

การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบใน ภาชนะปิด

วินิต ชินสุวรรณ

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40002

ภูมิสิทธิ์ วรรณชาลี

นักศึกษานิตยดศึกษาศาสตร์วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40002

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบเป็นปัจจัยเร่ง ผลการศึกษาพบว่าการอบในภาชนะปิดแน่นด้วยอุณหภูมิ 55°C ขึ้นไป สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวจากข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้นจะใช้เวลาในการอบน้อยลง การอบเพื่อเร่งความเก่านี้ยังผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออบข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ในขณะที่ความขาวของเมล็ดข้าวสารยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้า แต่จะสูญเสียความหอม

คำสำคัญ: การเร่งความเก่า ข้าวหอมมะลิ

Accelerated Aging of Hommali Paddy by Drying in Sealed Container

Winit Chinsuwan

Professor

Department of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 40002

Poomisit Wannacharee

Graduate Student

Department of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 40002

Abstract

The objective of this study is to accelerate aging of Hommali paddy by drying. The results indicate that drying of the paddy in a sealed container with a temperature of at least 55°C can accelerate aging. The use of higher temperature for drying or higher initial moisture contents of paddy result in less drying time. This aging process also results in higher percentage of head rice yield. Even though the whiteness is reduced but still in the acceptable limit by commercial standard. However, the aroma is lost.

Keywords: Accelerated Aging; Hommali Rice

บทนำ

ปัจจุบันข้าวหอมไทยเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แม้ว่าการบริโภคในประเทศมีปริมาณไม่แน่ชัด แต่ปริมาณการส่งออกก็เพิ่มจาก 0.7 ล้านตันในปี พ.ศ. 2533 เป็น 1.4 ล้านตันในปี พ.ศ. 2539 ข้าวหอมที่ได้รับความนิยมสูงในทางการค้าคือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวหอมที่มีลักษณะแตกต่างจากข้าวชนิดอื่นอย่างเด่นชัดเช่น เมล็ดข้าวสุกอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอม (กรมการค้าภายใน, 2540) ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวคุณภาพดีและคาดว่าจะมีความต้องการประมาณปีละ 5.0 ล้านตันข้าวเปลือกหรือประมาณ 2.0 ล้านตันข้าวสาร (กลุ่มข้าว, 2538) แต่ข้าวหอมมะลิที่ผลิตได้มีเพียงประมาณปีละถึง 4.0 ล้านตันข้าวเปลือกหรือประมาณ 2.0 ถึง 2.6 ล้านตันข้าวสาร ดังนั้น ข้าวสารที่ใช้ในการบริโภคโดยตรงจึงมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด (งามชื่น คงเสรี และคณะ, 2542)

ข้าวมีความหลากหลายในคุณภาพของเมล็ด ข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยวไม่นานนักหรือที่เรียกกันว่า “ข้าวใหม่” คุณภาพในการหุงต้มจะไม่ขึ้นหม้อ มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสุกเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน และค่อนข้างแฉะ ส่วนข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 4 ถึง 6 เดือน หรือที่เรียกกันว่า “ข้าวเก่า” คุณภาพในการหุงต้มจะขึ้นหม้อ ไม่มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวสุกร่วนไม่ติดกันเป็นก้อน (กรมการค้าภายใน, 2532) งามชื่น คงเสรี (2539ก) ระบุว่า คุณภาพข้าวสุกเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ในการเลือกซื้อข้าว ซึ่งในแต่ละกลุ่มก็มีความนิยมในการบริโภคข้าวสุกที่แตกต่างกันเช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีนตอนเหนือ ซึ่งอยู่ในเขตอบอุ่นหรือมีอากาศหนาวนิยมข้าวสุกประเภทนุ่มเหนียว ในขณะที่ประเทศซึ่งอยู่ในเขตร้อนเช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ เวียดนาม พม่า รวมทั้งประเทศไทย ชอบข้าวสุกประเภทร่วน Moritaka et al. (1972) รายงานว่า ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวต้องใช้ข้าวเก่าจึงจะได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีคุณภาพดี เนื่องจากการคืนสภาพของน้ำแบ่งจากแป้งข้าวเก่าเกิดได้ดีกว่า และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปดีกว่าเช่น การทำก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เป็นต้น

อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง (2533) รายงานว่า ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่จะต้องเก็บรักษาไว้อย่างน้อย 4 ถึง 6 เดือน เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพในการหุงต้มของข้าวให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น จึงควรศึกษาหาวิธีการที่ทำให้คุณภาพการหุงต้มข้าว

