Kasetsart J. (Nat. Sci.) 33 : 134 - 145 (1999) ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) ปีที่ 33 : 134 - 145 (2542)

การอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน เพื่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ด

Paddy Drying by Fluidization Technique for Increasing Head Rice Yield

อดิเทพ ทวีรัตนพาณิชย์[1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1] สมบูรณ์ เวชกามา[1]
งามชื่น คงเสรี[2] และ สุนันทา วงศ์ปิยชน[2]

Adithap Taweerattanapanish, Somchart Soponronnarit, Somboon Wetchacama, Ngamchuen Kongseree, and Sunanta Wongpiyachon

ABSTRACT

Experimental result of fluidized bed paddy drying by high air temperature (140 and 150°C) at various initial and final moisture contents showed that head rice yield could be increased to a maximum value at the range of final moisture content of paddy of 19-22 % wet-basis. The factors affecting the increase of head rice yield were the initial and final moisture content of paddy and the tempering process.

Key words : drying, fluidization, paddy, head rice yield, whiteness.

บทคัดย่อ

จากการอบแห้งข้าวเปลือกที่ระดับความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกค่าต่างๆ โดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชันที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งสูง (140 และ 150°C) พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดได้ โดยเพิ่มได้สูงสุด เมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 19-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดคือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือก และการอบแห้งในที่อับอากาศ (tempering)

[1] คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนสุขสวัสดิ์ 48 กรุงเทพ 10140
School of Energy and Material, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Suksawat 48 Rd., Bangkok 10140 Thailand.

[2] ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ถนนรังสิต-นครนายก กม. 13, ปทุมธานี 12110
Pathum Thani Rice Research Center, Rungsit-Nakorn Nayok.,Km.13, Pathumthani 12110 Thailand.

คำนำ

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทยในปัจจุบันคือ ข้าว เพราะนอกจากข้าวจะเป็นอาหารหลักของคนไทยแล้ว ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกสำคัญที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละจำนวนมาก ราคาของข้าวจะแปรผันตามคุณภาพของข้าว เช่น เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ความขาวของข้าวสาร เป็นต้น โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดจะมีผลอย่างมากต่อราคาของข้าว ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมข้าวของประเทศ

เรืองศรี (2521) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 43 49 และ 60°C โดยมีอัตราการไหลของอากาศ 6.7 13.3 20.0 และ 26.7 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวเปลือก และชั้นข้าวเปลือกมีความหนา 0.9 เมตร พบว่าอุณหภูมิอากาศอบแห้ง ไม่ควรสูงกว่า 49°C มิฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดจะต่ำ และความหนาไม่ควรมากกว่า 0.6 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงความแตกต่างของความชื้น ระหว่างชั้นในและชั้นนอกของเมล็ดพืชมากเกินไป และพบว่าอัตราการไหลไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสีข้าวเปลือก

Reyes and Jindal (1988) ศึกษาผลกระทบของการทำ heat treatment ที่มีต่อ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด โดยนำข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 26-30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มาทำการตากแดด จนได้ความชื้นสุดท้าย 18-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการ heat treatment ใน rotary conduction heating unit พบว่า ข้าวที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มมากขึ้น สันนิษฐานว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากการเกิด gelatinization ของเม็ดแป้งในเมล็ดข้าว

Sutherland and Ghaly (1990) ศึกษาการอบแห้งข้าวโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน ทำการอบแห้งข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 22 และ 26 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก อบแห้งจนเหลือความชื้น 16-19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ที่ความสูงเบด 2.5 เซนติเมตร อุณหภูมิที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 40-90°C ผลจากการทดลองพบว่า ในกรณีที่อบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้น 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้น 17 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดอยู่ในช่วง 58-61 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่ออบแห้งจนเหลือความชื้น 16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดอยู่ในช่วง 15-24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้มีค่าต่ำมาก ในกรณีที่อบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้น 26 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้น 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดอยู่ในช่วง 55-58 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่ออบแห้งให้ความชื้นต่ำลงกว่านี้ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้มีค่าต่ำมาก

Noomhorm and Chen (1991) ศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะอากาศแบบเขตร้อนต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวระหว่างการสีข้าวเปลือก พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิแวดล้อมในการสีข้าวเปลือกที่ความชื้นสัมพัทธ์ค่าต่างๆ โดยเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ลดลงประมาณ 3.51 1.26 และ 1.65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 20-35°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงสุดคือ 56.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 20°C

Soponronnarit and Prachayawarakorn (1994) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูงโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน ทำการศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวเปลือก และพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลจำเพาะของอากาศ และอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานลด

