Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 441-444 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 441-444 (2554)

ผลของการเป่าอากาศในถังเก็บรักษาที่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

Effects of Aeration in Bin Storage on Texture and Sensory Evaluation of Glutinous Rice Cultivar RD 6

ละมุล วิเศษ[1] ณัฐพล ภูมิสะอาด[1] ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล[2] และ ปัทมา เล้าประเสริฐ[2]
Lamul Wiset[1] Nattapol Poomsa-ad[1] Chaleeda Borompichaichartkul[2] and Pattama Laoprasert[2]

Abstract

The purpose of the research was to determine the changes in texture and sensory evaluation of cooked glutinous rice cultivar RD 6. The storage conditions were in bin with ambient aeration then stored at room temperature, cool aeration then stored at 15 and 20°C, compared to paddy stored in gunny bags. The samples were taken before storage and 2, 4 and 6 months of storage. The analysis of cooked glutinous rice using texture profile analysis (TPA) method showed that all paddy samples increased in hardness, cohesiveness and chewiness, while its adhesiveness decreased after 6 months storage. Furthermore, the paddy stored at ambient temperature and in gunny bags had the most changes in the texture properties. Sensory evaluation of cooked rice by trained panelists showed that paddy stored in bin with ambient aeration and in gunny bag were slightly yellow with unpleasant aroma. Hardness and chewiness of cooked rice increased, while adhesiveness and cohesiveness decreased after 6 months storage. The paddy stored at 15 and 20°C had the least changes in texture properties. The cooked rice obtained from paddy stored at 15 and 20°C were more acceptable by the panelists than those stored at ambient temperature and in gunny bags. Longer storage time led to the lowering of overall acceptance score.

Keywords: Aeration, cooking properties, storage

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวหุงสุกพันธุ์ กข 6 โดยมีสภาวะในการเก็บรักษาข้าวเปลือก ได้แก่ การเก็บในถังแบบมีการเป่าอากาศแวดล้อมและเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเป่าอากาศเย็นและเก็บที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในกระสอบ ทำการสุ่มตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาเดือนที่ 2 4 และ 6 ผลการทดลองจากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียว โดยวิธีทดสอบแบบ TPA พบว่าความแข็ง ความเกาะติดกัน และพลังงานในการเคี้ยว มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเหนียวติดกัน มีค่าลดลง โดยการเก็บข้าวเปลือกที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบ ข้าวเหนียวมีสีเหลือง และมีกลิ่นผิดปกติมากกว่าที่ 15 และ 20°C ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวพบว่าความแข็ง และพลังงานในการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้น ความเหนียวติดฟัน และความเกาะติดกันมีค่าลดลง ข้าวเปลือกที่เก็บที่ 15 และ 20°C มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด และผู้ทดสอบยอมรับข้าวเปลือกที่เก็บที่ 15 และ 20°C มากกว่าข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้การยอมรับมีค่าลดลง

คำสำคัญ: การเป่าระบายอากาศ สมบัติด้านการหุงต้ม การเก็บรักษา

คำนำ

หลังจากการเก็บเกี่ยว ข้าวเปลือกจะถูกนำมาลดความชื้นและเก็บรักษาเพื่อรอเวลาในการนำออกจำหน่าย และเพื่อให้ได้ลักษณะของข้าวหุงขึ้นหม้อ เพราะข้าวเจ้าที่เก็บเกี่ยวใหม่เมื่อนำมาหุงสุก ข้าวจะแฉะ ไม่ขึ้นหม้อ แต่เมื่อผ่านการเก็บ

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
[1]Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang District, Kantarawichai Mahasarakham 44150
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กทม. 10330
[2]Department of Food Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Payathai Rd., Patumwan, Bangkok, 10330