หอมมะลิจากข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนคุณภาพให้ลดลง เพื่อให้ผู้ประกอบการโรงสีข้าวหรือผู้ส่งออกข้าวสามารถผลิตข้าวให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

ความเก่าของข้าวสามารถเร่งได้โดยการเก็บรักษาข้าวไว้ในที่มีอุณหภูมิสูง และจะเกิดกับข้าวสารได้เร็วกว่าข้าวเปลือก พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะเกิดความเก่าได้เร็วกว่าพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ ได้มีความพยายามในการเร่งความเก่าข้าวในหลายๆ วิธี ทั้งการอบแห้งและอบเปียก การอบเปียกหรือการอัดไอน้ำให้กับข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ มีส่วนทำให้เกิดการเจลาติไนเซชันของแป้ง แต่วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับข้าวเปลือกความชื้นต่ำหรือข้าวสาร การอบแห้งจะดีกว่าเนื่องจากทำได้ง่ายกว่าและถูกกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนกับข้าวเปลือกแห้งก็มีข้อจำกัดเพราะจะเกิดการแตกร้าวของข้าวจากการที่ข้าวแห้งเกินไป (Indudhara et al., 1978)

การให้ความร้อนทั้งข้าวสารและข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำซึ่งบรรจุในกระป๋องที่ปิดสนิทโดยใช้อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานหรืออุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้นสามารถทำให้ข้าวเปลี่ยนเป็นข้าวเก่าที่มีอายุการเก็บรักษา 14 เดือน จากการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส (Normand et al., 1964) และการศึกษาโดยงามซึน คงเสรี (2539ข) พบว่า สามารถเร่งข้าวสารให้กลายเป็นข้าวเก่าได้โดยการอบที่อุณหภูมิ 110°C ในภาชนะปิดสนิทเพื่อไม่ให้ความชื้นสูญหาย การเป่าลมร้อนด้วยอุณหภูมิ $150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ ชั่วขณะหรือแช่เมล็ดข้าวสารในน้ำมันดอกทานตะวันที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 วัน ช่วยให้ความเหนียวของข้าวลดลง การนึ่งข้าวเปลือกในระยะเวลาสั้นๆ ช่วยลดความเหนียวของข้าวสุก การทำข้าวหนึ่งจึงถือว่าเป็นวิธีการทำให้ข้าวเปลี่ยนสภาพคล้ายข้าวเก่าได้เช่นกัน

จากรายงานการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การอบเป็นวิธีการที่สามารถเร่งความเก่าของข้าวได้ แต่การเร่งความเก่าสำหรับข้าวหอมมะลียังไม่มีการศึกษาที่ชัดเจน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิ และเวลาในการอบเป็นปัจจัยเร่ง

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาคุณสมบัติของข้าวหอมมะลิเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน และการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ทำให้คุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งของข้าวหอมมะลิเปลี่ยนจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า โดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้สำหรับศึกษา

การศึกษาคูณสมบัติของข้าวหอมมะลิเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ดำเนินการโดยนำข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเกี่ยวขนาดมาทำความสะอาดและตากแผ่ในที่ร่มเพื่อให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ $14\%wb$ แล้วดำเนินการหาคุณภาพการสี และคุณสมบัติความชื้นน้ำแป้ง ซึ่งคุณภาพการสีใช้เปอร์เซ็นต์ตันข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวม และความขาวข้าวสาร เป็นค่าบ่งชี้ ส่วนคุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งใช้อุณหภูมิแป้งสุก ความคงตัวแป้งสุก และความหนืดสุดท้ายแป้งสุก เป็นค่าบ่งชี้ จากนั้นเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ในกระสอบป่านเป็นระยะเวลา 6 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง พร้อมทั้งดำเนินการหาคุณภาพการสี และคุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งทุกๆ เดือนในระหว่างที่เก็บรักษา โดยที่การศึกษาต่างๆ ดังกล่าวดำเนินการตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งที่ศึกษานี้ใช้สำหรับเป็นค่าเปรียบเทียบความแก่ของข้าวที่จะอบเพื่อเร่งความแก่