ลงเมื่อลดอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ หรือเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอากาศกลับมาใช้ใหม่ การอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อให้ได้คุณภาพดีไม่ควรใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้งเกิน 115°C และความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งไม่ควรต่ำกว่า 24-25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและความขาวของข้าวสารเป็นหลัก เมื่ออบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้นข้าวเปลือก 45.3 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 100 130 และ 150°C พบว่าที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 100 และ 130°C เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดลดลงเมื่ออบแห้งให้ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกลดต่ำลงขณะที่เมื่อใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 150°C พบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่ออบแห้งให้ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกลดต่ำลง สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากการเกิด gelatinization บางส่วนของข้าว เป็นผลให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาอาจสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการทำให้เปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน ใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 150°C ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชันเพื่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ด โดยพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดอบแห้งเป็นงวด มีห้องอบแห้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 140 เซนติเมตร อุปกรณ์ให้ความร้อนขนาด 12 กิโลวัตต์ โดยมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ พัดลมที่ใช้ในการอบแห้งเป็นแบบเหวี่ยงใบพัดโค้งหลังใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ มีตัวปรับความเร็วรอบของพัดลม เพื่อให้ได้อัตราการไหลของอากาศตามที่ต้องการ ที่บริเวณทางออก และบริเวณท่ออากาศเวียนกลับ มีการติดตั้งวาล์ว เพื่อปรับอัตราการหมุนเวียนกลับของอากาศกลับมาใช้ใหม่ รายละเอียดดังกล่าวดูได้จาก Figure 1

ในการทดลองนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 23-31 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก มาทำการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้งสูง คือ 140 และ 150°C อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 13-29 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปปฏิบัติการต่อใน 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่ 1 นำข้าวที่ผ่านการอบแห้งมาปล่อยไว้ให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 20-30 นาที จากนั้นนำไปเป่าด้วยอากาศเย็นภายในเครื่องอบแห้งแบบถาด จนเหลือความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หลังจากนั้นจึงนำข้าวไปผ่านกระบวนการสีข้าวต่อไป

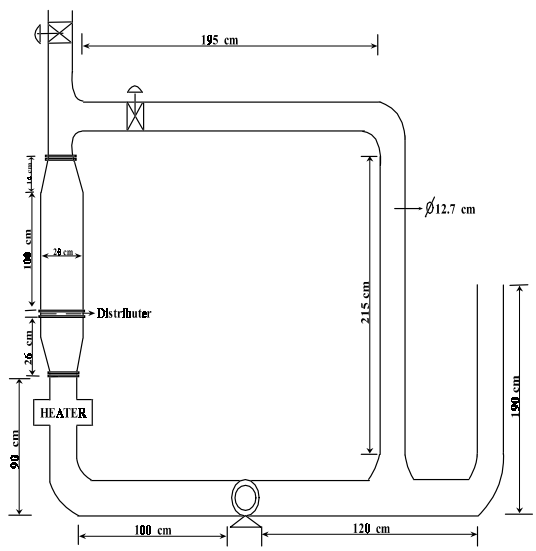

Figure 1 Detail of Fluidized Bed Dryer.

ลักษณะที่ 2 นำข้าวที่ผ่านการอบแห้งแล้วนำมาผ่านกระบวนการ tempering ซึ่งก็คือการนำข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งมาทำการให้ความร้อนต่อทันที ในขวดอับอากาศภายในตู้อบ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ที่ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 30.7 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ใช้อุณหภูมิของข้าวเปลือกที่ออกจากเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิสำหรับการ temperingขณะที่ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกค่าอื่น ๆ ใช้อุณหภูมิสำหรับการ tempering เท่ากับ 60°C) จากนั้นจึงนำข้าวไปเป่าด้วยอากาศเย็นในเครื่อง tray dryer จนเหลือความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกเท่ากับ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หลังจากนั้นจึงนำข้าวไปผ่านกระบวนการสีข้าวต่อไป

ในการพิจารณาคุณภาพข้าวเปลือกจะพิจารณา3 ส่วนคือ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์ (คำนวณได้จากการนำเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดของข้าวที่ผ่านการอบแห้ง หารด้วยเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดของข้าวที่ผ่านการ อบแห้งด้วยอากาศแวดล้อม) สีของข้าวสารแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ (คำนวณได้จากการนำความขาวของข้าวที่ผ่านการอบแห้ง หารด้วยความขาวของข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศแวดล้อม) ในการวัดความขาวของข้าวสาร ใช้เครื่องวัดความขาวของ Kett และความยอมรับในการบริโภคข้าว แสดงในรูปของคะแนนสำหรับ 5 คุณลักษณะของข้าวโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 9-10 คนจะทำการชิมข้าว และให้คะแนนตั้งแต่ 1-9 ตามระดับความเข้มข้นของแต่ละคุณลักษณะ ซึ่งความหมายของระดับคะแนนในแต่ละคุณลักษณะแสดงดัง Table 1 ในการทดสอบกรณีนี้เพื่อหาข้อมูลที่ชัดเจนจากผู้ทดสอบว่า ข้าวที่ชิมเป็นข้าวเก่าหรือข้าวใหม่ เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางสำหรับการทำข้าวเก่าเทียมต่อไป

