วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีต่อคุณภาพการสีของข้าว
Study on the Correlation between the Degree of Milling on Quality of Rice

ใจทิพย์ วานิชชัง[1] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง[1] และ เพียงขวัญ วานิชชัง[2]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110
[2]อาจารย์ สาขาวิทย์-คณิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีกับคุณภาพการสีของข้าว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับการขัดสีของข้าว ทำการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว จากการทดลองขัดขาวข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับการขัดสี (Degree of Milling) ซึ่งคำนวณจากเปอร์เซ็นต์รำที่ขัดออกไปจากข้าวกล้อง พบว่า เมื่อข้าวกล้องถูกขัดขาวมีระดับการขัดสีเพิ่มขึ้น มีผลให้ข้าวขาวและข้าวต้นลดลง ส่วนค่าความขาว (Whiteness) ความมัน (Transparency) และค่าการขัด(Milling degree) ของข้าวที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง Milling meter จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการขัดสี เมื่อระดับการขัดสีมากขึ้นค่าความขาว ความมัน และค่าการขัดจะเพิ่มขึ้น โดยระดับการขัดสีของข้าวนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณข้าวขาวและปริมาณรำมากที่สุด มีค่า R^2=0.99 และยังมีความสัมพันธ์กับค่าระดับการขัดสีที่วัดด้วยเครื่อง Milling meter โดยมีค่า R^2=0.97 ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับการสีของข้าวจากเปอร์เซ็นต์รำที่ขัดออก จะเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องวัดที่มีราคาสูง

Abstract

The objectives of this research were to find the correlation between the milling degree and the milling quality of rice which was the basic data to investigate the milling degree equipment. Chainat 1 and KDML 105 rice varieties were milled at difference degree of milling (DOM) which calculated from bran removed. The study revealed that as the DOM increase the milled rice and head rice decreases. Therefore the whiteness transparency and milling degree of milled rice which was measured from Milling Meter also increased. When the DOM increased the whiteness transparency and milling degree also increased. The DOM had highly correlation not only to milled rice and bran but also to milling degree from Milling Meter at R^2=0.99 and R^2=0.97. So these correlations could be used to investigate the milling degree equipment.

คำสำคัญ : ข้าวหอมมะลิ การขัดขาว ระดับการขัดสี
Keywords : KDML, Rice milling, Degree of milling

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ j.wanitchang@gmail.com โทร. 0 3835 8137 ต่อ 1426

1. บทนำ

กระบวนการสีข้าวมีวัตถุประสงค์ เพื่อแยกแกลบ รำ และจมูกข้าวออกจากเนื้อข้าว ได้เป็นข้าวสารที่มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุดหรือมีข้าวหักน้อยที่สุด โดยผ่านขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน คือ การทำความสะอาด การกะเทาะ การขัดขาว และการคัดแยก โดยชนิดของเครื่องสีข้าวและการปรับตั้งเครื่องเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากหากใช้เครื่องสีข้าวที่ไม่เหมาะสมกับชนิดและลักษณะของเมล็ดข้าว หรือการปรับตั้งเครื่องไม่ถูกต้องจะได้ข้าวหักมากทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพข้าว คุณภาพการสีของข้าวหมายถึง ประสิทธิภาพการสีและระดับการสีให้ได้ข้าวสารตามต้องการ ในกระบวนการสีข้าว จะมีผลได้จากข้าวเปลือก ดังนี้ ข้าวเปลือกสะอาด 100% ได้แกลบ 20-30% รำ 8-11% ข้าวสารรวม 66-72% โดยในส่วนของข้าวสารรวม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักและปลายข้าว (อรอนงค์, 2547)

มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย, 2546 (มกอช 4000-2546) ได้ระบุระดับการสี (milling degree) ไว้เป็น 4 ระดับ ดังนี้ คือ

สีดีพิเศษ (Extra well milled) หมายถึงการขัดสีเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามเป็นพิเศษ

สีดี (Well milled) หมายถึง การขัดสีเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามดี

สีปานกลาง (Reasonable milled) หมายถึง การขัดสีเอารำออกเป็นส่วนมาก จนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามพอสมควร

สีธรรมดา (Ordinarily milled) หมายถึง การขัดสีเอารำออกแต่เพียงบางส่วน

โดยกำหนดมาตรฐานข้าวขาว ไว้ดังนี้ คือ

ข้าว 100% ชั้น 1 ระดับการขัดสี สีดีพิเศษ

ข้าว 100% ชั้น 2 ระดับการขัดสี สีดีพิเศษ

ข้าว 100% ชั้น 3 ระดับการขัดสี สีดีพิเศษ

ข้าว 5% ระดับการขัดสี สีดี

ข้าว 10% ระดับการขัดสี สีดี

ข้าว 15% ระดับการขัดสีปานกลาง

ซึ่งจะเห็นว่าไม่มีการระบุระดับการขัดสีที่สามารถตรวจวัดได้ ดังนั้น ในการสีข้าวจึงมีการขัดสีที่เกินจำเป็นส่งผลให้เกิดการสูญเสียเนื้อข้าว ในการขัดสีจึงควรขัดเฉพาะชั้นรำออกไปเท่านั้น

FAO,1992 ได้ระบุระดับการขัดสีจากปริมาณรำที่ขัดออกจากข้าวกล้อง ไว้เป็น 4 ระดับ คือ การขัดสีน้อย (under milled) การขัดสีปานกลาง (Medium milled) การขัดสีสมบูรณ์ (Fully milled) และการขัดสีมากเกินไป (Over milled) หมายถึง การขัดรำออก 3-4 %, 5-6%, 7-8% และมากกว่า 8% ตามลำดับ นอกจากนี้ระดับการขัดสีของข้าวยังมีผลต่อสมบัติการหุงต้มและสมบัติการบริโภคของข้าวด้วย ตลอดจนพลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม (Billiris, et al. 2012, Yadav and Jindal, 2008, Lamberts et al.,2007)

ใจทิพย์ และคณะ 2553 ได้พัฒนาเครื่องตรวจวัดระดับการขัดสีของข้าว โดยการวัดสีของข้าวจากภาพที่สแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ธรรมดาได้ผลการทำนายระดับการขัดสีของข้าได้ดี แต่การใช้งานเครื่องนี้มีความยุ่งยากเนื่องจากต้องมีเครื่องสแกนเนอร์และคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งานระหว่างการสีข้าว ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีต่อคุณภาพการสีของข้าวเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับการขัดสี จากปริมาณรำที่ขัดออกจากข้าวกล้อง เปรียบเทียบกับค่าสีจากการตรวจวัดด้วยเครื่องที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวก ไม่ต้องใช้เครื่องวัดที่มีราคาสูง

2. วิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างข้าวเปลือก 2 พันธุ์ คือข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นตัวแทนของข้าวในกลุ่มข้าวแข็ง (High amylose) และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวแทนของข้าวในกลุ่มข้าวสุกนุ่ม (Low amylose) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างข้าว เริ่มจากการทำความสะอาดข้าวเปลือกอย่างดีด้วยเครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรงโยกและแบบลมเป่า (แบบผลิตในประเทศ) จากนั้นจึงกะเทาะข้าวเปลือกด้วยเครื่องทดสอบการกะเทาะแบบลูกยาง (ผลิตในประเทศ) จำนวน 3 รอบ เพื่อให้ข้าวเปลือกกะเทาะ 100% จากนั้นคัดแยกให้ได้ข้าวกล้องเต็มเมล็ดด้วยเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงกลม (ผลิตในประเทศ) ชั่งข้าวกล้องเต็มเมล็ดจำนวน 200 กรัม นำไปขัดขาว ด้วยเครื่องทดสอบการขัดขาวแบบลูกหินขัดขาว ยี่ห้อ SATAKE model TM-05, Tokyo Japan โดยการขัดขาวนี้จะตั้งเวลาในการขัดขาวเป็น 10, 20, 30, 40 จนถึง 120 วินาที ในแต่ละช่วงเวลาการขัดขาวจะทำการทดลอง 10 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักข้าวขาวและรำที่ได้ ก่อนนำไปคัดแยกเพื่อให้ได้ต้นข้าว และข้าวหัก

2. การคำนวณค่าระดับการขัดสี (Degree of Milling :DOM) จากเปอร์เซ็นต์รำที่ขัดออกจากข้าวกล้อง โดยใช้สูตร

$$DOM = 100 \times (\text{น้ำหนักข้าวกล้อง} - \text{น้ำหนักข้าวขาว}) / \text{น้ำหนักข้าวกล้อง}$$

