a	35.43±0.21ab	35.23±0.21a	36.40±0.17d	35.93±0.06c	38.72±0.20e
	15	37.27±0.12a	38.37±0.06c	37.93±0.32b	39.63±0.15de	39.77±0.06e	39.33±0.06d
	20	39.63±0.12cd	40.13±0.15e	39.53±0.06c	39.10±0.26b	40.17±0.40e	40.00±0.10de
	25	41.57±0.12c	42.33±0.15d	40.23±0.25b	40.83±0.06b	40.83±0.06b	40.40±0.20ab
กข. 15	0	25.77±0.15a	27.43±0.12d	26.97±0.31c	26.93±0.06cd	28.27±0.15e	28.77±0.06f
	5	27.10±0.10a	29.20±0.12c	30.70±0.31d	31.73±0.06ef	31.67±0.15e	32.03±0.06e
	10	28.80±0.10a	31.00±0.20b	33.43±0.12e	34.80±0.20f	37.13±0.15g	37.63±0.06h
	15	31.77±0.12a	36.03±0.06c	36.93±0.06e	35.57±0.15b	36.53±0.15d	37.20±0.10f
	20	37.33±0.35a	37.77±0.15b	38.20±0.10c	38.63±0.15d	38.07±0.15bc	38.80±0.17d
	25	39.97±0.15b	39.70±0.61b	39.03±0.23a	40.10±0.17b	39.83±0.32b	39.17±0.06a

หมายเหตุ a,b,c,de,f,g ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

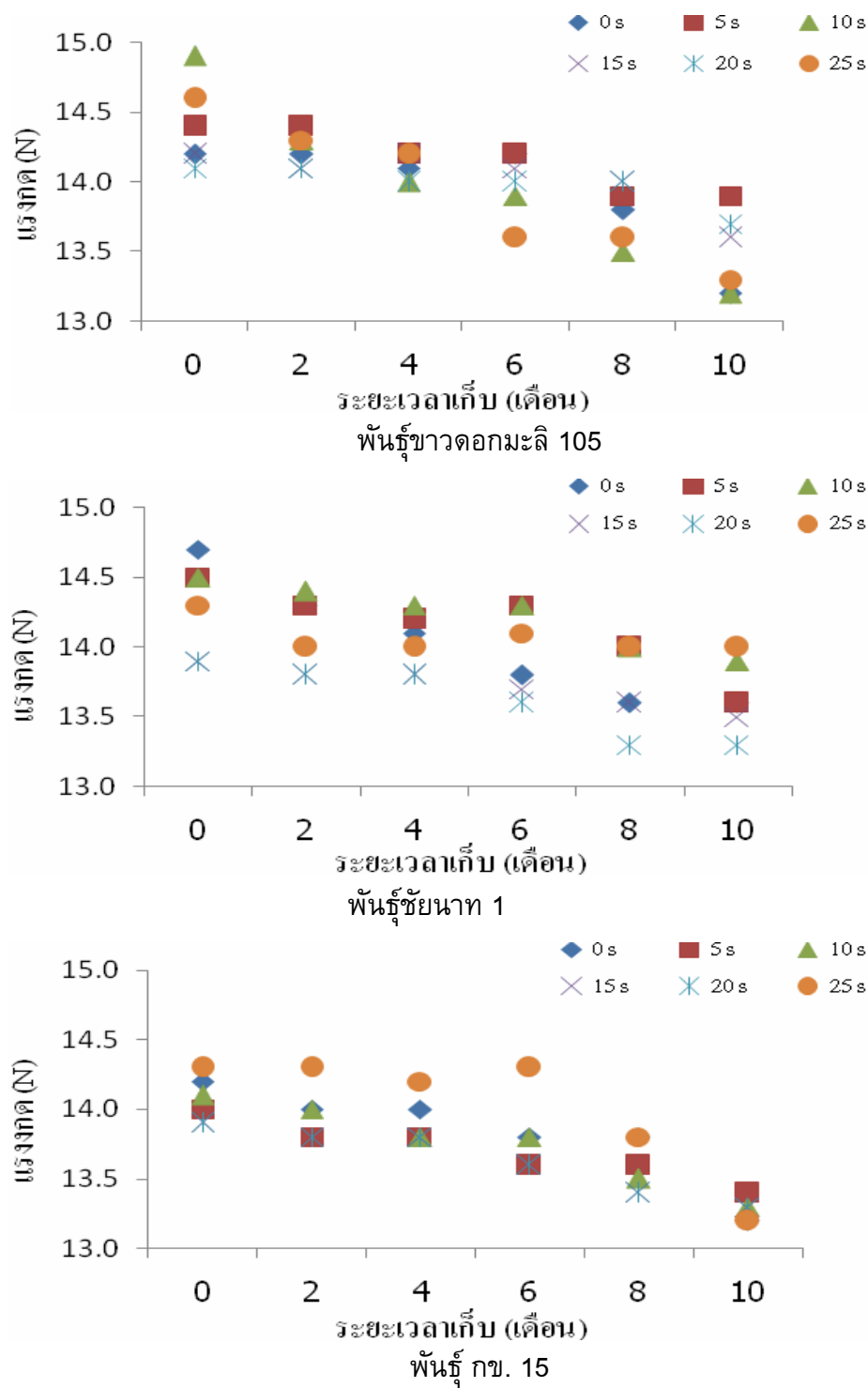
เมื่อพิจารณาความยาวเมื่อเก็บข้าวสารไว้นานขึ้น พบว่า ค่าความยาวข้าวสารของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย และเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาตั้งแต่ 2 เดือน เป็นต้นไป เพราะหลังขั้นตอนการขัดขาวไม่ได้ทำการขัดผิวมันขาวให้กับเมล็ด ทำให้ชั้นแบ่งที่ผิวของเมล็ดที่เกิดจากการขัดสีเริ่มเกิดการหลุดออกและปกคลุมผิวของเมล็ดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น จึงมีสีที่แตกต่างไปจากก่อนการเก็บรักษาไม่มากนัก (สังเกตด้วยตาเปล่าไม่ได้) ดังนั้นค่าความยาวในทุก ๆ ระดับการขัดสีเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน ก็จะพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความยาวทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความยาว ความกว้าง ความหนา และอัตราส่วนความกว้าง-ความยาว (Aspect Ratio) ของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข. 15 ก่อนการขัดขาว และหลังขัดขาว 25 วินาที