ผลและวิจารณ์

1. เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด

1.1 อิทธิพลของปริมาณความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด

Figure 2 และ 3 แสดงผลการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140 และ 150°C ไม่มีการ tempering พบว่า เมื่อความชื้นเริ่มต้นของ

Table 1 Correlation between eating-quality scores and the intensity of various attributes.

Score	Bad smell	Whiteness	Gloss	Cohesiveness	Tenderness
9	Very strong	White	Very glossy	Very sticky	Very tender
7	Moderately strong	Creamish white	Moderately glossy	Moderately sticky	Moderately tender
5	Moderate	Slightly brown	Slightly glossy	No sticky - No separated	No tender - No tough
3	Weak	Moderately brown	Moderately dull	Moderately separated	Moderately tough
1	No smell	Brown	Very dull	Well separated	Very tough

(งามชื่น, 2529)

ข้าวเปลือกสูงขึ้น สามารถเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดได้มากขึ้น โดยช่วงที่สามารถเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดได้สูงสุด เมื่ออบแห้งข้าวเปลือกจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 19-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เนื่องจากถ้าความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกสูงกว่า 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก อุณหภูมิของข้าวเปลือกจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้ข้าวเกิด gelatinization ได้สมบูรณ์ โดยอุณหภูมิที่ทำให้เกิด gelatinization ได้สมบูรณ์มีค่าประมาณ 78°C (ศศิเกษม และพรรณี, 2530) ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้ต่ำกว่าในช่วงความชื้นสุดท้าย 19-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ขณะที่ที่ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวเปลือกได้รับความร้อนเป็นเวลานาน อัตราการอบแห้งลดลง ความร้อนส่วนหนึ่งจะทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดต่ำลงเรื่อยๆ เมื่ออบแห้งให้ความชื้นสุดท้ายต่ำลง

Figure 4 และ 5 แสดงผลการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140 และ 150°C มีการทำ tempering 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60°C พบว่าช่วงที่สามารถเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดได้สูงสุดคือ เมื่ออบแห้งจนข้าวเปลือกเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 20-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกมากขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดมากขึ้น เมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายตั้งแต่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกขึ้นไป สำหรับสภาวะอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140°C และตั้งแต่ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก สำหรับสภาวะอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 150°C

1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งกับเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด

Figure 6-9 แสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์ที่เป็นผลมาจากอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงไป เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140 และ 150°C ทั้งสภาวะที่มีการทำ tempering และสภาวะที่ไม่มีการ tempering พบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

1.3 อิทธิพลของการทำ tempering ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด

Figure 6 แสดงผลของการทำ tempering ที่อุณหภูมิ 80°C พบว่า เมื่ออบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวที่ผ่านการทำ tempering จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์สูงกว่า ข้าวที่ไม่ผ่านการทำ tempering มาก เนื่องจากการทำ tempering เป็นการให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือกในที่อับอากาศ ส่งผลให้ไม่มีการสูญเสียความชื้นของข้าวเปลือกระหว่างการทำ tempering เมื่อความชื้นของข้าวเปลือกได้รับอย่างต่อเนื่องด้วยอุณหภูมิที่สูงพอส่งผลให้เกิด gelatinization ขึ้นบางส่วน ขณะเดียวกันการทำ tempering เป็นการยืดเวลาที่ข้าวอยู่ในสภาพอุณหภูมิสูง ซึ่งอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยที่เร่งความเก่าของข้าว โดยธรรมชาติข้าวเก่าจะมีความแกร่งของเมล็ดมากกว่าข้าวใหม่ เมื่อนำไปสีจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวใหม่ ดังนั้นข้าวที่ผ่านการ tempering จึงมีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการ tempering จากผลทั้งสองประการประกอบกัน เป็นผลให้เมื่ออบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวที่ผ่านการทำ tempering จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำลง และที่เปอร์เซ็นต์เต็มเมล็ดของข้าวจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าไม่ผ่านการ tempering

Figure 7-9 แสดงผลของการทำ tempering ที่อุณหภูมิ 60°C พบว่า เมื่ออบแห้งจนความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