การศึกษาคูณสมบัติและระยะเวลาในการอบที่ทำให้คุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งของข้าวหอมมะลิเปลี่ยนจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ดำเนินการโดยนำข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเกี่ยวขนาดมาทำความสะอาด แล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดแน่นเพื่อดำเนินการอบโดยใช้อุณหภูมิและเวลาการอบในระดับต่างๆ โดยที่แต่ละการทดลองจะดำเนินการกระทำซ้ำ 3 ครั้ง แต่ละครั้งจะใช้ข้าวเปลือกตัวอย่างละ 1.5 กิโลกรัม จากนั้น นำข้าวเปลือกที่อบแล้วมาตากแผ่ในที่ร่มเพื่อให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ $14\%wb$ แล้วดำเนินการหาคุณภาพการสี และคุณสมบัติความชื้นน้ำแป้ง เพื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติความชื้นน้ำแป้งของข้าวที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน (ข้าวเก่า) พร้อมทั้งตรวจสอบความหอมของข้าวสุกโดยการดมกลิ่น ข้าวเปลือกที่ศึกษานำมาจากแหล่งต่างๆ ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ รวม 3 แหล่ง และมีความชื้นเริ่มต้น 3 ระดับ คือ $24.64\%wb$ $20.44\%wb$ และ $13.00\%wb$ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบสำหรับทุกระดับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก มี 7 ระดับ คือ $40^{\circ}C$ $45^{\circ}C$ $50^{\circ}C$ $55^{\circ}C$ $60^{\circ}C$

65°C และ 70°C ส่วนเวลาที่ใช้อบสำหรับแต่ละระดับอุณหภูมิ มี 5 ระดับ ซึ่งมีค่าต่างกันขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

อุณหภูมิและระยะเวลาในระดับต่างๆ ที่ใช้อบเพื่อการศึกษา

อุณหภูมิที่อบ (°C)	ระยะเวลาในการอบ (ชม.)		
	ความชื้นเริ่มต้น 24.64%wb	ความชื้นเริ่มต้น 20.44%wb	ความชื้นเริ่มต้น 13.00 %wb
40	65 67 69 71 73	83 85 87 89 91	116 118 120 122 124
45	49 51 53 55 57	63 65 67 69 71	90 92 94 96 98
50	38 40 42 44 46	50 52 54 56 58	70 72 74 76 78
55	20 22 24 26 28	28 30 32 34 36	42 44 46 48 50
60	11 12 13 14 15	13 14 15 16 17	19 20 21 22 23
65	5 6 7 8 9	7 8 9 10 11	12 13 14 15 16
70	2 3 4 5 6	3 4 5 6 7	5 6 7 8 9

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาคุณภาพการสีของข้าวหอมมะลิเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 ชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ตันข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่การเก็บรักษา โดยมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3.5 เดือน จากนั้นมีแนวโน้มลดลง แต่หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ก็ยังมีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ตันข้าวเริ่มต้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากระยะเวลาที่เก็บรักษาทำให้เมล็ดแบ่งที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวมีการจับตัวกันแข็งแรงมากขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวทนต่อแรงที่กระทำจากภายนอกได้มากขึ้น (Juliano, 1985) เมื่อนำข้าวเปลือกไปสีจึงทำให้ได้ปริมาณข้าวสารเต็มเมล็ดสูงกว่าข้าวก่อนทำการเก็บรักษา ส่วนสาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตันข้าวลดต่ำลงเมื่อเก็บรักษาต่อไปนั้น อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวลดต่ำลงมาก เมล็ดข้าวจึงมีความแข็งและเปราะมากขึ้น เมื่อนำมาสีจึงทำให้เมล็ดข้าวแตกหักเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมก็มีการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน แต่ความขาวของข้าวสารลดลงอย่างต่อเนื่องโดยหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีความขาวลดลงประมาณ 4 หน่วย เมื่อเทียบกับความขาวของข้าวสารก่อนการเก็บรักษา ซึ่งอาจเกิด

จากปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างเชื้อจุลินทรีย์หรือเคมีในเมล็ดข้าวเปลือกเมื่อได้รับความชื้นและความร้อนในระหว่างการเก็บรักษา (งามชื่น คงเสรี, 2539 ข)

สำหรับผลการศึกษาคูณสมบัติความหนืดน้ำแป้งซึ่งแสดงในรูปที่ 2 ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิแป้งสุกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 เดือนแรก และอัตราการเพิ่มลดลงเมื่อเก็บรักษาต่อไป โดยที่อุณหภูมิแป้งสุกในเดือนที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 4.76°C ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้โมเลกุลในแป้งเกิดการจับกันแข็งแรงขึ้น และผนังเซลล์ของเอนโดสเปิร์มมีความแข็งแรงมากขึ้น มีผลทำให้อุณหภูมิทุ่งต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความคงตัวแป้งสุกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง โดยเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 24.93 RVU เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งอาจเนื่องจากสาเหตุเดียวกันกับข้างต้น จึงเป็นผลทำให้ความแข็งของข้าวสุกเมื่อเย็นตัวลงมีค่าเพิ่มมากขึ้น ส่วนความหนืดสุดท้ายแป้งสุกมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับอุณหภูมิแป้งสุก โดยความหนืดสุดท้ายแป้งสุกในเดือนที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 61.20 RVU