รักษา หรือ ที่เรียกว่า กระบวนการ aging คุณภาพในการหุงต้มจะดีขึ้น ข้าวร่วนขึ้น ไม่ติดกันเป็นก้อนแฉะ สำหรับด้านคุณภาพการสี ร้อยละข้าวต้นของข้าวเก็บเกี่ยวใหม่จะมีปริมาณต่ำ ทำให้ข้าวมีคุณภาพต่ำและขายไม่ได้ราคา ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้าวเจ้าที่มีปริมาณต้นข้าวสูงและคุณภาพในการหุงต้มดี จึงต้องเก็บข้าวเปลือกไว้เพื่อให้ข้าวกลายเป็นข้าวเก่า แต่ในกรณีของข้าวเหนียว ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสต้องเหนียวนุ่มและติดมือ การเก็บรักษาเป็นเวลานาน ส่งผลให้ข้าวเหนียวมีความเหนียวนุ่มลดลง นอกจากนี้หากเมล็ดอยู่ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการเน่าเสีย เช่น เก็บในสภาพที่ความชื้นสูง ทำให้ข้าวดูดซับความชื้นกลับคืน เมล็ดมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้น เกิดความร้อนและความชื้นสะสมภายในกองข้าวทำให้จุลินทรีย์เจริญและข้าวมีสีเข้มขึ้น (เอกสงวน ชูวิสิฐกุล, 2544; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550; Zhou *et al*., 2002) มีงานวิจัยแสดงว่าการเก็บรักษาข้าวในถังเก็บแบบมีการเป่าอากาศ สามารถระบายความร้อนสะสมภายในกองข้าว ที่เกิดจากกระบวนการหายใจของเมล็ดข้าว ลดความชื้น ชะลอการเติบโตของจุลินทรีย์ และชะลอการเกิดข้าวเมล็ดสีเหลืองได้ (Phillips *et al*., 1988; Ranalli *et al*., 2003) ผู้บริโภคนิยมบริโภคข้าวเหนียวใหม่เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวสุกจะเหนียวและนุ่มกว่าข้าวเหนียวที่ผ่านการเก็บรักษา ซึ่งตรงกันข้ามกับข้าวเจ้า ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาลักษณะความเหนียวนุ่มเหมือนข้าวเหนียวใหม่ การเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำหรือมีการระบายความร้อนออกจากกองข้าวโดยการเป่าอากาศอุณหภูมิต่ำ อาจช่วยรักษาคุณภาพข้าวเหนียวให้ใกล้เคียงกับข้าวเหนียวใหม่ซึ่งตรงกับลักษณะความต้องการของผู้บริโภค งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพและเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวเจ้า แต่มีข้อมูลสำหรับข้าวเหนียวน้อยมาก งานวิจัยนี้เน้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บรักษารวมถึงอุณหภูมิและระยะเวลา

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 6 ปลูกในเขตพื้นที่อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม และเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 หลังจากเก็บเกี่ยวลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากแดด คัดแยกเศษฟาง เมล็ดข้าวลีบและสิ่งปนเปื้อนออก จากนั้นเก็บรักษาในถังเหล็กซึ่งต่อกับระบบส่งอากาศเย็น หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 78 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตร มีตะแกรงปิดด้านบนของถัง บรรจุข้าวเปลือก 250 กิโลกรัมต่อถัง ถังที่ 1 เป่าอากาศโดยใช้อุณหภูมิแวดล้อม ด้วยความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยเครื่องจะทำการเป่าอัตโนมัติทุกวันในช่วงเวลา 5.00-7.00 น. ส่วนถังที่ 2 และ 3 เก็บรักษาโดยเป่าด้วยอากาศเย็นที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเครื่องจะเป่าอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของเมล็ดที่วัดจากส่วนล่าง (สูง 30 เซนติเมตร) ส่วนกลาง (สูง 60 เซนติเมตร) และส่วนบน (สูง 90 เซนติเมตร) ของถัง มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่เก็บรักษา และจะหยุดเป่า เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของเมล็ดเท่ากับอุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งมี Thermocouple วัดอุณหภูมิของกองข้าวภายในถัง มีอยู่ด้วยกัน 3 จุดตามแนวแกนกลางของถัง การทดลองเริ่มต้นเมื่อธันวาคม 2550 ถึง พฤษภาคม 2551 (อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 64-80%) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการสุ่มตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาและทุก 2 เดือน จากถังเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างจากส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของถัง เก็บข้าวที่ไม่มีการเป่าอากาศไว้ในกระสอบพลาสติกสานทั้งหมด 10 กระสอบ และสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มและการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) วัดด้วยเครื่อง Instron universal materials testing machine หัววัดชนิดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตัวอย่างข้าวเหนียวสุกที่นำมาวัดค่านั้นจะต้องมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ก่อนวัดเนื้อสัมผัสเก็บข้าวไว้ในภาชนะที่สามารถเก็บความร้อนได้ (Gujral and Kumar, 2003) สำหรับการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสใช้วิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive test) โดยใช้สเกลเส้นตรงระดับความเข้ม 0-10 ทดสอบโดยใช้ข้าวเหนียวสุก 15 กรัม ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน เป็นกลุ่มนิสิตปริญญาโทของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขณะทดสอบควบคุมอุณหภูมิของข้าวเหนียวสุกให้อยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส ให้พิจารณาจากสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการทดสอบการยอมรับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก เป็นลักษณะที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวพันธุ์ กข 6 หุงสุก โดยวิธีการทดสอบแบบ TPA ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ได้ค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความ

เหนียวติดกัน (Adhesiveness) ความเกาะติดกัน (Cohesiveness) และพลังงานในการเคี้ยว (Chewiness) ดังแสดงในตารางที่ 1 และการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบแสดงในตารางที่ 2

Table 1 Texture of cooked glutinous rice cv. RD 6 during storage under various conditions.

Storage condition	Storage time (months)	Hardness (gf)	Adhesiveness (gf-mm)^{ns}	Cohesiveness	Chewiness (gf)^{ns}
-	0	1055.79±57.30^{f}	418.4±41.49	0.11±0.02^{d}	53.95±18.31
15 °C	2	1179.43±77.15^{e}	349.29±84.15	0.15±0.05^{cd}	52.77±9.23
	4	1288.08±80.78^{de}	327.59±14.35	0.17±0.04^{bc}	62.39±25.63
	6	1394.07±100.39^{bcd}	327.62±61.14	0.21±0.01^{ab}	64.62±23.37
20 °C	2	1201.86±77.98^{e}	351.12±83.06	0.17±0.04^{bc}	52.25±13.97
	4	1388.80±65.15^{bcd}	312.53±69.84	0.19±0.04^{abc}	61.15±30.04
	6	1440.39±95.42^{bc}	265.37±55.45	0.19±0.03^{abc}	68.42±30.91
ambient	2	1329.01±77.3^{cd}	304.41±74.28	0.19±0.05^{abc}	58.03±13.12
	4	1476.48±70.59^{ab}	258.63±81.19	0.19±0.03^{abc}	71.14±49.67
	6	1581.81±110.14^{a}	270.54±56.24	0.19±0.03^{abc}	77.33±41.12
gunny bag	2	1291.90±57.12^{de}	307.57±99.44	0.20±0.01^{abc}	51.26±20.36
	4	1419.57±68.11^{bc}	285.56±87.83	0.23±0.03^{a}	62.21±10.9
	6	1475.73±124.25^{ab}	253.33±112.67	0.19±0.03^{abc}	70.01±44.82

Means with the different letter within a column are significantly different ($p<0.05$) by DMRT

^{ns} = non significance ($p>0.05$)

Table 2 Descriptive score by sensory evaluation of cooked glutinous rice cv. RD 6 during storage under various conditions.

Storage condition	Storage time (months)	Colour	Odour	Hardness	Adhesiveness	Overall liking
-	0	1.9±0.4^{d}	1.3±0.5^{ef}	2.4±0.5^{g}	7.1±0.3^{a}	8.5±0.6^{a}
15 °C	2	2.1±0.5^{d}	1.3±0.5^{ef}	2.4±0.5^{g}	6.8±0.5^{ab}	7.1±0.5^{b}
	4	2.8±0.4^{c}	2.3±0.4^{a}	3.0±0.4^{def}	6.4±0.4^{cd}	6.2±0.6^{def}
	6	2.94±0.4^{c}	1.6±0.5^{cde}	3.4±0.4^{cd}	6.2±0.4^{cd}	6.4±0.5^{cde}
20 °C	2	2.6±0.4^{c}	1.2±0.4^{f}	3.0±0.5^{ef}	6.5±0.5^{bc}	6.8±0.6^{bc}
	4	2.9±0.4^{c}	2.1±0.6^{ab}	3.0±0.6^{ef}	6.3±0.5^{cd}	6.3±0.4^{cdef}
	6	3.0±0.5^{c}	1.7±0.4b^{cde}	3.6±0.3^{bc}	6.4±0.4^{cd}	6.5±0.5^{cd}
ambient	2	2.7±0.5^{c}	1.5±0.7^{def}	2.9±0.6^{f}	6.6±0.5^{bc}	6.2±0.5^{def}
	4	3.0±0.4^{c}	1.8±0.4^{bcd}	3.1±0.5^{def}	6.3±0.4^{cd}	5.9±0.5^{f}
	6	3.6±0.5^{b}	2.0±0.5^{abc}	3.9±0.5^{b}	6.0±0.4^{d}	5.9±0.4^{f}
gunny bag	2	2.7±0.5^{c}	1.4±0.3^{def}	3.0±0.5^{def}	6.2±0.6^{cd}	6.2±0.7^{def}
	4	3.0±0.4^{c}	1.9±0.5^{abc}	3.4±0.5^{cde}	6.5±0.5^{bc}	6.0±0.5^{ef}
	6	4.4±0.5^{a}	1.8±0.4^{bcd}	4.4±0.6^{a}	6.0±0.5^{d}	5.4±0.5^{g}