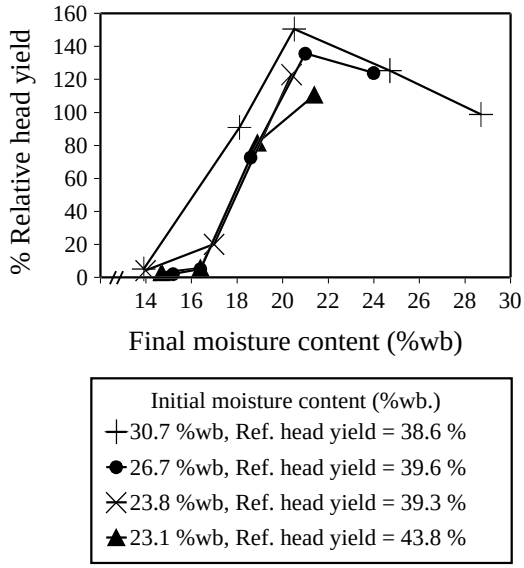

Figure 2 Relative head yield at different initial moisture contents : drying air temperature = 140°C, No tempering.

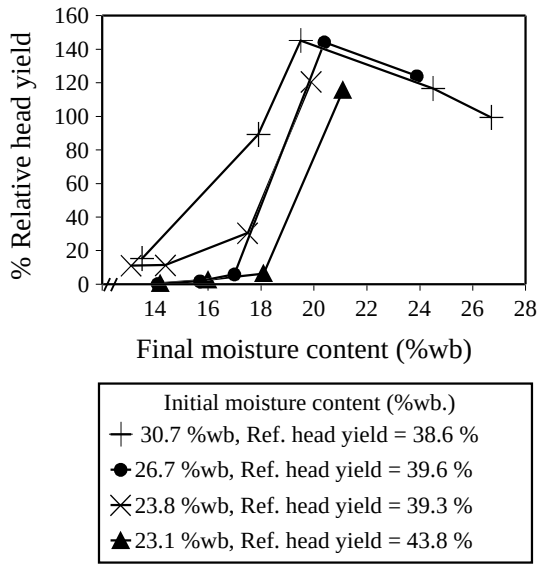

Figure 3 Relative head yield at different initial moisture contents : drying air temperature = 150°C, No tempering.

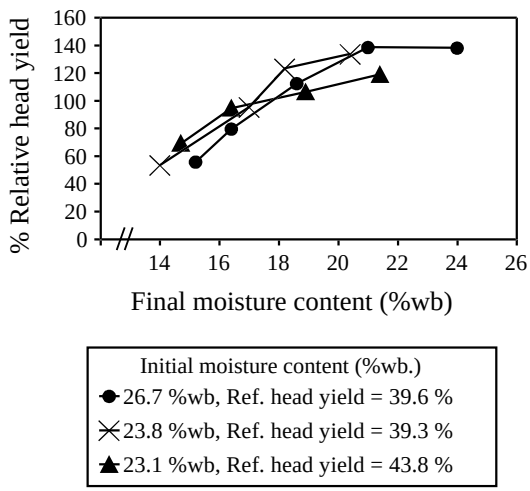

Figure 4 Relative head yield at different initial moisture contents : drying air temperature = 140°C, tempering time = 12 h, tempering temperature = 60°C.

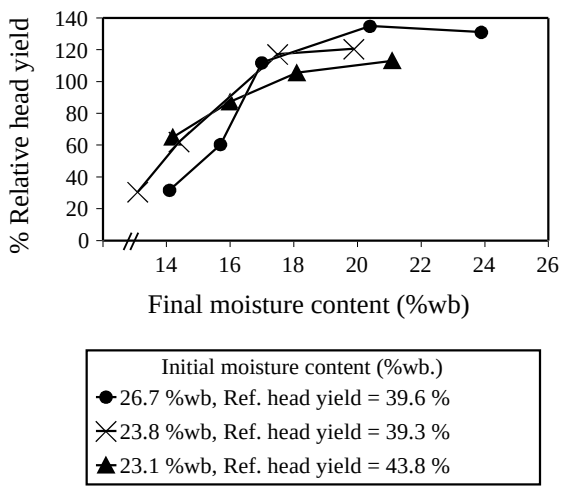

Figure 5 Relative head yield at different initial moisture contents : drying air temperature = 150°C, tempering time = 12 h, tempering temperature = 60°C.