ตารางที่ 2 ถึง 4 แสดงคุณภาพการสี คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง และความหอมของข้าวหอมมะลิหลังจากอบด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ เมื่อเทียบกับคุณภาพและคุณสมบัติเบื้องต้นโดยไม่มีการอบสำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น $24.64\%\text{wb}$ $20.44\%\text{wb}$ และ $13.00\%\text{wb}$ ตามลำดับ การเปรียบเทียบคุณสมบัติความหนืดน้ำแป้งที่ทำให้ข้าวเปลือกหลังการอบเปลี่ยนเป็นข้าวเก่าใช้ค่าอุณหภูมิแป้งสุก ความคงตัวแป้งสุก และความหนืดสุดท้ายแป้งสุกของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งได้จากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นค่าเปรียบเทียบ โดยที่ค่าคุณสมบัติทั้งสามต้องไม่น้อยกว่าค่าของข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิในการอบ 55°C ขึ้นไปสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของข้าวเปลือกหอมมะลิจากข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้นจะใช้เวลาในการอบน้อยลง ทั้งนี้โดยมีระยะเวลาขั้นต่ำในการอบสำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิที่خبอบระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 การอบเพื่อเร่งความแก่นี้ยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออบข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ส่วนในด้านความขาวของเมล็ดข้าวสารแม้ว่ามีค่าลดลงจากความขาวเริ่มต้น แต่ก็ยังมีค่าดัชนีความขาวสูงกว่าค่าต่ำสุดที่ยอมรับในทางการค้า ซึ่งมีค่า 37 หน่วยโดยเครื่องวัดความ

ชาวยี่ห้อ Kett (สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ และคณะ, 2541) อย่างไรก็ตาม การอบดังกล่าวทำให้ความหอมหมดไป ทั้งนี้เพราะกลิ่นระเหยได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน

สรุปผลการศึกษา

การอบข้าวเปลือกหอมมะลิในภาชนะปิดแน่นด้วยอุณหภูมิ 55°C ขึ้นไปสามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวจากข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงจะใช้เวลาในการอบน้อยลง การอบเพื่อเร่งความเก่านี้ยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ตันข้าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออบข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ในขณะที่ความขาวของเมล็ดข้าวสารยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้า แต่จะสูญเสียความหอม

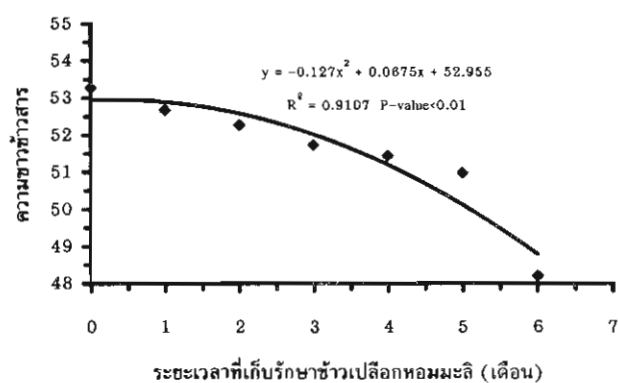
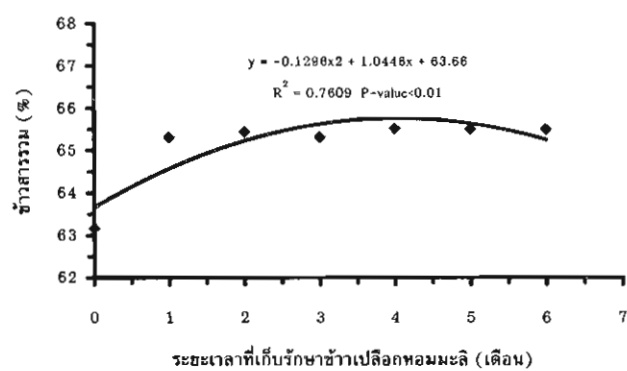
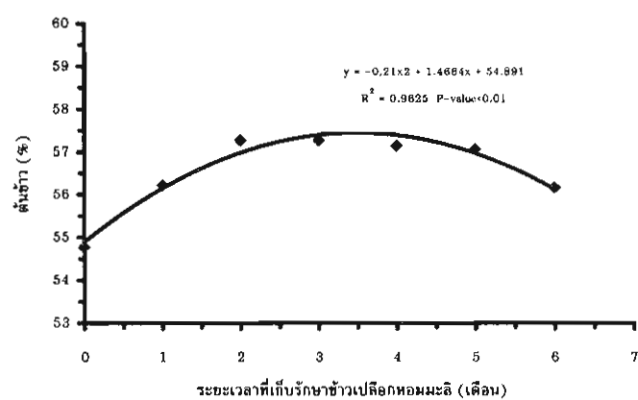
คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ โครงการพัฒนานักศึกษาด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้การสนับสนุนการศึกษานี้