3. การวัดสีของข้าว วัดสีของต้นข้าวที่ได้ด้วยเครื่องวัดสี 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องวัดความขาวข้าว (Milling meter) ยี่ห้อ SATAKE model MM 1 C Tokyo Japan ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดค่าสีของข้าวที่ได้รับการยอมรับ เพื่อเป็นค่ามาตรฐาน เครื่องวัดนี้จะแสดงผลการวัด 3 ค่า คือ ค่าความขาว (Whiteness) ความใส (Transparency) และค่าการขัด (Milling degree) ในแต่ละตัวอย่างจะวัดค่า 3 ซ้ำ และเครื่อง Spectrophotometer ColorFlex 45/0 Hunterlab Inc, USA โดยแสดงว่าสี L, a และ b นอกจากนี้ยังแสดงว่า WI (Whiteness index) , YI (Yellow index) และค่า Brightness ที่ 457 นาโนเมตร แต่ละตัวอย่างจะวัดค่า 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีกับค่าปริมาณข้าวขาว ปริมาณรำ ปริมาณต้นข้าว และค่าสีของข้าวที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง SATAKE และเครื่อง Hunter ColorFlex 45/0 โดยใช้โปรแกรม Microsoft excell

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการทดลองตรวจสอบคุณภาพการสีของข้าว โดยการกะเทาะข้าวเปลือก ขัดขาวข้าวกล้อง และคัดแยกข้าวหักออกจากต้นข้าว จากการทดลองกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เวลาขัดขาว 10 ถึง120 วินาที โดยเพิ่มขึ้นทุก 10 วินาที เมื่อคำนวณปริมาณรำที่ขัดออกจากข้าวกล้องเป็นระดับการขัดสี ดังตารางที่ 1 พบว่าเมื่อขัดขาวนานขึ้นจะได้ปริมาณรำเพิ่มขึ้นจาก 2.66% เป็น 13.49% มีผลให้ระดับการขัดสี (DOM) เพิ่มขึ้นจาก 3.42 เป็น 17.35 ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณรำจะเพิ่มขึ้นจาก 2.23% เป็น 11.99% ทำให้มีค่า DOM เพิ่มจาก 2.93 เป็น 15.49 ในขณะที่ปริมาณข้าวขาวและปริมาณต้นข้าวจะลดลงตามเวลาที่ขัด โดยมีข้าวขาวลดลงจาก74.90% เป็น 64.26% และ 73.78% เป็น 64.94% และมีต้นข้าวลดลงจาก 69.89% เป็น 54.20% และ 62.89% เป็น 48.62% ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Yadav and Jindal, 2008 ที่ระบุว่า การลดลงของต้นข้าวมีผลมาจากการขัดขาวที่เพิ่มขึ้นนอกจากนี้ข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์จะมีปริมาณรำไม่เท่ากัน และเมล็ดข้าวมีความแข็งและมีค่าการต้านแรงขัดไม่เท่ากัน ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าการต้านแรงกดและแรงดัดสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (จิรพงษ์และคณะ, 2553) ดังนั้นในกระบวนการสีข้าวควรจะเห็นว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีคุณภาพการสีต่างกัน การขัดขาวข้าวแต่ละพันธุ์จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยระบุระดับการขัดสี ว่าได้ขัดขาวข้าวมากน้อยแค่ไหนแล้ว เพราะยิ่งขัดขาวมากข้าวยิ่งแตกหักมาก ได้ต้นข้าวลดลง

ตารางที่ 1 คุณภาพการสีของข้าวที่ระดับการขัดสีต่างๆของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

	Chainat1					KDML 105			
DOM	Brown rice%	Milled rice%	Head rice%	Bran%	DOM	Brown rice%	Milled rice%	Head rice%	Bran%
3.42	77.56	74.90	69.89	2.66	2.93	76.01	73.78	62.89	2.23
5.40	77.14	72.98	67.95	4.17	4.62	76.28	72.76	60.69	3.52
6.86	77.85	72.51	66.84	5.34	6.07	76.32	71.69	66.08	4.64
8.81	77.67	70.83	65.25	6.84	7.87	76.70	70.66	55.92	6.04
10.07	77.71	69.88	67.26	7.83	9.58	76.47	69.15	54.85	7.32
11.38	77.87	69.00	62.54	8.86	10.87	76.74	68.40	53.92	8.34
12.20	77.84	68.35	63.00	9.49	12.21	76.20	66.89	52.28	9.31
13.27	77.75	67.43	60.56	10.32	11.47	76.31	67.56	54.18	8.75
14.23	77.06	66.09	58.69	10.97	11.87	76.50	67.43	54.60	9.08
15.29	78.08	66.14	58.02	11.94	12.87	76.51	66.66	53.54	9.85
16.32	78.00	65.27	56.15	12.73	15.08	76.58	65.02	50.16	11.55
17.35	77.75	64.26	54.20	13.49	15.59	76.94	64.94	48.62	11.99