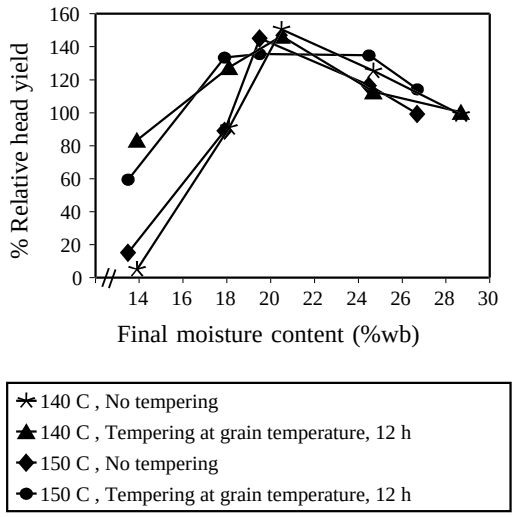

Figure 6 Relative head yield at different heating process : initial moisture content = 30.7 %wb.

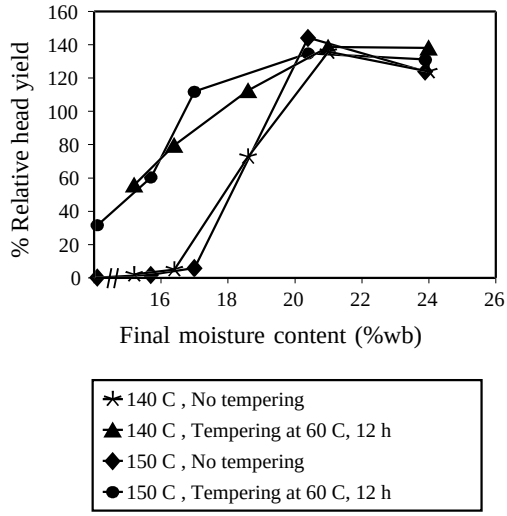

Figure 7 Relative head yield at different heating process : initial moisture content = 26.7 %wb.

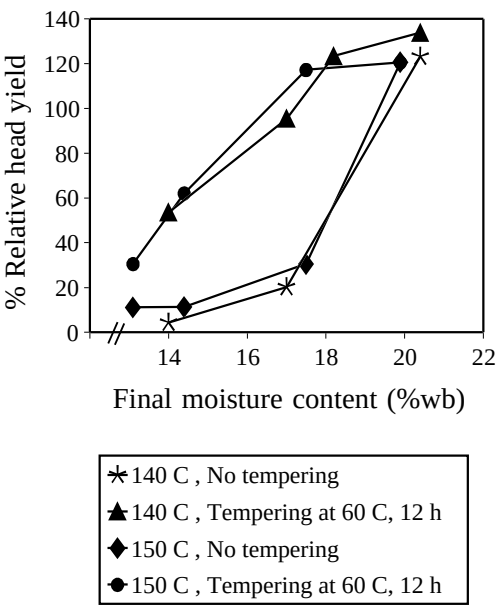

Figure 8 Relative head yield at different heating process : initial moisture content = 23.8 %wb.

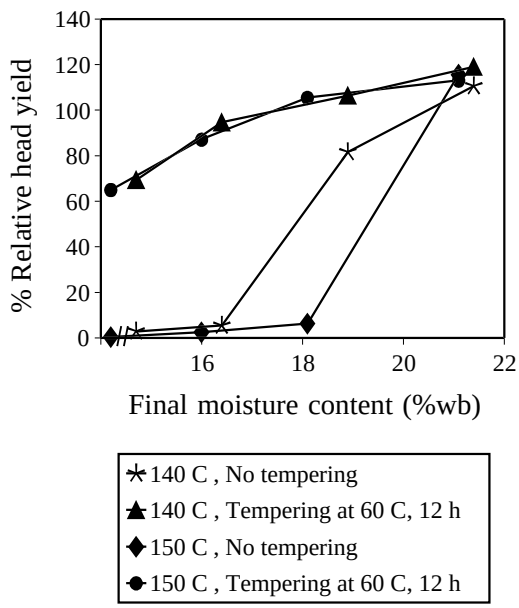

Figure 9 Relative head yield at different heating process : initial moisture content = 23.1 %wb.

ข้าวที่ผ่านการทำ tempering จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์สูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการทำ tempering มาก เนื่องจากอุณหภูมิในการ tempering ไม่สูงเพียงพอในการเกิด gelatinization ดังนั้นการลดลงอย่างช้า ๆ ของเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดของข้าวที่ผ่านการทำ tempering จึงเป็นผลมาจาก การทำ tempering เป็นการเร่งความเก่าของข้าว เพียงประการเดียว

2. ความขาวของข้าวสาร

2.1 อิทธิพลของปริมาณความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่มีต่อความขาวของข้าวสาร