มิติ	ขาวดอกมะลิ 105		ชัยนาท 1		กข 15	
	0 sec	25 sec	0 sec	25 sec	0 sec	25 sec
ความยาวเฉลี่ย	7.56	7.14	7.51	7.15	7.16	6.65
ความยาว StdDev	0.51	0.58	1.01	0.77	0.65	0.70
ความกว้างเฉลี่ย	2.34	2.25	2.43	2.33	2.35	2.28
ความกว้าง StdDev	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13
ความหนาเฉลี่ย	2.01	1.85	2.07	1.91	2.04	1.87
ความหนา StdDev	0.11	0.08	0.12	0.09	0.12	0.10
Aspect Ratio	3.35	3.30	3.17	3.14	3.16	3.02

หมายเหตุ น้ำหนักข้าวสารเต็มเมล็ดตัวอย่างละ 20 กรัม ปริมาตร 22.98 มล.

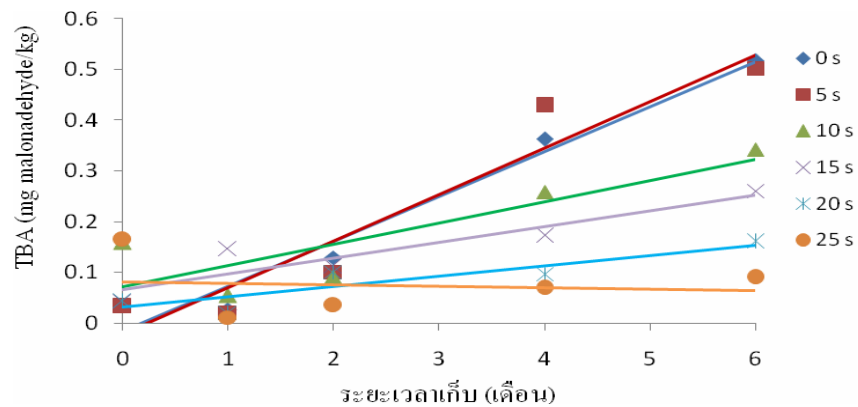
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านความแข็งของข้าวสุกระหว่างการเก็บรักษา ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ผู้วิจัยได้ทดสอบนำข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บรักษาไว้ที่เวลาต่าง ๆ ไปทดสอบความแข็งโดยหลังจากนำไปหุงสุก สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังภาพประกอบ 20