เมื่อตรวจวัดค่าสีของข้าวชัยนาท 1 ที่ได้จากการขัดสีที่เวลาต่างๆ ด้วยเครื่อง Satake milling meter และเครื่อง Hunter ColorFlex ดังตารางที่ 2 พบว่า การขัดขาวนานมีผลให้ค่าสีของข้าวเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าความขาว (Whiteness) เพิ่มจาก 23.97 เป็น 47.24 ค่าความใส (Transparency) เพิ่มจาก 1.61 เป็น 3.48 ค่าระดับการขัดสี (Milling degree) เพิ่มจาก 16.77 เป็น 132.70 และค่าสี L a และ b เพิ่มจาก 56.28 เป็น 73.52, 3.56 เป็น 0.32 และ 15.55 เป็น 13.33 ตามลำดับ ส่วนค่า WI E313 (Whiteness index) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก -106.57 เป็น -32.80 ส่วนค่า YI E313 (Yellowness index) มีค่าลดลงจาก 55.65 เป็น 33.85 ส่วนค่า 457 brightness มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 19.35 เป็น 40.86 เนื่องจากชั้นรำถูกขัดออกไปจึงทำให้ข้าวมีความขาวเพิ่มขึ้น (Lamberts et al.,2005) โดยที่เวลาขัดขาวมีความสัมพันธ์กับค่าสีของข้าวทั้งทางเดียวกันและในทางตรงกันข้าม แต่การวัดสีจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดสีที่เป็นมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ค่าสีของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการขัดสีต่างๆ

DOM	Whiteness	Transparency	Milling Degree	L	a	b	WI E313	YI E313	457 Brightness
3.42	23.97	1.61	16.77	56.28	3.56	15.55	-106.57	55.65	19.35
5.40	27.76	1.87	34.60	60.20	2.93	15.38	-90.38	50.75	23.30
6.86	30.79	2.18	49.63	62.99	2.73	14.94	-76.79	47.01	26.63
8.81	34.93	2.53	70.60	66.93	1.71	14.83	-63.34	42.81	31.13
10.07	37.90	2.65	84.80	68.19	1.54	14.65	-58.04	41.37	32.80
11.38	41.03	2.90	100.53	70.40	1.15	13.72	-44.25	37.22	36.39
12.20	42.73	3.02	109.17	71.06	0.66	13.96	-44.34	37.01	36.94
13.27	44.23	3.12	116.53	72.50	0.46	14.25	-42.37	36.81	38.49
14.23	45.53	3.26	123.10	72.98	0.56	13.69	-36.82	35.24	39.72
15.29	46.80	3.27	129.30	73.80	0.14	13.92	-36.29	35.02	40.56
16.32	47.70	3.24	133.00	74.17	-0.01	12.96	-28.46	32.32	42.00
17.35	47.24	3.48	132.70	73.52	0.32	13.33	-32.80	33.85	40.86

เมื่อตรวจวัดค่าสีของข้าวต้นขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการขัดสีที่เวลาต่างๆ ตารางที่ 3 พบว่า การขัดขาวนานมีผลให้ค่าสีของข้าวเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าความขาวเพิ่มจาก 27.18 เป็น 50.99 ค่าความใส เพิ่มจาก 1.84 เป็น

3.57 ค่าระดับการขัดสี เพิ่มจาก 32.00 เป็น 150.20 ค่าสี L a และ b เพิ่มจาก 60.07 เป็น 76.89, 2.98 เป็น -0.80 และ 16.11 เป็น 13.18 ตามลำดับ ส่วนค่า WI E313 (Whiteness index) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก -97.91 เป็น -22.79 ส่วนค่า YI E313 (Yellowness index) มีค่าลดลงจาก 53.18 เป็น 30.97 ส่วนค่า 457 brightness มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 22.55 เป็น 45.70 จะเห็นว่าค่าสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีค่ามากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เนื่องจากข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวในกลุ่มข้าวแข็ง มีค่าอุณหภูมิแป้งสุกสูง ค่าการสลายเมล็ดในด่างต่ำ จึงมีความแข็งมากกว่า (กรมวิชาการเกษตร, 2547) และสอดคล้องกับงานของจิรศักดิ์ และคณะ 2553 ที่พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าการต้านทานแรงกดและแรงดัดสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ตารางที่ 3 ค่าสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับการขัดสีต่างๆ