Figure 10-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ พบว่าเมื่อปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ที่ได้มีค่าลดลง นั่นคือ ข้าวมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลือง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากเมื่อปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกสูงขึ้นจะต้องให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือกมากขึ้น เพื่อให้ข้าวเปลือกมีปริมาณความชื้นสุดท้ายตามต้องการ จึงเกิดการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยความเหลืองจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความชื้นสุดท้ายลดต่ำลง

2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อความขาวของข้าวสาร

Figure 14-17 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ของข้าวสารทั้งสภาวะที่มีและไม่มีการ tempering พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 140 และ 150°C ได้เปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ใกล้เคียงกัน

2.3 อิทธิพลของการทำ tempering ที่มีต่อความขาวของข้าวสาร

Figure 14-17 แสดงผลของการทำ tempering ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ต่ำกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการ tempering เนื่องจากการทำ tempering เป็นการให้ความร้อนแก่ข้าวเปลือก ซึ่งจะได้รับความร้อนมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการ tempering จึงเกิดการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองมากขึ้น

จากผลการทดสอบใน Figure 14 แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิในการทำ tempering สูง (80°C) จะทำให้ความขาวของเมล็ดข้าวลดต่ำลงอย่างมาก จนไม่สามารถซื้อขายได้ ความขาวที่ยอมรับกันในการค้าไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 37

3. ความยอมรับในการบริโภค

Table 2 แสดงระดับคะแนนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะของข้าวสุก ที่ผู้ทดสอบได้บันทึกไว้หลังจากทำการชิมข้าว ที่หุงต้มจากข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 30.7 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ที่สภาวะไม่ผ่านการทำ tempering โดยเปรียบเทียบระหว่างข้าวที่ผ่านการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดกับข้าวอ้างอิง (ข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นเดียวกัน) พบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวอ้างอิง ซึ่งหมายความว่าข้าวที่สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดได้ มีลักษณะเป็นข้าวธรรมดาที่ใช้รับประทานกัน โดยความขาวของข้าวสุกจะลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการอบแห้งให้นานขึ้นหรือใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น

สรุป

การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด เพื่อการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิอบแห้งที่ทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงขึ้นได้อยู่ระหว่าง 140-150°C โดยสามารถเพิ่มมากกว่าเดิมได้สูงถึง 50 %

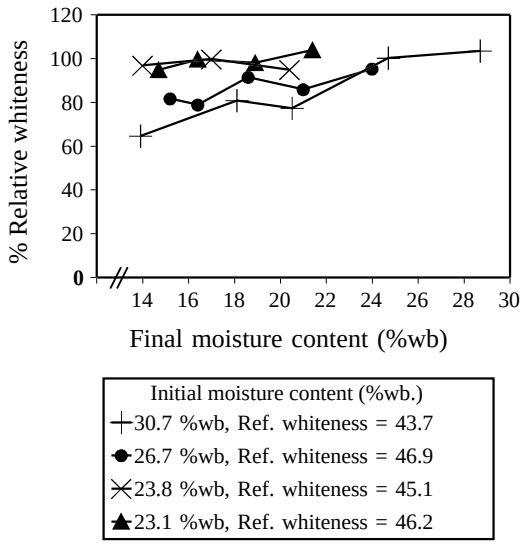

Figure 10 Relative whiteness at different initial moisture contents : drying air temperature = 140°C, No tempering.

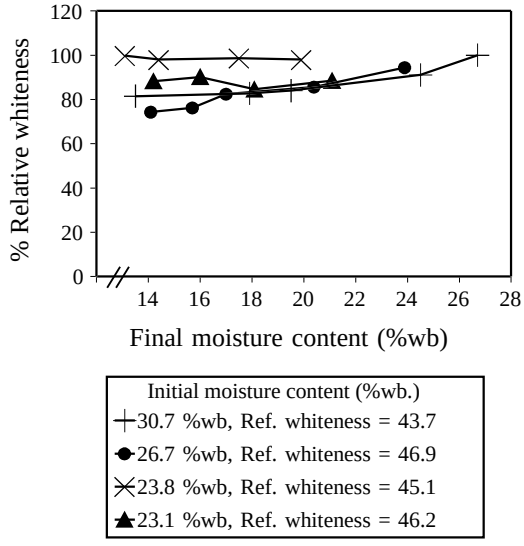

Figure 11 Relative whiteness at different initial moisture contents : drying air temperature = 150°C, No tempering.

