

การทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกแบบในถังเก็บและแบบเป็นงวด : คุณภาพผลิตภัณฑ์

Experiments on In-store and Batch Drying of Paddy : Quality of Product

สมชาติ โสภณธฤทธิ์ และเพชร ปรีชากุล¹
Somchart Soponronnarit and Petchara Preechakul

ABSTRACT

This paper described the experiments on in-store and batch drying of paddy under tropical climate like Bangkok. It was found that in-store drying was technically feasible and the quality of paddy after drying was very good. Its quality was also attractive when it was dried in batch providing that drying air temperature was appropriate.

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้กล่าวถึงการทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกแบบในถังเก็บ และแบบเป็นงวด ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้น เช่น กรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ในทางเทคนิค ที่จะใช้วิธีการอบแห้งแบบในถังเก็บ โดยที่คุณภาพข้าวเปลือกหลังการอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก การอบแห้งแบบเป็นงวดโดยใช้อุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมก็สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีเช่นกัน

คำนำ

การทำนาครั้งที่สองในเขตชลประทานหรือข้าวนาปรัง เป็นข้าวที่ผลิตเพื่อการส่งออก เพื่อเพิ่มรายได้และพูนฐานะความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น ซึ่ง

รัฐบาลก็สนับสนุนการปลูกข้าวนาปรังนี้ โดยช่วยเหลือในด้านการบริการด้านแหล่งน้ำและขยายระบบชลประทาน แต่ปัญหาที่สำคัญที่เกษตรกรกำลังประสบคือข้าวนาปรังจะเปียกฝน ทำให้มีความชื้นสูง วิธีการที่จะช่วยลดความชื้นเพื่อที่จะเก็บรักษาค้าวไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสียคือการอบแห้ง ซึ่งอัตราการอบแห้งจะช้าหรือเร็วขึ้นกับ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง

การอบแห้งแบบง่ายสามารถทำได้ โดยให้ชั้นเมล็ดพืชอยู่กับที่แล้วเป่าอากาศผ่านชั้นเมล็ดพืช การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการถ่ายเทมวล โดยที่ความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทให้กับเมล็ดพืช และส่วนใหญ่จะใช้ในการระเหยน้ำ มวลของน้ำที่ระเหยจากผิวเมล็ดพืชจะเข้าไปอยู่ในอากาศ ทำให้ความชื้น

¹ คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ของอากาศเพิ่มขึ้น หากจะแบ่งการอบแห้งแบบชั้น เมล็ดพืชอยู่กับที่แล้ว อาจแบ่งได้เป็นสองแบบ คือ แบบในถังเก็บและแบบเป็นวง

การอบแห้งแบบในถังเก็บ หมายถึง การอบแห้ง เมล็ดพืชภายในถังที่ใช้เก็บรักษาเมล็ดพืชเมื่อแห้งดีแล้ว ดังนั้น จึงไม่มีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืชระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา จากการที่ไม่มีการขนย้ายนี้เอง จึงจำเป็นต้องอบแห้งโดยให้เกิดเกรเดียนท์ความชื้นของ ชั้นเมล็ดพืชในถังเก็บน้อยที่สุด โดยที่ความชื้นเมล็ด พืชในแต่ละชั้นจะต้องต่ำพอที่จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้ โดยปลอดภัย ดังนั้นการอบแห้งแบบในถังเก็บจึงมัก ใช้อุณหภูมิของอากาศอบแห้งที่ค่อนข้างต่ำ คือ ใกล้กับ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม หรืออาจใช้อากาศแวดล้อม โดยที่ไม่มีการอุ่นให้ร้อนขึ้นจากแหล่งความร้อนใด ๆ นอกจากที่ตัวพัดลมเท่านั้น หากใช้อากาศที่มีอุณหภูมิ สูง จะทำให้เมล็ดพืชชั้นล่างสุดแห้งมากเกินไป ในขณะที่ชั้นบนได้ความชื้นตามที่ต้องการ ผลก็คือสูญเสีย น้ำหนักในการขาย และเนื่องจากถังเก็บมักจะมี ความสูงพอสมควร ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศจึง มักจะต่ำ ซึ่งจะทำให้การสูญเสียความดันของอากาศ ขณะไหลผ่านชั้นเมล็ดพืชไม่สูงเกินไป

