

วารสารเกษตร 9(1) : 43 - 50 (2536)

Journal of Agriculture 9(1) : 43 - 50 (1993)

การลดความชื้นข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในฤดูนาปีด้วยเครื่องลดความชื้นแบบใช้ลมร้อน

ศุภศักดิ์ ลิมปิติ¹ และ วิบูลย์ ช่างเรือ¹

DRYING OF WET SEASON JAPANESE RICE WITH HOT-AIR DRYER

Supasark Limpiti¹ and Viboon Changrue¹

ABSTRACT : Four drying methods using forced-hot air batch type dryer were studied at the Postharvest Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. The crop dried was Japanese paddy grown in rainy season of 1992.

It was found that drying the paddy continuously with hot air at 40-42°C with the drying rate of 1.0-1.5% per hour gave better results in term of drying time used. Milling quality was found to be not affected by all the drying methods tested. The head rice yield was in the range of 67-69% while broken percentage of milled rice was 4-7%.

Test result also indicated that percentage of grain cracking found after drying had no correlation with broken percentage of milled rice i.e. high percentage of cracking did not lead to high percentage of broken grain.

บทคัดย่อ : การศึกษาการลดความชื้น 4 วิธี ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในฤดูนาปี พ.ศ. 2535 ด้วยเครื่องลดความชื้นแบบกะละใบใช้ลมร้อน กระทำที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าการลดความชื้นด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 40-42 °C อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการลดความชื้น 1.0-1.5% ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยที่สุด การลดความชื้นทั้ง 4 วิธีที่ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อกันภาพหลังการสีของข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ข้าวที่ได้อยู่ในช่วง 67-69% และมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเพียง 4-7%.

¹ ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

¹ Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

ผลจากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวที่ตรวจสอบผลหลังการลดความชื้นไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีของข้าวสาร กล่าวคือ แม้จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวมีค่าสูง แต่เปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีกลับไม่ได้สูงตามไปด้วย.

คำนำ

การปลูกข้าวญี่ปุ่นในฤดูฝน มักพบปัญหาเรื่องการเก็บเกี่ยวเนื่องจากอายุการสุกแก่โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงที่ฤดูฝนยังไม่สิ้นสุด ความชื้นของข้าวขณะเก็บเกี่ยวจึงค่อนข้างสูงมาก มีหลายกรณีที่มีความชื้นข้าวที่โค่นฝนหลังเก็บเกี่ยว มีค่ามากกว่า 30% และไม่สามารถใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์วัดได้เนื่องจากความชื้นสูงเกินไป.

นอกจากปัญหาเรื่องข้าวมีความชื้นสูงขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้ยากแก่การนำไปนวดด้วยเครื่องนวดแล้ว ยังมีปัญหาเรื่องการลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย เพราะการตากข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้วไว้ในแปลง มีความเสี่ยงต่อการเปียกซ้ำค่อนข้างสูง ซึ่งจากการศึกษาของ สิมปิติ และช่างเรือบ (2535) พบว่าการเปียกซ้ำของข้าวญี่ปุ่น มีผลให้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักหลังการสีเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ในฤดูฝนท้องฟ้ามีเมฆครึ้มเป็นส่วนใหญ่ ทำให้อัตราการลดความชื้นในแปลงช้ามาก จนอาจเป็นเหตุให้มีราขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของข้าวเปลือกลดลง ดังนั้นการหาวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปีจึงเป็นสิ่งจำเป็น.

อัตราการลดความชื้นของเมล็ดพืช จะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดที่แห้งแล้ว โดยเฉพาะหากอัตราการลดความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วเกินไป (Brooker *et al.* 1978 ; Hall, 1980.) นอกจากอัตราการลดความชื้นแล้ว อุณหภูมิสูงสุดขณะลดความชื้นก็มีผลต่อคุณภาพเมล็ดเช่นเดียวกัน.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในฤดูนาปี และผลกระทบของการลดความชื้นต่อคุณภาพหลังสีของข้าวสาร.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำที่ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือน ตุลาคม 2535 ใช้ข้าวตัวอย่างจากแปลงกสิกรรมที่ปลูกที่ตำบลทุ่งเสียว อำเภอด่านปาดอง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 1.5-2 ตัน เครื่องลดความชื้นที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องลดความชื้นแบบกะบะ (Batch type) ขนาดความจุข้าวเปลือกครั้งละ 2 ตัน ใช้เครื่องย่นคั้นขนาด 12 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อน ใช้แถบเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ความดันลมขณะทดลองควบคุมไว้ที่ 2.5 นิ้วของน้ำคอลลอยการทดลอง.