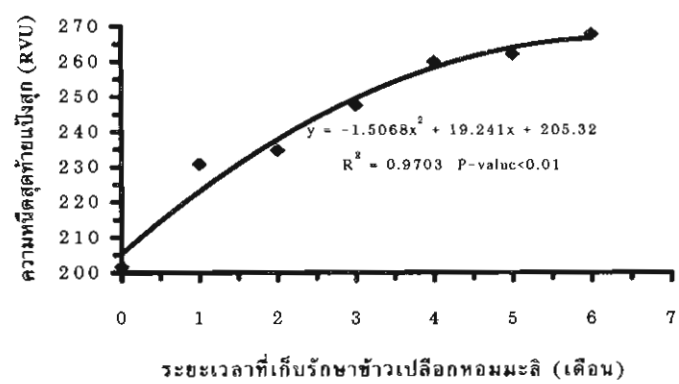
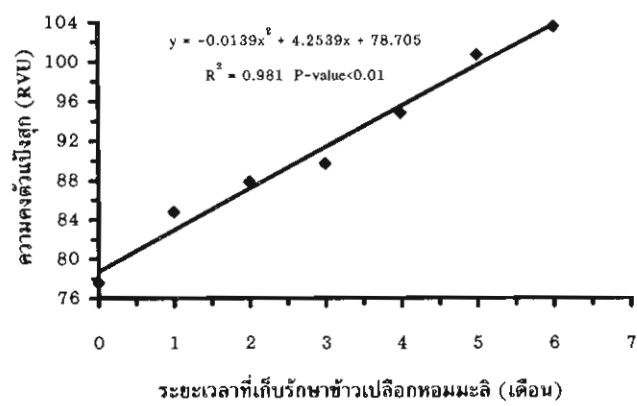
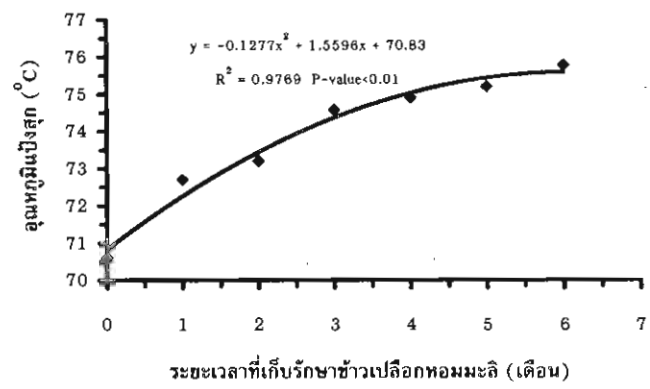
เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าภายใน. *สถิติราคาข้าว ผลิตภัณฑ์ข้าว และกระสอบป่าน ปี2520-2532*. กองควบคุมข้าว (กองข้าวและพืชไร่) กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2532.
- กรมการค้าภายใน. *การรับรองมาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ*. กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2540.
- กลุ่มข้าว. *คู่มือการดำเนินงานโครงการเร่งรัดการผลิตข้าวหอมมะลิ ปี 2538*. กองส่งเสริมพืชไร่ กรมส่งเสริมการเกษตร. 2538.
- งามชื่น คงเสรี. *คุณภาพข้าว: ด้านการบริโภคและหุงต้ม*. เอกสารการสัมมนาเชิงปฏิบัติการคุณภาพข้าว. ณ กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. 2539 ก.

- งามชื่น คงเสรี. **คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก**. เอกสารการฝึกอบรมการรักษาคุณภาพข้าวสารและการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก. ณ อาคารฝึกอบรมศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี. 2539 ข.
- งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพูลศรี สว่างจิต. คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าว กข.23 และชัยนาท 1 ในข้าวดอกมะลิ 105. **วารสารวิชาการเกษตร** 2542; 17(3) : 231-238.
- สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, อติเทพ ทวีรัตนพาณิชย์, สมบูรณ์ เวชกามา, งามชื่น คงเสรี และสุนันทา วงศ์ปิยชน. **ผลพลอยได้จากการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไอเซชัน**. เอกสารประกอบคำบรรยายในการประชุมราชบัณฑิต, สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน; 2541.
- อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง. **ประมวลความรู้เรื่องข้าว**. มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย,กรุงเทพฯ. 2533.
- Indudhara Swamy, Y.M., Sowbhagya, C.M., and Bhattacharya, K.R. **Changes in the physicochemical properties of rice with aging**. J. Sci. Food Agric. 1978. 29:627-639.
- Juliano B, editor. **Rice : Chemistry and technology**. Second edition. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota; 1985.
- Moritaka, S. and Yasumatsu, K., Studies on cereals.X.The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. **Eiyo To Shokuryo**, Vol. 25. 1972.
- Normand, F.L., Hogan, J.T., and Deobald, H.J. 1964. Improvement of culinary quality of freshly harvested rice by heat treatment. **Rice. J.** 1995. 67:7-10.