DOM	Whiteness	Transparency	Milling Degree	L	a	b	WI E313	YI E313	457 Brightness
2.93	27.18	1.84	32.00	60.07	2.98	16.11	-97.91	53.18	22.55
4.62	31.87	2.53	56.50	64.15	1.99	15.65	-79.44	47.36	27.29
6.07	33.76	2.53	65.50	65.57	1.89	15.45	-72.97	45.67	29.07
7.87	39.17	3.06	93.40	69.79	0.67	14.85	-55.02	40.06	34.63
9.58	40.45	3.08	99.20	70.99	0.55	14.40	-47.92	38.08	36.59
10.87	44.53	3.33	119.30	72.67	0.33	13.55	-36.77	34.83	39.67
12.21	45.50	3.57	125.50	73.85	-0.15	13.67	-34.40	34.08	41.10
11.47	44.89	3.45	124.90	73.58	-0.11	13.78	-36.14	34.59	40.62
11.87	46.48	3.45	129.00	74.26	-0.19	13.70	-33.55	33.95	41.57
12.87	49.25	3.55	142.10	75.48	-0.34	12.98	-25.14	31.50	44.02
15.08	49.50	3.55	143.30	76.29	-0.36	12.80	-21.69	30.70	45.33
15.59	50.99	3.57	150.20	76.89	-0.80	13.18	-22.79	30.97	45.70

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีของข้าวที่คำนวณจากปริมาณรำที่ขัดออกจากข้าวกล้องกับคุณภาพการสี ได้แก่ ปริมาณรำ ปริมาณข้าวขาว และปริมาณข้าวต้น และค่าสีของข้าวจากการตรวจด้วยเครื่อง Satake milling meter และเครื่องวัดสี Hunter ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดังตารางที่ 4 พบว่า ระดับการขัดสีของข้าวชัยนาท 1 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์กับปริมาณรำ และ ปริมาณข้าวขาวมากที่สุดมีค่า R^2 ถึง 0.99 เหมือนกันทั้ง 2 พันธุ์ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสีกับค่าปริมาณต้นข้าวในข้าวพันธุ์ชัยนาท1และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.93 และ 0.84ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์กับค่าสีของข้าวจากการตรวจด้วยเครื่อง Satake milling meter พบว่า ระดับการขัดสีที่ได้จากการคำนวณปริมาณรำที่ขัดออกไปจากข้าวกล้องมีความสัมพันธ์กับค่าระดับการขัดสีจากเครื่องวัดและค่าความขาว มีความสัมพันธ์สูงมาก มีค่า R^2 เท่ากับ 0.97 ในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ แต่จะสัมพันธ์กับค่าความใสน้อยลง ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของระดับการขัดสีกับค่าสีจากเครื่องวัดสี Hunter พบว่า ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DOM กับค่า 457 Brightness มีค่า R^2 มากที่สุดเท่ากับ 0.96 รองลงมาได้แก่ ค่าสี a, ค่า WI, ค่า YI, ค่า L และค่าสี b โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.95, 0.94, 0.94, 0.94 และ 0.89 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DOM กับค่า 457 Brightness มีค่า R^2 มากที่สุดเท่ากับ 0.98 รองลงมาได้แก่ ค่าสี L, ค่า WI, ค่า YI, ค่าสี b และค่าสี a โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.96, 0.96, 0.95, 0.95 และ 0.94 ตามลำดับ จะเห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DOM กับคุณภาพการสีของข้าว และค่าสีของข้าวจากการตรวจด้วยเครื่อง Satake milling meter มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ แต่ความสัมพันธ์กับค่าสีจากเครื่องวัดสี Hunter มีความแปรปรวนมากกว่า ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ค่า DOM ที่ได้จากการคำนวณมาประเมินคุณภาพการสีของข้าว และค่าสีจากการวัดด้วยเครื่อง

ตารางที่ 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขัดสี (x) กับคุณภาพการสี และค่าสี (y) ของข้าวชัยนาท 1 และข้าวขาวดอกมะลิ 105