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 การเก็บตัวอย่างระหว่างการทดลอง กระทำทุกชั่วโมงโดยสุ่มตัวอย่างเฉลี่ยทั่วทั้งกะบะจำนวน 5 จุด ใช้หลาวสุ่มตัวอย่างแบบหลายช่องเป็นเครื่องมือเก็บเพื่อให้ได้ตัวอย่างจากทุก ๆ ความลึก ตัวอย่างย่อยที่ได้จากจุดต่าง ๆ จะนำมารวมนกัน และแบ่งเป็นตัวอย่างย่อยโดยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ก่อนนำไปวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ชนิด Capacitance ตัวอย่างที่วัดความชื้นแล้ว จะถูกนำไปสองภายในแนวขนานเพื่อหาอัตรารีด ส่วนตัวอย่างสุดท้ายที่ลดความชื้นลงมาจนแห้งเพียงพอต่อการสี ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปตรวจสอบอัตรารีด และอีกส่วนหนึ่งจะถูกรวบรวมส่งไปสีด้วยเครื่องสีทดลอง ซึ่งใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 150 กรัม เพื่อหาคุณภาพการสี.

Table 1. Treatments used in the experiments.

Treatments	Details
1.	Drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water until final moisture content reached 14%
2.	Drying with hot air at 36-38 °C, pressure 2.5 inches of water until final moisture content reached 14%
3.	Drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water until moisture content reached 18% followed by aeration until final moisture reached 14%
4.	Intermittent drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water. Using ratio of drying time to aeration = 3 : 1 hour alternately until final moisture reached 14%

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราการลดความชื้น

ข้าวเปลือกที่นำมาลดความชื้น มีความชื้นเริ่มต้นค่อนข้างสูง จึงต้องมีการเป่าลมเย็นไล่ความชื้นก่อนการลดความชื้นจริงประมาณ 6-8 ชั่วโมง ในช่วงแรกได้ทดลองคัดแปลงใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนได้สม่ำเสมอ แต่ปรากฏว่าเตาแก๊สที่ใช้ไม่สามารถให้ความร้อนได้สูงพอ จึงต้องเปลี่ยนมาใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงตามเดิม การลดความชื้นข้าวในเหน้าฝนพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองข้าวของทุกกรรมวิธีมีค่าน้อยกว่า 40 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะต่ำกว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า เนื่องจากในขณะที่เราจะเหยออกจากกองข้าวได้จุดความร้อนแฝงในการระเหยไปส่วนหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิลมร้อนลดลง นอกจากนั้น ความร้อนส่วนหนึ่งจะถ่ายเทให้กองข้าว ทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ระหว่างการลดความชื้นจะต้องระวังอุณหภูมิในกองข้าวไม่ให้สูงเกินไป เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อเมล็ด.

Table 2. Drying temperature and relative humidity.

Treatment	Inlet air temperature		Paddy temperature		Outlet air temperature		RH	
	Mean	Range, °C	Mean	Range, °C	Mean	Range, °C	Mean	Range, %
1	41	40-42	36	34-38	34	32-36	63	54-84
2	37	35-38	34	30-36	32	29-34	72	57-88
3	38	30-41	33	30-36	33	27-29	69	65-77
4	38	34-40	30	25-38	29	25-32	73	62-87

โดยทั่วไปเมื่อเริ่มลดความชื้น อุณหภูมิในกองข้าวจะยังไม่สูงเท่ากับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า แต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังในภาพที่ 1 ซึ่งแสดงความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมออกของกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีการสามัญที่ใช้กันในการลดความชื้นเมล็ดพืชไร่ จะเห็นว่าอุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมออกเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ลดความชื้น ช่วงแรก ๆ ของการลดความชื้นอุณหภูมิลมออกจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิลมเข้า เนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายเทไปสู่เมล็ดพืช และอีกส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำออกจากเมล็ด จากการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือ 14% แล้ว อุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมร้อนขาออกยังไม่สูงขึ้นเท่ากับอุณหภูมิลมขาเข้า ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดอันตรายต่อการงอกของเมล็ด อย่างไรก็ตาม หากมีการลดความชื้นนาน ๆ อุณหภูมิในกองข้าวอาจสูงขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิลมขาเข้า และในกรณีเช่นนี้ข้าวเปลือกส่วนต่าง ๆ ของกะบะจะมีความชื้นต่ำเกินไป (Over dry) และอาจเป็นอันตรายต่อเมล็ด จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ.