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมและความขาวข้าวสาร
กับระยะเวลาที่เก็บรักษา



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแห้งสูง ความคงตัวแห้งสูง และความหนักสุดท้ายแห้งสูงกับระยะเวลาที่เก็บรักษา

ตารางที่ 2

คุณสมบัติของข้าวเริ่มต้นและหลังการอบโดยใช้อุณหภูมิและเวลาระดับต่างๆ

สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 24.64%wb

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความชื้นน้ำแป้ง			ความหอม
		ต้นข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสูก (°C)	ความคงตัว แป้งสูก (RVU)	ความเหนียวสุดท้าย แป้งสูก (RVU)	
เริ่มต้น	0	53.83	63.76	52.90	70.45	72.97	195.00	ปานกลาง
40	65	58.60	64.49	47.93	72.17	93.81	252.70	ไม่มี
	67	57.68	64.24	47.90	72.33	94.23	253.83	ไม่มี
	69	56.80	64.04	47.50	72.48	94.87	254.50	ไม่มี
	71	57.27	64.24	46.37	72.62	95.61	255.15	ไม่มี
	73	58.57	64.44	46.83	73.02	96.20	256.04	ไม่มี
45	49	56.52	64.07	47.77	73.05	98.06	254.75	ไม่มี
	51	57.09	64.45	47.87	73.22	98.58	255.11	ไม่มี
	53	57.20	64.52	47.73	73.35	99.41	256.22	ไม่มี
	55	56.68	64.32	47.63	73.63	99.83	257.43	ไม่มี
	57	57.60	64.53	47.13	73.88	100.13	258.87	ไม่มี
50	38	59.28	64.63	47.77	73.28	99.08	256.64	ไม่มี
	40	59.44	64.72	47.67	73.42	99.06	257.17	ไม่มี
	42	59.19	64.65	47.33	73.65	100.04	258.86	ไม่มี
	44	59.80	64.91	47.13	73.92	100.94	259.77	ไม่มี
	46	59.35	65.20	47.00	74.42	101.91	260.97	ไม่มี
55	20	61.57	66.16	45.03	75.08	102.15	264.19	ไม่มี
	22	61.15	66.09	44.30	75.33	102.80*	264.78	ไม่มี
	24	61.27	66.40	44.07	75.50*	103.80*	265.94	ไม่มี
	26	60.63	65.85	43.97	75.62*	104.66*	266.80*	ไม่มี
	28	60.93	66.11	43.30	75.88*	106.66*	268.30*	ไม่มี
60	11	61.79	66.72	44.00	74.57	104.03*	265.50	ไม่มี
	12	61.76	66.63	43.67	75.02	104.29*	266.48	ไม่มี
	13	61.95	66.71	43.40	75.70*	104.90*	267.22*	ไม่มี
	14	61.71	66.79	42.33	75.95*	105.71*	267.89*	ไม่มี
	15	61.83	66.93	42.07	76.67*	106.07*	269.76*	ไม่มี

ตารางที่ 2 (ต่อเนื่อง)

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง			ความหอม
		ตันข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสุก (°C)	ความคงตัว แป้งสุก (RVU)	ความหนืดสุดท้าย แป้งสุก (RVU)	
65	5	51.71	64.37	45.70	74.42	103.17*	262.86	น้อย
	6	56.57	65.11	44.90	74.77	104.33*	264.44	ไม่มี
	7	58.12	65.23	44.17	75.40	104.76*	266.19*	ไม่มี
	8	60.19	66.32	42.93	75.78*	105.40*	268.74*	ไม่มี
	9	61.07	66.44	41.27	75.87*	106.86*	271.14*	ไม่มี
70	2	53.17	66.13	47.37	74.62	104.16*	265.05	น้อย
	3	59.05	66.81	45.60	75.30	104.74*	266.42	ไม่มี
	4	60.59	67.09	44.90	75.63*	104.98*	267.14*	ไม่มี
	5	62.73	67.56	42.13	76.27*	105.73*	268.36*	ไม่มี
	6	63.12	67.49	41.43	76.78*	106.61*	270.32*	ไม่มี