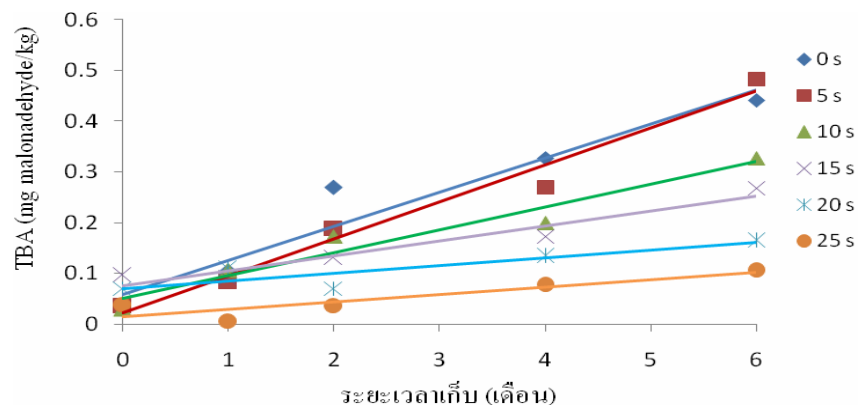
ภาพประกอบที่ 20 ความแข็งของข้าวสุก (Cooked rice) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105(ก) ชัยนาท 1 (ข) และ กข. 15 (ค) ที่เวลาหุงข้าว 0 ถึง 25 วินาที เมื่อเก็บรักษาระยะเวลา 0 ถึง 10 เดือน

จากภาพประกอบ 20 (ก) ถึง 20 (ค) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสุกและระยะเวลาเก็บรักษาข้าวสาร 0 ถึง 10 เดือน ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ กข. 15 ที่เวลาขัดขาว 0 ถึง 25 วินาที จากภาพนี้แสดงให้เห็นว่า แรงกดที่ทำให้ข้าวสุกแตกหักมีค่าสูงสุดเมื่อระยะเวลาเก็บรักษา 0 เดือน และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาเก็บรักษามากขึ้น และจะมีค่าต่ำสุดที่ระยะเวลา 10 เดือน สำหรับข้าวสุกของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แนวโน้มการลดลงของแรงกดที่ทำให้เมล็ดแตกหักค่อนข้างที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมออย่างชัดเจน แต่สำหรับพันธุ์ชัยนาท 1 ความลาดเอียงของแรงกดลดลงเพียงเล็กน้อย โดยค่าต่ำสุดจะมีค่าสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพียงเล็กน้อย ในขณะที่พันธุ์ กข. 15 กลับมีลักษณะคงที่ของแรงกดในช่วงระยะเวลาเก็บรักษา 0 ถึง 4 เดือน แต่หลังจากนั้นจึงค่อยลดลงจนค่าต่ำสุดใกล้เคียงกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากภาพประกอบทั้ง 3 พันธุ์แสดงให้เห็นว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานาน ๆ ส่งผลให้ความแข็งแรงของเมล็ดข้าวเมื่อนำไปหุงสุกลดลง สอดคล้องกันกับการลดความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสารจากการทดสอบดังที่กล่าวมาข้างต้น

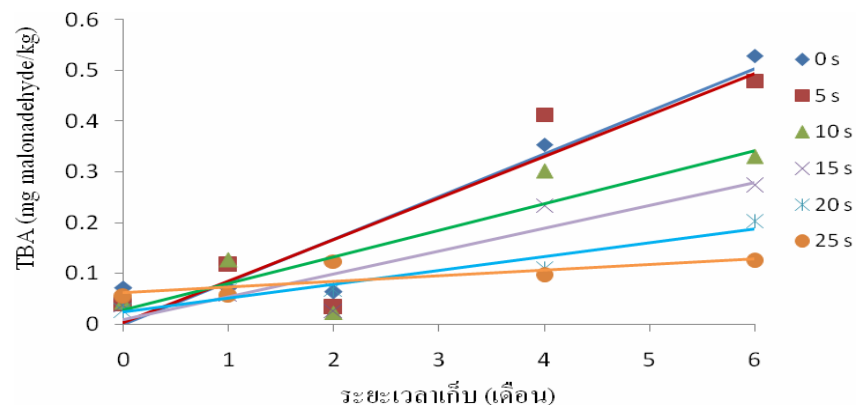
ในการเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานาน นอกจากระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของเมล็ดด้านความแข็งแรง สิ่งหนึ่งที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยก็คือการเกิดกลิ่นหืน ซึ่งเป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างชั้นรำที่มีองค์ประกอบของไขมันที่อยู่บริเวณผิวรอบนอกของเมล็ด ซึ่งจะหมดหรือลดลงไปเมื่อได้ผ่านขั้นตอนการขัดขาวของกระบวนการสีข้าว แต่เนื่องจากว่า การขัดสีเอาชั้นรำออกไปมากเพื่อให้ชั้นรำหมด ทำให้คุณค่าทางอาหารตลอดจนวิตามินต่าง ๆ ที่มีมากที่ชั้นรำ ถูกเอาออกไปด้วย ดังนั้น ความพยายามที่จะคงคุณค่าทางอาหารเอาไว้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ยังคงต้องการบริโภคข้าวที่มีลักษณะอ่อนนุ่มและเมล็ดมีสีขาว ได้มีการปรับเปลี่ยนโดยการลดปริมาณชั้นรำที่ถูกเอาออกลงโดยลดเวลาการขัดสี ก็จะช่วยเพิ่มในส่วนที่ขาดได้ แต่การที่คงชั้นรำไว้มากกลับส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวคือ เกิดกลิ่นหืนซึ่งเป็นการเกิดเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของไขมันกับบรรยากาศนั่นเอง เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นซึ่งเป็นสมบัติทางเคมีของข้าว จึงได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการในการหาการเกิดกลิ่นหืนของข้าวที่ผ่านการเก็บไว้เป็นเวลานาน ที่ระยะเวลาการขัดขาวที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ



(ก) พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105



(ข) พันธุ์ชัยนาท 1



(ค) พันธุ์ กข. 15

ภาพประกอบที่ 21 Thiobarbituric acid (TBA) number ของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (ก) ชัยนาท 1 (ข) และ กข. 15 (ค) ที่เวลาขัดขาว 0 ถึง 25 วินาที เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 ถึง 10 เดือน

ภาพประกอบ 21 (ก) ถึง 21 (ค) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารที่ 0 ถึง 6 เดือน ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ กข. 15 ซึ่งค่า TBA ที่เพิ่มสูงขึ้นแสดงถึงการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าวสารที่มีมากขึ้น จะทำให้เกิดกลิ่นหืนมากขึ้น จากภาพประกอบ 37 พบว่า เส้นแนวโน้มของค่า TBA ส่วนใหญ่ของข้าวสารที่ไม่ได้ขัดขาว และที่ผ่านการขัดขาวที่เวลาตั้งแต่ 5 วินาทีเป็นต้นไป ข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มที่มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่า TBA ของข้าวกล้องและข้าวที่ขัดขาวเพียง 5 วินาที จะมีความชันของเส้นค่อนข้างมากตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก็คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของข้าวทำให้มีกลิ่นหืนมากขึ้น แต่ความชันของเส้นแนวโน้มจะค่อยลดต่ำลงเมื่อระดับการขัดขาวที่นานขึ้น นั่นคือ การนำเอาชั้นรำออกไปมากขึ้นทำให้ค่า TBA มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก การเกิดกลิ่นหืนก็จะลดต่ำลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนของข้าวสาร จากภาพจะเห็นว่า ที่ระดับ 15 วินาที จะเริ่มมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาข้าวสารไว้หลายเดือน แต่ที่เวลาขัดขาว 20 ถึง 25 วินาที การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนก็จะมีน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นเวลานาน 10 เดือน

ตอนที่ 3 การทดสอบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ของกระบวนการสีข้าว และหุงต้ม สมบัติทางกายภาพของข้าวสาร และ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารที่เหมาะสมต่อการบริโภคและการจัดการพลังงาน

พลังงานที่ใช้สำหรับการสีข้าวตั้งแต่ขั้นการกะเทาะ ขัดขาว และคัดขนาดข้าวสารเพื่อบริโภคในแต่ละระดับการขัดขาว จากตารางที่ 6 แสดงพลังงานที่ใช้สำหรับขั้นตอนการสีข้าว ทั้ง 3 พันธุ์ที่ได้กำหนดเวลาในขั้นตอนการกะเทาะ ขัดขาว และคัดขนาดที่เท่ากัน โดยพบว่า ในขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกจะใช้พลังงานที่มากที่สุด คือ 0.0497 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือกในทุก ๆ ระดับการขัดขาว แต่สำหรับขั้นตอนการขัดขาวข้าวกล้องนั้น พลังงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการขัดขาวสูงขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดที่เวลาขัดขาว 5 วินาทีเท่ากับ 0.0021 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก และสูงสุดอยู่ที่ 0.0104 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก พลังงานที่ใช้สำหรับขั้นตอนการคัดขนาดที่เท่ากันทุกระดับการขัดขาวเท่ากับ 0.0249 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก โดยสรุปผลรวมของพลังงานที่ใช้เพื่อการสีข้าวทุกขั้นตอนมีค่าต่ำสุดที่ระดับการขัดขาวที่ 0 วินาที เท่ากับ 0.0746 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก และสูงสุดที่เวลาขัดขาว 25 วินาที เท่ากับ 0.0850 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก

ตารางที่ 6 พลังงานเฉลี่ยที่ใช้สำหรับ กะเทาะข้าวเปลือก ขัดขาวข้าวกล้อง และ คัดขนาดข้าวสารของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข. 15 จากการขัดขาวที่ระยะเวลา 0 ถึง 25 วินาที (กิโลวัตต์-ชม./กก.ข้าวเปลือก)