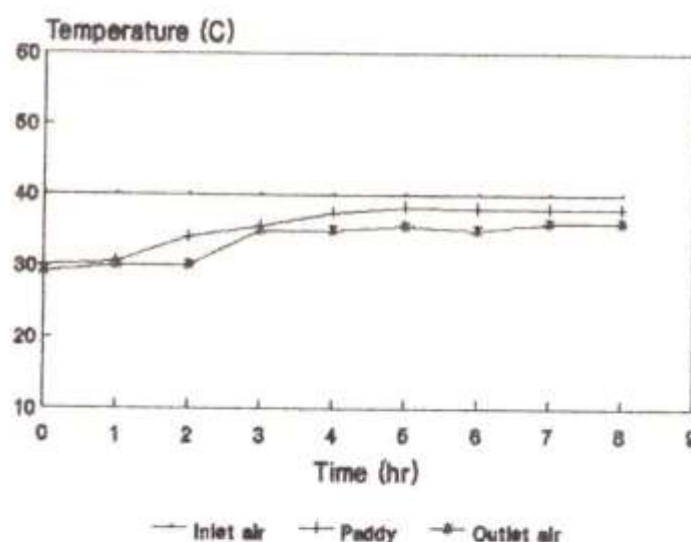


Figure 1. Paddy and outlet air temperature.

อุณหภูมิในกองข้าวเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ต้องเฝ้าสังเกตระหว่างการลดความชื้นด้วยลมร้อน ซึ่งในบางครั้งอุณหภูมิลมเข้าอาจสูงกว่าค่าปลอดภัย แต่หากอุณหภูมิในกองข้าวยังคงต่ำอยู่ ความเสียหายต่อคุณภาพข้าวเนื่องจากอุณหภูมิจะยังไม่เกิดขึ้น ภาพที่ 2 เปรียบเทียบให้เห็นอุณหภูมิในกองข้าวของกรรมวิธีต่าง ๆ ระหว่างการทดลอง จะเห็นว่าทุกกรรมวิธีมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C ตลอดช่วงการลดความชื้น

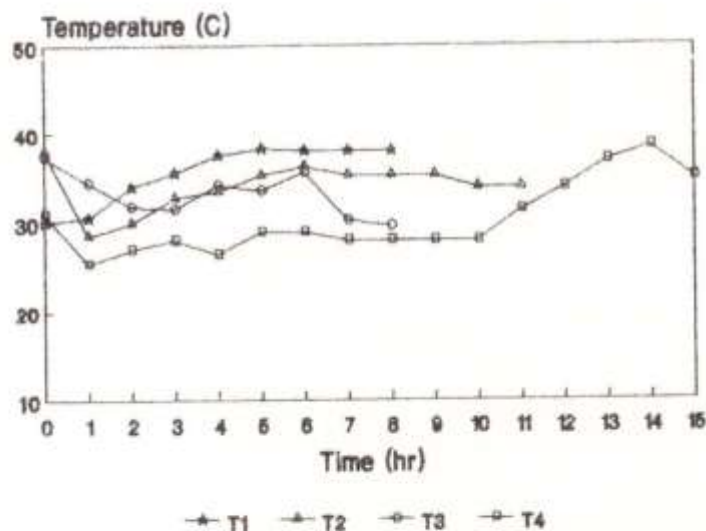


Figure 2. Change of paddy temperature during drying.

อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกในแต่ละการทดลองไม่สูงมากนัก อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้จะถูกควบคุมไว้ไม่ให้เกิน 42°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ถือว่าไม่กระทบต่อความงอกของข้าวเปลือก (รัตนากาสกร, 2529) จากตารางที่ 3 พบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.01%/ชม. รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ 3, 4 และ 2 ซึ่งมีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.97, 0.78 และ 0.69%/ชม. ตามลำดับ

Table 3. Mean moisture content and drying rate (dW/dt) of paddy.

Treatments	Drying time, hours.								dW/dt % hr.
	0	2	4	6	8	9	11	13	
1	23.4	20.7	18.2	16.3	15.0	14.3	-	-	1.01
2	24.2	23.3	21.9	19.5	18.0	17.4	15.7	14.3	0.69
3	23.9	22.3	19.9	17.1	16.1	-	-	-	0.97
4	23.8	22.9	22.0	19.8	19.2	19.1	15.2	13.6	0.78