หมายเหตุ: ค่าคุณสมบัติแป้งที่ตามด้วยเครื่องหมาย * มีค่าอย่างน้อยเทียบเท่ากับค่าของข้าวที่มีอายุเก็บรักษา 6 เดือน ที่ระดับความชื้น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3

คุณสมบัติของข้าวเริ่มต้นและหลังการอบโดยใช้อุณหภูมิและเวลาระดับต่าง ๆ สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 20.44%wb

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง			ความหอม
		ตันข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสุก (°C)	ความคงตัว แป้งสุก (RVU)	ความหนืดสุดท้าย แป้งสุก (RVU)	
เริ่มต้น	0	53.17	63.50	52.63	69.85	76.28	200.50	ปานกลาง
40	83	56.77	65.07	46.73	72.23	89.78	239.81	ไม่มี
	85	56.91	65.05	46.77	72.43	90.38	241.53	ไม่มี
	87	56.69	64.93	46.40	72.73	91.36	243.58	ไม่มี
	89	56.95	65.00	46.47	72.95	92.30	245.53	ไม่มี
	91	57.01	65.01	46.17	73.07	93.75	246.57	ไม่มี
45	63	57.88	65.32	47.00	72.93	89.77	243.22	ไม่มี
	65	58.08	65.20	47.17	73.07	90.37	245.61	ไม่มี
	67	57.73	65.21	46.93	73.22	91.34	247.78	ไม่มี
	69	57.84	65.20	46.37	73.42	92.70	248.77	ไม่มี
	71	57.51	65.10	46.13	73.68	93.64	250.07	ไม่มี

ตารางที่ 3 (ต่อเนื่อง)

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง			ความหอม
		ต้นข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสุก (°C)	ความคงตัว แป้งสุก (RVU)	ความหนืดสุดท้าย แป้งสุก (RVU)	
50	50	56.48	64.87	47.07	73.08	98.81	243.95	ไม่มี
	52	57.20	65.05	47.07	73.33	99.56	245.36	ไม่มี
	54	57.50	65.04	46.87	73.52	99.88	248.56	ไม่มี
	56	57.61	65.11	46.63	73.75	100.51	250.25	ไม่มี
	58	57.73	65.11	46.57	74.07	101.10	251.78	ไม่มี
55	28	57.60	65.07	46.53	73.85	103.75	265.28	ไม่มี
	30	58.24	65.28	46.30	74.27	104.22	265.78	ไม่มี
	32	58.28	65.25	46.60	74.67	104.44*	266.36	ไม่มี
	34	57.90	65.16	46.53	75.12	104.77*	266.77	ไม่มี
	36	58.23	65.21	45.97	75.98*	105.30*	268.06*	ไม่มี
60	13	56.53	65.03	46.67	74.80	103.66	264.53	ไม่มี
	14	56.60	65.08	46.17	75.07	104.06*	265.08	ไม่มี
	15	57.24	65.25	45.67	75.30	104.67*	266.17	ไม่มี
	16	57.03	65.20	45.33	75.78*	105.27*	267.81*	ไม่มี
	17	57.40	65.20	45.07	75.95*	105.87*	268.74*	ไม่มี
65	7	55.64	65.51	47.43	75.05	104.00*	264.43	ไม่มี
	8	57.01	65.68	46.07	75.30	104.48*	265.31	ไม่มี
	9	57.24	65.60	45.57	75.52*	104.87*	266.55	ไม่มี
	10	58.16	65.83	44.20	75.80*	105.26*	267.66*	ไม่มี
	11	57.76	65.73	44.10	75.97*	105.81*	268.06*	ไม่มี
70	3	57.97	65.93	47.17	74.05	103.76*	264.34	น้อย
	4	58.20	65.84	46.57	74.95	104.20*	265.44	ไม่มี
	5	58.68	65.81	46.00	75.37	104.50*	266.60	ไม่มี
	6	58.37	65.77	45.67	75.78*	105.20*	267.64*	ไม่มี
	7	58.43	65.90	44.73	76.03*	105.82*	268.08*	ไม่มี

หมายเหตุ: ค่าคุณสมบัติแป้งที่ตามด้วยเครื่องหมาย * มีค่าน้อยเทียบเท่ากับค่าของข้าวที่มีอายุเก็บรักษา 6 เดือน ที่ระดับความชื้น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4

คุณสมบัติของข้าวเริ่มต้นและหลังการอบโดยใช้อุณหภูมิและเวลาระดับต่างๆ สำหรับข้าวเปลือก
ที่มีความชื้นเริ่มต้น 13.00%wb