	Chainat1		KDML105	
Rice milling quality	Regression model	R^2	Regression model	R^2
Bran	y = 0.7792x - 0.0205	0.9999	y = 0.7679x - 0.027	0.9999
Milled rice yield	y = -0.7537x + 77.424	0.9942	y = -0.7278x + 76.085	0.9962
Head rice yield	y = -1.1003x + 74.873	0.9268	y = -1.1723x + 67.467	0.8350
Satake milling degree	y = 9.0043x - 9.274	0.9735	y = 9.3581x + 12.351	0.9698
Whiteness	y = 1.8143x + 18.865	0.9714	y = 1.8799x + 23.002	0.9739
Transparency	y = 0.1339x + 1.2586	0.9664	y = 0.1307x + 1.8075	0.8861
L	y = 1.2896x + 54.119	0.9351	y = 1.2999x + 58.021	0.9628
a	y = -0.2635x + 4.2675	0.9462	y = -0.2805x + 3.3668	0.9366
b	y = -0.1729x + 16.202	0.8890	y = -0.2692x + 16.891	0.9507
WI	y = 5.423x - 115.87	0.9402	y = 6.0281x - 107.78	0.9594
YI	y = -1.6024x + 58.397	0.9394	y = -1.7726x + 55.792	0.9519
457Brightness	y = 1.6554x + 15.445	0.9595	y = 1.8608x + 18.577	0.9769

หมายเหตุ: ใน Regression model ค่า x (ตัวแปรอิสระ) หมายถึง DOM ส่วนค่า y (ตัวแปรตาม) หมายถึง คุณภาพการสี และค่าสี

4. สรุป

ข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อถูกขัดขาวเป็นเวลานานจะมีระดับการขัดสีเพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณข้าวขาวและต้นข้าวลดลง ส่วนค่าความขาว (Whiteness) ความมัน (Transparency) และค่าการขัด (Milling degree)ของข้าวที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง Milling meter จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการขัดสี เมื่อระดับการขัดสีมากขึ้นค่าความขาว ความมัน และค่าการขัดจะเพิ่มขึ้น ระดับการขัดสี (Degree of Milling) ซึ่งคำนวณจากเปอร์เซ็นต์รำที่ขัดออกไปจากข้าวกล้อง มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีของข้าว ได้แก่ปริมาณข้าวขาวและปริมาณรำมากที่สุดมีค่า Regression of determination เท่ากับ 0.99 และยังมีความสัมพันธ์กับค่าระดับการขัดสี และค่าความขาวที่วัดด้วยเครื่อง Satake milling meter โดยมีค่า Regression of determination เท่ากับ 0.97 ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับการสีของข้าวจากเปอร์เซ็นต์รำที่ขัดออก จะเป็นแนวทางที่ทำได้ง่าย สะดวก ไม่ต้องใช้เครื่องวัดที่มีราคาสูง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่สนับสนุนทุนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2546. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช 4000-2546 มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย.**

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย**. กรุงเทพฯ. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส จำกัด

ใจทิพย์ วานิชชัง, ผดุงศักดิ์ วานิชัง, สู้ศึก ศิลป์จารุ, นฤมล บุญกระจ่าง และเพียงขวัญ วานิชชัง. 2553. **การพัฒนาเครื่องตรวจวัดระดับการขัดสีข้าว**. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี

จิรพงษ์ แสนศักดิ์, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ และ ละมูล วิเศษ. 2553. **ผลของระยะเวลาการขัดขาวต่อสมบัติทางกลและคุณภาพการสีของข้าว** ว.วิทย์ กษ. 41: 1 (พิเศษ): 492-495.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Billiris, M.A., T.J. Siebenmorgan, J.F. Meullenet and A. Mauromoustakos. 2012. **Rice** degree of milling effects on hydration, texture, sensory and energy characteristics. Part 1. Cooking using excess water. **Journal of Food Engineering** 113:559-568.

FAO. 1992. **Towards integrated commodity and pest management in grain storage**. edited by R.L. Semple, P.A. Hicks, J.V. Lozare and A Castemans. (online) Available http://www.fao.org/docrep/x5048e/5048e02.htm. (June 20, 2011)

Lamberts, L.E., D. Bie., G.E. Vandeputte., W.S. Veraverbeke., V. Derycke., W.D. Man, and J.A. Delcour. 2005. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. **Food Chemistry.** 100: 1496-1503.

Yadav, B.K. and V.K. Jindal. 2008**.** Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza sativa L.*) **Journal of Food Engineering**. 86:113-121.