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาลดความชื้น

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการลดความชื้น พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะ Exponential ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์สูง ($r = 0.96 - 0.99$) ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพที่ 3 และสมการระหว่างความสัมพันธ์เป็นดังนี้คือ :

$$\begin{aligned} MC_1 &= 23.290236e^{-0.056709t} & (r = 0.99) \\ MC_2 &= 25.160921e^{-0.042103t} & (r = 0.99) \\ MC_3 &= 24.417613e^{-0.054527t} & (r = 0.99) \\ MC_4 &= 25.382877e^{-0.042947t} & (r = 0.96) \end{aligned}$$

เมื่อ MC1, MC2, MC3, MC4 คือความชื้นข้าวเปลือกเมื่อลดความชื้นด้วยกรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีหน่วยเป็น % (wb)

t คือเวลาที่ใช้ในการลดความชื้น มีหน่วยเป็นชั่วโมง

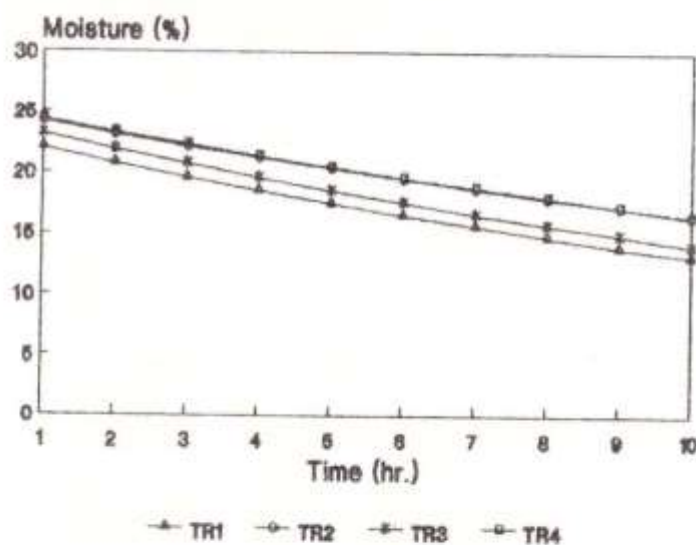


Figure 3. Relation between moisture content and drying time.

อัตราการลดความชื้นของกรรมวิธีที่ 1 และ 3 ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่อัตราการลดความชื้นในกรรมวิธีที่ 3 เกิดในช่วงสั้นกว่า คือจาก 24.9-16.1% กรรมวิธีที่ 2 จะมีการลดลงของความชื้นช้ากว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากลมร้อนที่ใช้มีอุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับกรรมวิธีที่ 3 แม้ว่าการลดความชื้นจะเร็วในช่วงแรก แต่เมื่อลดความชื้นข้าวเปลือกลงมาจนถึง 18% แล้ว พบว่าการลดความชื้นต่อไปด้วยลมธรรมชาตินั้น ความร้อนที่เหลืออยู่ในกองข้าวไม่มากพอที่จะทำให้ความชื้นลดลงต่อไปได้จนถึง 14% หรือต่ำกว่า แม้ว่าจะเป่าลมต่อไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพราะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าค่อนข้างสูง ค่าความชื้นสุดท้ายที่ได้จากกรรมวิธีนี้จึงมีค่าสูงถึง 16% ดังนั้นกรรมวิธีลดความชื้นนี้จึงไม่เหมาะกับการใช้ในฤดูฝน ในกรรมวิธีที่ 4 อัตราการลดความชื้นดีกว่าวิธีที่ 2 แต่ในทางปฏิบัติไม่ค่อยสะดวกนัก เนื่องจากต้องมีการดับไฟ จุดไฟเป็นช่วง ๆ ซึ่งค่อนข้างมีปัญหา เพราะแกลบติดไฟยาก และควบคุมความชื้นให้สม่ำเสมอได้ลำบาก วิธีการนี้จะใช้ได้หากใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ตามรายงานของ Hall (1980) กล่าวว่า การลดความชื้นแบบเว้นช่วงนี้ จะทำให้อัตราการลดความชื้นดีขึ้น และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลง.

สำหรับในกรรมวิธีที่ 1, 2 ค่าความชื้นสุดท้ายในตารางที่ 3 มีค่า 14.3% ค่านี้เป็นค่าที่วัดเมื่อเริ่มดับไฟ หลังจากดับไฟแล้วจะมีการเป่าลมธรรมชาติต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อลดอุณหภูมิในกองข้าว ดังนั้นความชื้นจริงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการลดความชื้น จะมีค่าต่ำลงไปอีกประมาณ 0.5-1%