การอบแห้งแบบเป็นวง หมายถึง การอบแห้ง เมล็ดพืชภายในเครื่องอบ แล้วนำเมล็ดพืชที่แห้งแล้ว ไปเก็บในถังเก็บอีกแห่งหนึ่ง ดังนั้น จึงอาจใช้อุณหภูมิ ที่สูงได้ เพราะในระหว่างการขนย้ายจะเกิดการผสม กันของเมล็ดพืชแห้งและเปียก และยังสามารถใช้อัตรา การไหลของอากาศสูงได้ด้วย เพราะสามารถกำหนด ให้ชั้นเมล็ดพืชมีความหนาไม่มากนัก ผลก็คือการอบ แห้งจะใช้เวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าของการอบ แห้งแบบในถังเก็บหลายสิบเท่า

แม้ว่าการอบแห้งแบบถังเก็บจะใช้เวลาในการอบ แห้งยาวนาน แต่ก็มีข้อดีหลายประการ คือ ได้ผลิต ภัณฑ์หลังอบแห้งที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะข้าวเปลือก

ซึ่งแตกร้าได้ง่ายหากเร่งการอบแห้งได้เร็ว นอกจากนี้ ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งก็มักจะต่ำ และ การลงทุนก็ประหยัดด้วย

คุณภาพของข้าวเปลือกที่สำคัญที่สุดได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด เมื่อนำข้าวเปลือกมาสี จะได้ ข้าวสารซึ่งมีทั้งข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหัก รำ และเกลบ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด หมายถึง อัตราส่วนโดยน้าหนักของข้าวสารที่มีขนาดความยาวอย่างน้อย 8/10 ของความยาวเมล็ดที่สมบูรณ์ต่อน้ำหนักข้าวเปลือก คุณสมบัติที่รองลงมาน่าจะได้แก่ สีของเมล็ดข้าวสาร โดยทั่วไปแล้วเมล็ดข้าวจะต้องมีสีขาว แต่หากเก็บ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเป็นระยะเวลายาวนานเกินไป จะทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง สาเหตุที่ทำให้ เกิดการเปลี่ยนสีคือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจ ของเมล็ดพืชและจุลินทรีย์ต่าง ๆ หรืออาจเกิดจากเชื้อราบางชนิด การหายใจยังทำให้เกิดการสูญเสียคาร์โบ-ไฮเดรท ซึ่งเรียกกันว่าการสูญเสียมวลแห้ง ทำให้ สูญเสียน้ำหนักในการขาย การสูญเสียมวลแห้งขึ้นอยู่กับความชื้น อุณหภูมิ การแตกร้าของเมล็ด และ เวลา (Steele, *et al*, 1969 ; Seib *et al*, 1980) เชื่อกันว่าจะไม่ค่อยมีปัญหาหากนัก แม้ว่าอาจจะมีการติดตาม เพราะเมื่อนำข้าวเปลือกที่มีรามาสี ว่าจะหลุดไปพร้อมกับเกลบ ส่วนคุณภาพเมล็ดที่สำคัญหากนำไปทำเมล็ดพันธุ์ คือ เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีความงอกมากกว่า 85% เป็นที่ยอมรับกัน โดยทั่วไปว่าการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงกว่า 43°C

เรืองศรี (2521) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือก ด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 43, 49 และ 80°C โดยมี อัตราการไหลของอากาศ 6.7, 13.3, 20.0 และ 26.7 m³/min-m³ ข้าวเปลือก และความหนาของชั้นข้าวเปลือก 0.9 m พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ออบแห้งไม่ควรสูงกว่า 49°C มิฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดหลัง

การสีกะดำ และความหนาไม่ควรมากกว่า 0.6 m เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเกรเดียนท์ความชื้นในชั้นเมล็ดพืชมากเกินไป และยังพบว่าอัตราการไหลไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสีกะ

ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมามีการพัฒนาเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบเป็นวงวด ขนาดความจุของเครื่องอบประมาณ 2 ตัน (Anon 1977 ; Anon 1978) และยังมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ขนาดความจุประมาณ 1 ตัน (Exell *et al*, 1979 ; Soponronnarit *et al*, 1986 ; ศิริจันทร์ และคณะ, 2528)