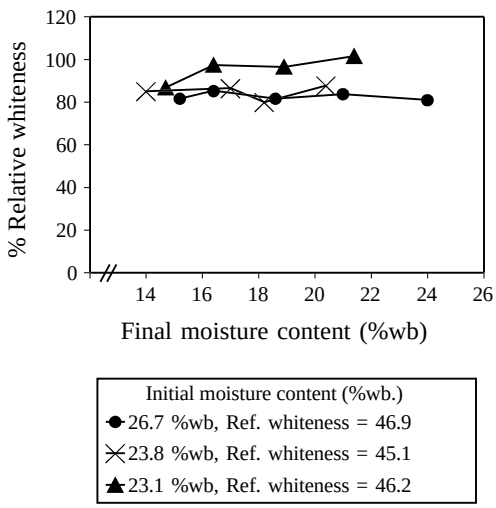

Figure 12 Relative whiteness at different initial moisture contents : drying air temperature = 140°C, tempering time = 12 h, tempering temperature = 60°C.

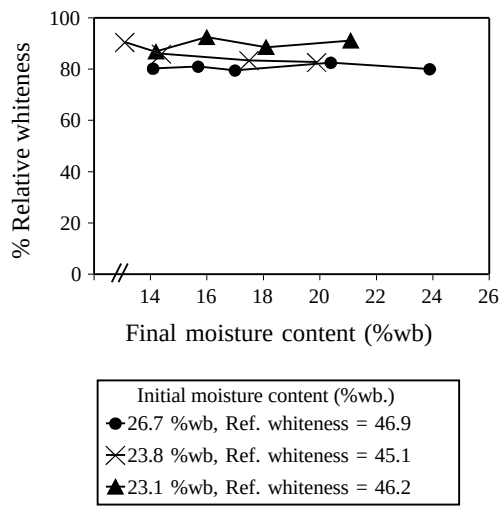

Figure 13 Relative whiteness at different initial moisture contents : drying air temperature = 150°C, tempering time = 12 h, tempering temperature = 60°C.

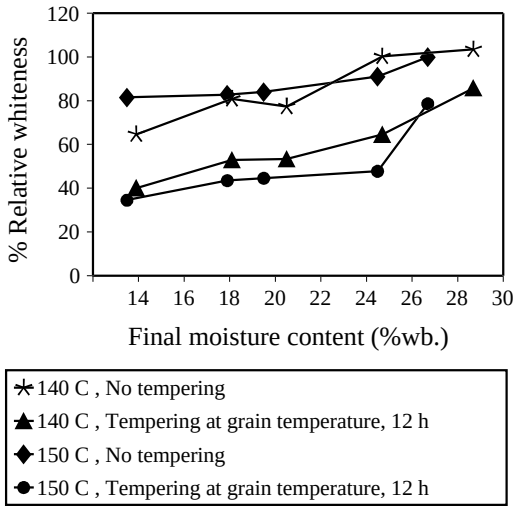

Figure 14 Relative whiteness at different heating process : initial moisture content = 30.7 %wb

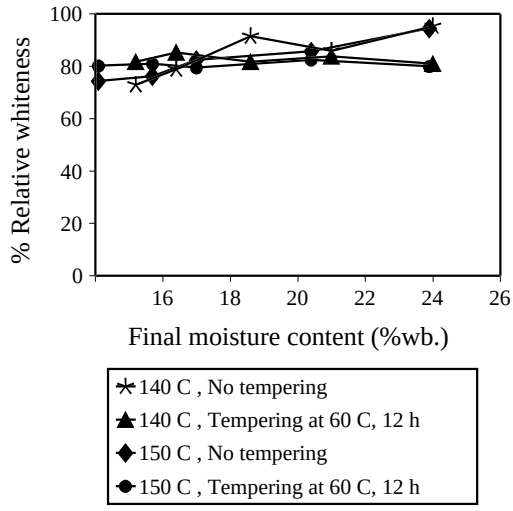

Figure 15 Relative whiteness at different heating process : initial moisture content = 26.7 %wb

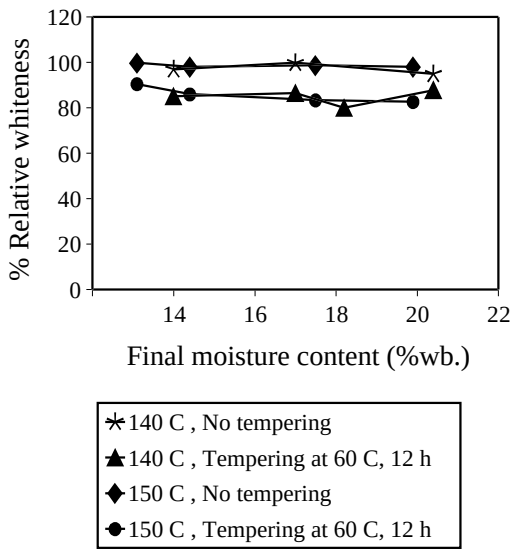

Figure 16 Relative whiteness at different heating process : initial moisture content = 23.8 %wb