พันธุ์ข้าว	เวลา ขัดขาว (วินาที)	พลังงานที่ใช้	พลังงานที่ใช้	พลังงานที่ใช้	พลังงานรวม
		ขั้นตอนกะเทาะ ข้าวเปลือก (กิโลวัตต์-ชม./ กก.)	ขั้นตอนขัดขาว ข้าวกล้อง (กิโลวัตต์-ชม./ กก.)	ขั้นตอนคัด ขนาดข้าวสาร (กิโลวัตต์-ชม./ กก.)	ทุกขั้นตอน การสีข้าว (กิโลวัตต์-ชม./ กก.)
ขาวดอก มะลิ 105	0	0.0497	0.0000	0.0249	0.0746
	5	0.0497	0.0021	0.0249	0.0767
	10	0.0497	0.0041	0.0249	0.0787
	15	0.0497	0.0062	0.0249	0.0808
	20	0.0497	0.0083	0.0249	0.0829
	25	0.0497	0.0104	0.0249	0.0850
ชัยนาท 1	0	0.0497	0.0000	0.0249	0.0746
	5	0.0497	0.0021	0.0249	0.0767
	10	0.0497	0.0041	0.0249	0.0787
	15	0.0497	0.0062	0.0249	0.0808
	20	0.0497	0.0083	0.0249	0.0829
	25	0.0497	0.0104	0.0249	0.0850
กข. 15	0	0.0497	0.0000	0.0249	0.0746
	5	0.0497	0.0021	0.0249	0.0767
	10	0.0497	0.0041	0.0249	0.0787
	15	0.0497	0.0062	0.0249	0.0808
	20	0.0497	0.0083	0.0249	0.0829
	25	0.0497	0.0104	0.0249	0.0850

เมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มของข้าวสารที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ 10 เดือน โดยแสดงในตารางที่ 7 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเวลาก่อนและหลังการเก็บรักษา 10 เดือน และเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม โดยเปรียบเทียบที่ระยะเวลาดัดขาว 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที พบว่า เมื่อใช้เวลาในการขัดขาวน้อยจะทำให้ต้องใช้เวลาในการหุงต้ม

เพื่อให้ข้าวสุกเป็นเวลานาน สำหรับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จะใช้พลังงานมากที่สุดสำหรับข้าวกล้อง (ขัดขาว 0 วินาที) เวลาที่ใช้หุงต้มและพลังงานที่ใช้ลดลงตามเวลาในการขัดขาวที่เพิ่มขึ้น และลดเวลา-พลังงานที่ใช้ลง และเมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มในระดับการขัดขาวเดียวกันที่ก่อนการเก็บและภายหลังการเก็บรักษาข้าวสาร 10 เดือน พบว่า มีแนวโน้มที่ใช้พลังงานที่มากขึ้นเล็กน้อยต่อการหุงต้มข้าวสาร 1 กิโลกรัม โดยจะมีค่าพลังงานที่แตกต่างกันมากเมื่อระดับการขัดขาวน้อยลง แต่ไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อระดับการขัดขาวมากขึ้น เพราะชั้นรำและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปภายในเมล็ดได้ง่าย ทำให้ใช้เวลาและพลังงานในการหุงต้มแตกต่างชัดเจนขึ้น สำหรับพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข. 15 ปรากฏว่า มีความสัมพันธ์ของเวลาเก็บรักษา ระดับการขัดขาว และ พลังงานที่ใช้ที่สอดคล้องกันและคล้ายกันกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 โดยเมื่อพิจารณาทั้ง 3 พันธุ์ พลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม พบว่า ใช้พลังงานไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อพิจารณาที่ระดับการขัดขาวและระยะเวลาเก็บรักษาข้าวสารเดียวกัน