การอบแห้งแบบในถังเก็บ เป็นที่ยอมรับกันในประเทศเขตอบอุ่น (Chung *et al*, 1985 ; Cheigh *et al*, 1985 ; Bramall, 1985) ทั้งนี้เพราะการเก็บเกี่ยวเมล็ดพืชมักจะตรงกับฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งมีอากาศเย็น ดังนั้นจึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราได้ดี ส่วนในประเทศเขตร้อนชื้นนั้น ยังไม่มีการศึกษาการใช้เทคนิคการอบแห้งแบบในถังเก็บมากนัก Calverley (1985) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บขนาดความจุ 3500 ตัน ในประเทศอินโดนีเซีย พบว่าสามารถทำการอบแห้งอย่างได้ผล แต่เมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองค่อนข้างมาก ซึ่งน่าจะสูงกว่ามาตรฐานการตลาดของประเทศไทย สำหรับการศึกษาเทคนิคการอบแห้งแบบในถังเก็บในประเทศไทยนั้น ชชาติชาย (2527) ศึกษาการอบแห้งด้วยเทคนิคดังกล่าวในเขตกรุงเทพมหานคร ในช่วงฤดูฝน พบว่าสามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ความชื้นตามที่ต้องการโดยใช้อัตราการไหลของอากาศต่ำ และอุณหภูมิใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อม โดยที่คุณภาพข้าวหลังการทดลองอบแห้ง 3 ครั้ง อยู่ในเกณฑ์ดี คือเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดแปรระหว่าง 50 – 60% เปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่า 90% และไม่มีเมล็ดข้าวสีเหลือง อย่างไรก็ตามข้อมูลจากการทดลองยังนับว่าน้อยและค่อนข้างจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำเทคนิคการอบแห้งแบบในถังเก็บ มาใช้อบแห้งข้าวเปลือกภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้น เช่น กรุงเทพมหานคร และศึกษาเปรียบเทียบกับเทคนิคการอบแห้งแบบเป็นวงวด โดยพิจารณาคุณภาพของข้าวเปลือกหลังอบแห้งเป็นสำคัญ

อุปกรณ์และวิธีการ

ถังอบแห้ง

การทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือก ใช้ถังอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 m มีขนาดความจุประมาณ 700 กิโลกรัม หากบรรจุเต็มความสูง 2 เมตร ตัวถังหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 25 มิลลิเมตร การขับเคลื่อนลมใช้พัดลมแบบเหวี่ยงขนาด 0.75 กิโลวัตต์ และสามารถถ่วงอากาศหรือร้อนขึ้นโดยใช้ชุดลวดไฟฟ้า จำนวน 3 ชุด ๆ ละ 0.5 กิโลวัตต์

การทดสอบการอบแห้ง

โดยการแปรค่าอุณหภูมิ อัตราการไหลของอากาศ และความหนาของชั้นข้าวเปลือกตามที่ต้องการ ในการทดสอบแต่ละครั้ง จะทำการวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ทั้งกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นข้าวเปลือก อุณหภูมิข้าวเปลือกทุก ๆ ระยะ 20 เซนติเมตร โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลต่อเข้ากับ data logger และทำการบันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ความละเอียดในการวัดประมาณ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ส่วนการวัดอัตราการไหลของอากาศใช้ hot wire anemometer ซึ่งสอบเทียบกับ Pitot tube แล้ว วัดความเร็วลมในท่อหลาย ๆ จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหล การวัดอัตราการไหลจะทำทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้ง ส่วนการหาความชื้นข้าวเปลือกนั้น ใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแห้งเข้าไปในถังทุก ๆ ระยะ 20 เซนติเมตร แล้วนำตัวอย่างของ

แต่ละระยะ ซึ่งมีจำนวนประมาณ 30 กรัม มาหาความชื้น โดยใช้เตาอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 72 – 96 ชั่วโมง การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจะกระทำวันละครั้ง สำหรับการอบแห้งแบบในถังเก็บ และประมาณทุก 2 – 3 ชั่วโมง สำหรับการอบแห้งแบบเป็นงวด