Means with the different letter within a column are significantly different ($p<0.05$) by DMRT

จากตารางที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าสภาวะและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวหุงสุก โดยเฉพาะค่าความแข็ง ที่วัดโดยวิธี TPA มีค่าเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีคะแนนความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การเก็บรักษาข้าวเหนียวที่อุณหภูมิต่างๆ และเก็บในกระสอบ มีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของข้าวเหนียวหุงสุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของข้าวเหนียวหุงสุกของข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส มากกว่า

ที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบ เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า มีคะแนนการยอมรับโดยรวมของข้าวเหนียวหุงสุกมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง (Meullenet *et al*., 2000; Zhou *et al*., 2007) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสในข้าว Tsugita *et al.* (1983) เก็บรักษาข้าวกล้องพันธุ์ Koshihikari ที่อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้ข้าวมีค่าความแข็ง และความเกาะติดกันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเหนียวติดกันของข้าวลดลง ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Zhou *et al.* (2007) ที่ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อลักษณะการหุงต้มข้าว โดยใช้ข้าวสารพันธุ์ Koshihikari (แอมิโลส 18%) Kyeema (แอมิโลส 20%) และ Doongara (แอมิโลส 29%) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 37 องศาเซลเซียส 16 เดือน พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกมีค่าความแข็ง และความเกาะติดกันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเหนียวติดกันลดลงเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

สรุป

ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ ได้แก่ การเก็บในถังแบบมีการเป่าลมอากาศแวดล้อมและเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเป่าอากาศเย็นและเก็บที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในกระสอบ เมื่อสุ่มตัวอย่างมาหุงแล้วทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าความแข็ง ความเกาะติดกันและพลังงานในการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเหนียวติดกันมีค่าลดลง โดยข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด สำหรับการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าข้าวเปลือกที่เก็บที่ 15 และ 20°C ข้าวมีสีเหลืองและกลิ่นผิดปกติน้อยกว่าข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบ และผู้ทดสอบยอมรับข้าวเปลือกที่เก็บที่ 15 และ 20°C มากกว่าข้าวเปลือกที่เก็บที่อุณหภูมิแวดล้อม และเก็บในกระสอบ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้การยอมรับมีค่าลดลง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยและสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในการสนับสนุนเงินทุนพัฒนาศักยภาพในการทำวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ ปี 2550

เอกสารอ้างอิง

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล. 2544. เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธุ์ดี. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพมหานคร. 137 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 366 หน้า.

Gujral, H. S. and V. Kumar. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. Journal of Food Engineering 59 : 117–121.

Meullenet, J. F., B. P. Marks, J. A. Hankins, V. K. Griffin and M. J. Daniels. 2000. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. Cereal Chemistry 77(2) : 259-263

Phillips, S., S. Widjaja, A. Wallibridge and R. Cooke. 1988. Rice yellowing during postharvest drying by aeration and during storage. Journal of Stored Products Research 24 : 173-181.

Ranalli, R. P., T. A. Howell and T. J. Siebenmorgen. 2003. Effects of controlled ambient aeration on rice quality during on-farm storage. Cereal Chemistry. 80: 9-12.

Tsugita, T., T. Ohta and H. Kato. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different condition. Agricultural Biology and Chemistry 47(3) : 543-549.

Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell and C. Blanchard. 2002. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. Journal of Cereal Science 35 : 65-78.

Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell and C. Blanchard. 2007. Effect of storage temperature on cooking behavior of rice. Food Chemistry 105: 491-497.