สำหรับพลังงานรวมที่ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนกระบวนการสีข้าวจนถึงการหุงต้มสุก แสดงได้ดังตารางที่ 8 ในตารางแสดงการเปรียบเทียบพลังงานทั้งหมดของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ที่ก่อนและภายหลังการเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลา 10 เดือน ค่าความแตกต่างของพลังงานที่รวมที่ใช้จะมีค่ามากขึ้นที่ชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาก่อนและหลังเก็บรักษา โดยสังเกตได้จากทุก ๆ ระดับของการขัดขาว สำหรับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ค่าพลังงานที่ใช้มากที่สุดยังคงอยู่ที่ระดับขัดขาว 0 วินาที เท่ากับ 0.7126 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ก่อนเก็บรักษา และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 0.7862 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ภายหลังเก็บรักษา และค่าพลังงานต่ำสุดที่ 25 วินาที เท่ากับ 0.4264 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ก่อนเก็บรักษา และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 0.4477 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ภายหลังเก็บรักษา ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ชัยนาท 1 ค่าพลังงานสูงสุดก่อนและหลังเก็บรักษาเท่ากับ 0.8373 และ 0.8509 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก และต่ำสุดก่อนและหลังเก็บรักษาเท่ากับ 0.4857 และ 0.4975 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ตามลำดับ และสำหรับพันธุ์กข. 15 ค่าพลังงานสูงสุดก่อนและหลังเก็บรักษาเท่ากับ 0.7849 และ 0.7849 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ซึ่งเท่ากัน และต่ำสุดก่อนและหลังเก็บรักษาเท่ากับ 0.4239 และ 0.4620 กิโลวัตต์-ชั่วโมง./กิโลกรัมข้าวเปลือก ตามลำดับ จากตารางที่ 13 เห็นได้ว่า เวลาในการเก็บรักษาข้าวสารมีผลทำให้ต้องใช้พลังงานในการจัดการก่อนการบริโภคที่เพิ่มขึ้นและเห็นได้ชัดขึ้นเมื่อทดลองเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 10 เดือน สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข. 15 มีแนวโน้มการใช้พลังงานคล้ายคลึงกันกับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ตารางที่ 7 พลังงานที่ใช้สำหรับหุงต้ม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ กข. 15 จากการขัดขาวที่ระยะเวลา 0 ถึง 25 วินาที และที่ระยะเวลาเก็บรักษา 10 เดือน (กิโลวัตต์-ชม./กก.ข้าวเปลือก)

พันธุ์ข้าว	เวลา ขัดขาว (วินาที)	เวลาที่ใช้หุงต้ม (นาที)		พลังงานที่ใช้หุงต้ม (กิโลวัตต์-ชม./กก.)	
		0 เดือน	10 เดือน	0 เดือน	10 เดือน
ขาวดอกมะลิ 105	0	29:53	31:41	0.6380	0.7116
	5	21:40	22:56	0.4508	0.4864
	10	19:02	22:33	0.4127	0.4242
	25	19:48	21:16	0.3414	0.3627
ชัยนาท 1	0	29:48	31:09	0.7627	0.7763
	5	22:11	23:26	0.5610	0.5610
	10	21:01	21:24	0.4552	0.4426
	25	20:04	21:01	0.4007	0.4125
กข. 15	0	30:05	30:41	0.7103	0.7103
	5	25:25	24:02	0.6413	0.5771
	10	22:08	21:47	0.5112	0.4455
	25	21:14	21:36	0.3389	0.3770

ตารางที่ 8 พลังงานรวมที่ใช้สำหรับ ขั้นตอนการสีข้าว และ หุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์กข. 15 จากการขัดขาวที่ระยะเวลา 0 ถึง 25 วินาที และที่ระยะเวลาเก็บรักษา 10 เดือน (กิโลวัตต์-ชม./กก.ข้าวเปลือก)

พันธุ์ข้าว	เวลา ขัดขาว (วินาที)	พลังงานรวม	พลังงานที่ใช้หุงต้ม		พลังงานรวม	
		ขั้นตอน	(กิโลวัตต์-ชม./กก.)		(กิโลวัตต์-ชม./กก.)	
		การสีข้าว (กิโลวัตต์-ชม. /กก.)	0 เดือน	10 เดือน	0 เดือน	10 เดือน
ขาวดอกมะลิ 105	0	0.0746	0.6380	0.7116	0.7126	0.7862
	5	0.0767	0.4508	0.4864	0.5275	0.5631
	10	0.0787	0.4127	0.4242	0.4914	0.5029
	25	0.0850	0.3414	0.3627	0.4264	0.4477
ชัยนาท 1	0	0.0746	0.7627	0.7763	0.8373	0.8509
	5	0.0767	0.5610	0.5610	0.6377	0.6377
	10	0.0787	0.4552	0.4426	0.5339	0.5213
	25	0.0850	0.4007	0.4125	0.4857	0.4975
กข. 15	0	0.0746	0.7103	0.7103	0.7849	0.7849
	5	0.0767	0.6413	0.5771	0.7180	0.6538
	10	0.0787	0.5112	0.4455	0.5899	0.5242
	25	0.0850	0.3389	0.3770	0.4239	0.4620

สรุปผลการทดลอง

1. สรุปผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐาน

ผลการทดสอบการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องสีตรวจสอบข้าวที่ผลิตในประเทศกับเครื่องสีตรวจสอบข้าวมาตรฐานด้วยผลการกะเทาะข้าวเปลือกและการขัดขาวข้าวกล้องด้วยเครื่องตรวจสอบข้าวที่ผลิตภายในประเทศ (Thai-1 และ Thai-2) จากการทดสอบกะเทาะข้าวเปลือก 3 พันธุ์คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ กข.15 ที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 3 ระดับ คือ 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิเมตร และขัดขาวข้าวกล้องที่ระยะเวลา 25 วินาที พบว่า ต้นข้าวจะมีค่าสูงสุดเมื่อให้ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร โดยมีค่าความขาวข้าวสารและร้อยละการแตกหักของข้าวสารที่ยอมรับได้ไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบผลจากการทำงานของเครื่องทั้ง 3 เมื่อทดสอบกับข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ปรากฏว่า เครื่อง Thai-1 ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐาน Satake โดยพิจารณาเปรียบเทียบของข้าวสารรวม ต้นข้าว และความขาวข้าวสาร พบว่า ข้าวสารรวมและต้นข้าว มีความแตกต่างทางสถิติเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องกะเทาะและขัดขาว Thai-1 ได้