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง			ความหอม
		ตันข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสุก (°C)	ความคงตัว แป้งสุก (RVU)	ความหนืดสุดท้าย แป้งสุก (RVU)	
เริ่มต้น	0	49.43	63.11	52.93	71.50	80.50	206.20	น้อย
40	116	49.57	63.64	48.77	72.43	88.83	242.07	ไม่มี
	118	47.79	63.51	48.93	72.47	89.95	243.42	ไม่มี
	120	47.03	63.30	48.70	72.70	91.05	245.34	ไม่มี
	122	46.63	63.40	48.87	73.03	92.25	246.30	ไม่มี
	124	45.77	63.23	48.70	73.23	92.80	249.12	ไม่มี
45	90	49.64	63.55	49.17	72.33	91.97	243.36	ไม่มี
	92	47.77	63.23	49.27	72.67	93.26	245.38	ไม่มี
	94	47.80	63.32	48.97	72.86	93.76	247.28	ไม่มี
	96	48.07	63.36	48.80	72.87	94.26	248.01	ไม่มี
	98	45.83	63.163	48.17	73.20	95.17	249.05	ไม่มี
50	70	47.37	63.28	48.70	73.25	95.17	249.08	ไม่มี
	72	41.48	62.81	48.77	73.55	95.92	251.51	ไม่มี
	74	42.03	62.81	48.07	73.73	97.44	253.24	ไม่มี
	76	38.20	62.60	48.23	73.85	98.30	255.44	ไม่มี
	78	41.50	62.80	47.60	74.37	99.07	257.08	ไม่มี
55	42	49.04	63.17	49.63	73.92	102.94*	261.40	ไม่มี
	44	45.20	62.80	49.03	74.27	103.96*	263.58	ไม่มี
	46	44.13	62.88	48.40	74.62	104.17*	265.61	ไม่มี
	48	41.45	62.90	48.50	75.73*	105.21*	267.80*	ไม่มี
	50	43.05	62.92	48.50	76.58*	106.68*	268.71*	ไม่มี
60	19	45.93	63.04	49.47	74.72	103.11*	265.36	ไม่มี
	20	42.20	62.85	49.40	75.45	104.11*	266.31	ไม่มี
	21	45.16	63.03	49.20	75.78*	105.17*	267.65*	ไม่มี
	22	49.57	63.32	49.20	76.02*	105.92*	268.25*	ไม่มี
	23	47.90	63.11	48.47	76.70*	106.76*	269.17*	ไม่มี

ตารางที่ 4(ต่อเนื่อง)

อุณหภูมิอบ (°C)	เวลาอบ (ชม.)	คุณภาพการสี			คุณสมบัติความหนืดน้ำแป้ง			ความหอม
		ต้นข้าว (%)	ข้าวสาร รวม(%)	ความ ขาว	อุณหภูมิ แป้งสุก (°C)	ความคงตัว แป้งสุก (RVU)	ความหนืดสุดท้าย แป้งสุก (RVU)	
65	12	36.29	62.51	50.10	75.60*	104.77*	265.11	ไม่มี
	13	41.52	62.81	49.43	75.78*	105.28*	267.78*	ไม่มี
	14	41.43	62.30	49.50	76.12*	106.17*	269.78*	ไม่มี
	15	41.62	62.40	49.45	76.27*	107.11*	271.28*	ไม่มี
	16	45.15	62.60	49.07	76.74*	108.78*	273.30*	ไม่มี
70	5	48.04	63.55	49.23	75.18	104.04*	259.76	ไม่มี
	6	47.43	63.27	49.27	75.77*	105.21*	267.78*	ไม่มี
	7	48.81	63.35	48.90	76.48*	106.31*	268.92*	ไม่มี
	8	48.61	63.40	48.87	76.87*	107.25*	276.80*	ไม่มี
	9	41.92	62.71	48.70	77.23*	108.28*	279.47*	ไม่มี

หมายเหตุ: ค่าคุณสมบัติแป้งที่ตามด้วยเครื่องหมาย * มีค่าน้อยเทียบเท่ากับค่าของข้าวที่มีอายุเก็บรักษา 6 เดือน ที่ระดับความชื้น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5

ระยะเวลาขั้นต่ำในการอบสำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิที่ใช้ออบระดับต่างๆ เพื่อให้ข้าวเปลือกหอมมะลิเปลี่ยนจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า

ความชื้นข้าวเปลือก (%wb)	ระยะเวลาที่ใช้ออบ (ชม.) ที่อุณหภูมิต่างๆ			
	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
24.64	26	13	8	4
20.44	36	16	10	6
13.00	48	21	13	6