ผลการลดความชื้นต่อการร้าวและคุณภาพหลังการสี

ระหว่างการลดความชื้นได้มีการเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง เพื่อยกอัตราการลดความชื้น และตรวจสอบการร้าวระหว่างการลดความชื้น เพื่อยกแนวโน้มว่า ข้าวเริ่มเกิดการร้าวเมื่อความชื้นลดลงมาถึงค่าใด จะสอดคล้องกับค่าความชื้น 18% ที่เคยประเมินว่าเป็นค่าความชื้นที่วิกฤตต่อการเปลือกข้าวของข้าวนาปี (สิมปีต และ ช่างเรือ, 2534) หรือไม่อย่างไร ผลจากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การร้าวไม่มีรูปแบบที่แน่นอน บางข้าวมีการร้าวสูงในช่วงต้น แล้วลดลงในตอนกลาง และกลับมามีค่าสูงอีกในตอนที่ทำการลดความชื้น บางข้าวก็ร้าวน้อยในช่วงต้น ร้าวมากในช่วงกลาง และร้าวน้อยลงอีกในช่วงท้าย ๆ บางข้าวก็ร้าวมากตลอดทั้งช่วงของการลดความชื้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การร้าวของข้าวสารไม่สัมพันธ์กับความชื้นที่ลดลงจากการลดความชื้นในกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ทดลอง ค่าเปอร์เซ็นต์การร้าวเฉลี่ยตลอดช่วงการทดลองของแต่ละกรรมวิธีได้แสดงรวมไว้กับตารางคุณภาพหลังการสี (ตารางที่ 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่า คุณภาพการสี ไม่เป็นไปตามค่า % การร้าวก่อนการสี กล่าวคือ % ข้าวหักไม่สูงตามเปอร์เซ็นต์การร้าว ซึ่งลักษณะเช่นนี้ตรงกับที่ สิมปีต และ ช่างเรือ, (2535) เคยรายงานไว้แล้ว.

Table 4. Crack percentage and milling quality.

Treatments	% Crack	% Broken	% Head rice
1	41.8	5.0	67.4
2	37.1	4.4	69.5
3	37.1	7.6	65.7
4	36.7	5.1	69.3

จากตารางที่ 4 พบว่า กรรมวิธีในการลดความชื้นทั้ง 4 วิธี มีผลกระทบต่อคุณภาพหลังการสีของข้าวสารไม่แตกต่างกัน และมีค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักค่อนข้างต่ำคือมี เปอร์เซนต์ข้าวหักอยู่ในช่วง 4.4-7.6% และมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวระหว่าง 65.7-69.5% การที่การลดความชื้นมีผลกระทบต่อคุณภาพการสีไม่มากนัก น่าจะเป็นเพราะว่าอัตราการลดความชื้นของแต่ละกรรมวิธีไม่สูงเกินไป และอุณหภูมิในกองข้าวไม่สูงเกินระดับปลอดภัยตลอดช่วงการลดความชื้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรรมวิธีลดความชื้นทั้ง 4 วิธี จะไม่กระทบต่อคุณภาพการสี แต่หากพิจารณาในแง่อื่น ๆ จะพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ เนื่องจากไม่สามารถลดความชื้นลงมาให้ต่ำได้ถึง 14% ซึ่งเป็นระดับปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่ 2 และ 4 ใช้เวลาในการลดความชื้นค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 เป็นผลให้ความสามารถในการลดความชื้นต่อวันต่ำกว่า นอกจากนั้นกรรมวิธีที่ 4 ยังไม่สะดวกในการปฏิบัติอีกด้วย.

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ พอสรุปผลได้ดังนี้ :

1. อัตราการลดความชื้นของกรรมวิธีที่ทดลอง ไม่สูงเกินไปสำหรับใช้กับข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี แต่บางกรรมวิธีไม่สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำลงถึง 14%
2. กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 วิธี มีผลกระทบต่อคุณภาพการสีไม่แตกต่างกัน.
3. คุณภาพหลังการสีของข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นอยู่ในเกณฑ์ดี มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักต่ำกว่า 10% ทุกกรรมวิธี.
4. เปอร์เซนต์ข้าวร่วงที่ตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านแว่นขยาย ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ลดความชื้น และไม่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ข้าวหักหลังการสี จึงไม่อาจใช้เป็นดัชนีในการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีได้.

เอกสารอ้างอิง

- สมิทธิ, ศุภศักดิ์. และ ช่างเรือ, วิบูลย์. (2535). การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตนภาสกร, สาคิป. (2529). ทฤษฎีการลดความชื้น. เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการสีข้าว. กองเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Brooker, D.B, Baker-Arkema, W.F. and Hall, C.W. (1974). Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Hall, C.W. (1980). Drying and Storage of Agricultural Crops. AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.