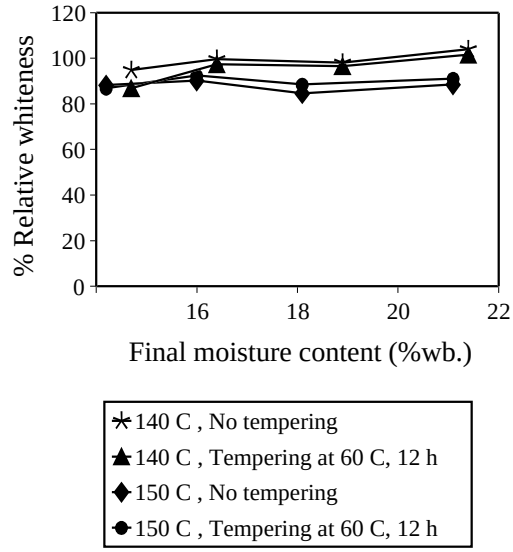

Figure 17 Relative whiteness at different heating process : initial moisture content = 23.1 %wb

Table 2 Mean eating-quality scores for tested rice (initial moisture content = 30.7 %wb, no tempering).

No.	Drying air temperature	Final moisture content (%wb.)	Bad smell	Whiteness	Gloss	Cohesiveness	Tenderness	% Old rice of panels indicate aged rice
1	Reference	rice	1.1	6.9	5.6	5.0	4.7	8.3
2	140°C	28.7	1.2	7.0	5.3	4.8	4.7	12.5
3	140°C	24.7	1.4	6.4	5.3	4.9	4.6	25.0
4	140°C	20.5	1.6	5.3	4.8	4.9	4.5	25.0
5	140°C	18.1	1.2	6.3	5.2	4.9	4.7	11.1
6	150°C	26.7	1.6	6.1	5.2	4.9	4.5	25.0
7	150°C	24.5	1.8	5.6	5.2	4.8	4.7	17.9
8	150°C	19.5	1.4	5.2	5.1	4.3	4.1	0.0
9	150°C	17.9	1.3	5.1	5.2	4.4	3.7	0.0

2. ช่วงความชื้นเริ่มต้นที่สามารถเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดให้สูงขึ้นได้อยู่ระหว่าง 23-31 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มมากขึ้นเมื่อความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้น

3. ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกที่ให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด อยู่ระหว่าง 19-22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

4. เมื่อทำการอบแห้งข้าวเปลือกจนความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวที่ผ่านการ tempering มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการ tempering

5. ความขาวของข้าวสารส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ความขาวของข้าวสารจะลดลงถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำ tempering มากกว่า 60°C ซึ่งอาจทำให้มีปัญหาในการซื้อขาย

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบความเป็นข้าวเก่าพบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้ง โดยไม่ผ่านการ tempering ผู้ชิมบางคนระบุว่ามีความรู้สึกของการเป็นข้าวเก่า ดังนั้นควรมีการศึกษาต่อในเรื่องของการทำ tempering ว่าจะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกของการเป็นข้าวเก่าอย่างไร ซึ่งจะเป็นประโยชน์เนื่องจากในประเทศไทย นิยมในการบริโภคข้าวเก่ามากกว่า และมีราคาสูงกว่าข้าวใหม่

คำขอบคุณ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ Australian Centre for International Agricultural Research ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณภาพการสี

การทดสอบความขาว และการทดสอบความยอมรับในการบริโภคข้าว

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2529. การรักษาคุณภาพข้าวด้านการบริโภคในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ. เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนาเชิงปฏิบัติการคุณภาพข้าว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

เรืองศรี สีหะวงษ์. 2521. ข้อมูลจากการทดสอบอบข้าวเปลือก. วิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 3 : 51-61.

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 211 น.

Noomhorm, A. and Y.Chen. 1991. Effect of tropical environmental conditions on rice kernel breakage during milling. J. Sci. Food and Agriculture. 55: 521-528.

Reyes, V.G., JR. and V.K. Jindal. 1988. Effect of heat treatments on the head yields of high moisture rough rice. J. Food Sci. 53 : 482-487.

Soponronnarit, S. and S. Prachayawarakorn. 1994. Optimum strategy for fluidized bed drying. Drying Technology-An International J. 12 : 1667-1686.

Sutherland, J.W. and T.F. Ghaly. 1990. Rapid fluid-bed drying of paddy rice in the humid tropics, pp. *In* Proceeding of the 13th ASEAN Seminar on Grain Post-harvest Technology, Brunei Darussalem.

วันรับเรื่อง : 19 พ.ย. 40
วันรับตีพิมพ์ : 1 ก.ย. 41