2. สรุปผลการทดสอบเพื่อศึกษาผลของระดับการขัดสีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวสาร

ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ขัดขาวข้าวกล้องสำหรับเครื่อง Thai-1 ในการขัดขาวข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ ได้กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบขัดขาวไว้ 6 ระดับ คือที่ 0 5 10 15 20 และ 25 วินาที ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ร้อยละข้าวสารรวมและต้นข้าว จะสูงสุดที่ระยะเวลาขัดขาวต่ำ และร้อยละข้าวสารรวมและต้นข้าวจะลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการขัดขาวที่มากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาร้อยละความขาวข้าวสาร พบว่า ค่าความขาวข้าวสารจะมีค่าสูงสุดเมื่อเพิ่มเวลาขัดขาวที่มากขึ้น โดยที่เวลาตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปจะมีค่าความขาวตั้งแต่ร้อยละ 35.20 และจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อใช้เวลาขัดขาว 20 ถึง 25 วินาที สำหรับผลของร้อยละข้าวสารรวมและต้นข้าวของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีแนวโน้มเช่นเดียวกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และผลของร้อยละข้าวสารรวมและต้นข้าวของข้าวพันธุ์ กข. 15 ปรากฏว่า มีแนวโน้มใกล้เคียงกับพันธุ์ชัยนาท 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งร้อยละข้าวสารรวม แต่ร้อยละต้นข้าวกลับลดลงค่อนข้างมาก เมื่อใช้เวลาขัดขาวตั้งแต่ 15 วินาทีขึ้นไป ซึ่งจะใกล้เคียงกันกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สรุปผลคือ ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ให้ผลการทดสอบที่มีแนวโน้มที่คล้ายกัน คือ ระยะเวลาขัดขาวข้าวประมาณ 10-15 วินาที จะให้ร้อยละต้นข้าวที่สูงและมีความขาวที่รับได้

นอกจากนี้ยังพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่าความขาวของข้าวที่ขัดที่เวลาตั้งแต่ 10 วินาทีขึ้นไป โดยมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้น แต่สำหรับค่าความขาวของข้าวที่ขัดที่เวลาที่ต่ำกว่าลงมา จะมีแนวโน้มที่ค่อนข้างสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดมาจากกระบวนการขัดสีที่มากหรือน้อยแตกต่างกันดังที่กล่าวมาข้างต้น จากผลการทดสอบจึงเห็นได้ว่าการเก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นเวลานาน ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงด้านสีบ้างเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวสารที่ผ่านกระบวนการขัดขาวที่นานขึ้น แต่ไม่มีผลกระทบต่อความขาวเมื่อเวลาที่ใช้ขัดขาวน้อยหรือไม่มีการขัดขาว

3. สรุปผลการทดสอบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ของกระบวนการสีข้าว และหุงต้ม สมบัติทางกายภาพของข้าวสาร และ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารที่เหมาะสมต่อการบริโภคและการจัดการพลังงาน

พลังงานที่ใช้สำหรับการสีข้าวตั้งแต่ขั้นการกะเทาะ ขัดขาว และคัดขนาดข้าวสารเพื่อบริโภคในแต่ละระดับการขัดขาว ทั้ง 3 พันธุ์พบว่า ในขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกจะใช้พลังงานที่มากที่สุดในทุก ๆ ระดับการขัดขาว แต่สำหรับขั้นตอนการขัดขาวข้าวกล้องนั้น พลังงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการขัดขาวสูงขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดที่เวลาขัดขาว 5 วินาที และสูงสุดอยู่ที่ 0.0104 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือกที่เวลาขัดมากที่สุด และพลังงานที่ใช้สำหรับขั้นตอนการคัดขนาดจะเท่ากันทุกระดับการขัดขาว โดยสรุปผลรวมของพลังงานที่ใช้เพื่อการสีข้าวทุกขั้นตอนมีค่าต่ำสุดที่ระดับการขัดขาวที่ 0 วินาที เท่ากับ 0.0746 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก และสูงสุดที่เวลาขัดขาว 25 วินาที เท่ากับ 0.0850 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก

เมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้เมื่อนำไปหุงต้มของข้าวสารที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ 10 เดือน โดยแสดงในตารางที่ 9 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเวลาก่อนและหลังการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการขัดขาวน้อยจะทำให้ต้องใช้เวลาในการหุงต้มเพื่อให้ข้าวสุกเป็นเวลานานมากกว่าเมื่อใช้เวลาขัดขาวมาก สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะใช้พลังงานมากที่สุดที่ 0 วินาที และลดเวลา-พลังงานที่ใช้ลงตามลำดับเมื่อเพิ่มเวลาขัดขาวจนถึง 25 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มในระดับการขัดขาวเดียวกันที่ก่อนการเก็บและภายหลังการเก็บรักษาข้าวสาร 10 เดือน พบว่า มีแนวโน้มที่ใช้พลังงานที่มากขึ้นเพียงเล็กน้อยต่อการหุงต้มข้าวสุก 1 กิโลกรัม โดยจะมีค่าพลังงานที่แตกต่างกันมากเมื่อระดับการขัดขาวน้อยสุด แต่ไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อระดับการขัดขาวสูงสุด โดยสรุปสำหรับข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พลังงานที่ใช้ในการหุงต้มสุก พบว่า ใช้พลังงานไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อพิจารณาที่ระดับการขัดขาวและระยะเวลาเก็บรักษาข้าวสารเดียวกัน และยังพบอีกว่า เวลาในการเก็บรักษาข้าวสารมีผล

ทำให้ต้องใช้พลังงานในการจัดการก่อนการบริโภคที่เพิ่มขึ้นและเห็นได้ชัดขึ้นเมื่อทดลองเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 10 เดือน

สรุปได้ว่า พลังงานรวมที่ใช้ในการสีข้าวและหุงต้มข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ ชัยนาท 1 และพันธุ์กข 15 ที่ระดับการขัดขาวตั้งแต่ 0 ถึง 25 วินาที และเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลา 0 4 และ 10 เดือน มีแนวโน้มของพลังงานรวมที่ใช้ของทั้ง 3 พันธุ์ไปในทางเดียวกัน นั่นคือ พลังงานที่ใช้รวมจะสูงเมื่อระดับการขัดขาวที่น้อยลงและระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยจะชัดเจนเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 4 เดือนเป็นต้นไป

ในการเก็บรักษาข้าวสารเป็นเวลานาน การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างชั้นรำที่มีองค์ประกอบของไขมันที่อยู่บริเวณผิวรอบนอกของเมล็ด ซึ่งจะหมดหรือลดลงไปเมื่อได้ผ่านขั้นตอนการขัดขาวของกระบวนการสีข้าว แต่การที่คงชั้นรำไว้มากกลับส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวคือ เกิดกลิ่นหืนซึ่งเป็นการเกิดเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของไขมันกับบรรยากาศนั่นเอง เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นซึ่งเป็นสมบัติทางเคมีของข้าว จึงได้ทดสอบในห้องปฏิบัติการในการหาการเกิดกลิ่นหืนของข้าวที่ผ่านการเก็บไว้เป็นเวลานาน ที่ระยะเวลาการขัดขาวที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number พบว่า เส้นแนวโน้มของค่า TBA ส่วนใหญ่ของข้าวสารที่ไม่ได้ขัดขาว และที่ผ่านการขัดขาวที่เวลาตั้งแต่ 5 วินาทีเป็นต้นไป ข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ มีเส้นแนวโน้มที่มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่า TBA ของข้าวกล้องและข้าวที่ขัดขาวเพียง 5 วินาที จะมีค่าค่อนข้างมากตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก็คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของข้าวทำให้มีกลิ่นหืนมากขึ้น แต่จะค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อระดับการขัดขาวที่นานขึ้น นั่นคือ การนำเอาชั้นรำออกไปมากขึ้นทำให้ค่า TBA มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก การเกิดกลิ่นหืนก็จะลดต่ำลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนของข้าวสาร และ ที่ระดับขัดขาว 15 วินาที จะเริ่มมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาข้าวสารไว้หลายเดือน แต่ที่เวลาขัดขาว 20 ถึง 25 วินาที การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนก็จะมีน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นเวลานาน 10 เดือน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ในการศึกษาค้นคว้าต่อไป อาจเพิ่มการศึกษาสายพันธุ์ข้าวอื่น ๆ ที่เป็นนิยมบริโภค ในภูมิภาค เพื่อให้มีความหลากหลายและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2.2 ในการศึกษาค้นคว้าต่อไป อาจเพิ่มระดับการขัดขาวและ/หรือระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสารและ/หรือเพิ่มกระบวนการจัดการเก็บรักษาที่มากขึ้น เพื่อศึกษาผลกระทบที่ยาวนานขึ้น