การทดสอบการอบแห้งมีทั้งหมด 11 การทดลอง โดยที่การทดลองครั้งที่ 1 – 8 เป็นแบบในถังเก็บ และการทดลองครั้งที่ 9 – 11 เป็นแบบเป็นงวด

การทดสอบคุณภาพข้าวเปลือกหลังอบแห้ง

เมื่อการอบแห้งแล้วเสร็จ จะทำการเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกในถังอบทั้ง 3 ระดับ คือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง พร้อมทั้งข้าวเปรียบเทียบกับ (ข้าวที่ฝังในร่มบนลานคอนกรีตโดยชั้นข้าวหนาประมาณ 10 เซนติเมตร) โดยเก็บไว้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ก่อนนำไปทดสอบคุณภาพการสีเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร และอย่างน้อย 8 สัปดาห์ ก่อนนำไปเพาะเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอก

สำหรับการตรวจสอบสีของเมล็ดข้าวและการเกิดของเชื้อรา นั้น ใช้การตรวจสอบด้วยตาเปล่า ส่วนการหาปริมาณการสูญเสียมวลแห้งของเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างการอบแห้ง ให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยคำนวณ ซึ่งจะได้อีกต่อไป

ผลและวิจารณ์

ความชื้นหลังอบแห้ง

จากผลการทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกแบบในถังเก็บ (การทดลองครั้งที่ 1 – 8) และแบบเป็นงวด (การทดลองครั้งที่ 9 – 11) ระหว่างฤดูฝนของปี พ.ศ. 2528 (Table 1) ซึ่งพบว่าในกรณีของการอบแห้งแบบถังเก็บนั้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งยาวนานหลายร้อยชั่วโมง ความชื้นหลังการอบแห้งของข้าวเปลือกชั้นล่างสุด (ได้รับลมก่อน) มีค่าต่ำ

กว่าความชื้นที่ใช้ในการซื้อขาย และการเก็บรักษาโดยทั่วไป (ทำให้สูญเสียน้ำหนัก) โดยความชื้นจะต่ำมากเมื่ออุณหภูมิหรือร้อนขึ้นมาก ดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นหลังการอบแห้งของข้าวเปลือกชั้นล่าง และอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จากกราฟดังกล่าว อาจประมาณการได้ว่า ความชื้นหลังการอบแห้งของข้าวเปลือกชั้นล่าง น่าจะมีค่าประมาณ 13% หากว่าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 1°C ซึ่งเป็นค่าที่สามารถเพิ่มขึ้นได้จากการใช้พัดลมทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในงานอบแห้งเมล็ดพืช ที่ความชื้น 13% มาตรฐานเปียกนี้จะเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาระยะยาว จากข้อมูลและข้อวิจารณ์ข้างต้น อาจจะสรุปได้ว่าสามารถอบแห้งข้าวเปลือกแบบในถังเก็บ ในช่วงฤดูฝน ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมแปรระหว่าง 75 – 81% โดยสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกจนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา และไม่ต่ำจนเกินไปนัก หากว่าใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศแวดล้อมประมาณ $1 - 2^{\circ}\text{C}$ ในการอบแห้ง ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ตัวอุ่นอากาศร้อนมากนัก แต่ถ้าจะมีไว้ก็ดีกว่าที่จะสามารถประกันการอบแห้งได้อย่างปลอดภัย แม้ว่าอากาศแวดล้อมจะเลวกว่าของการทดลองมากก็ตาม

สำหรับกรณีของการอบแห้งแบบเป็นงวด เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นกว่าแบบในถังเก็บมาก คือ ประมาณ 12 – 14 ชั่วโมง แทนที่จะเป็นหลายร้อยชั่วโมง ทั้งนี้เพราะใช้อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศสูง และพบว่าความชื้นหลังการอบแห้งของข้าวเปลือกชั้นล่างสุดมีค่าต่ำเกินไปเช่นกัน แต่ปัญหานี้ไม่ร้ายแรงนัก เพราะจะต้องมีการขนย้ายไปเก็บในที่แห้งอื่นหลังจากการอบแห้งแล้วเสร็จ ซึ่งแตกต่างจากการอบแห้งแบบในถังเก็บ เพราะเมล็ดพืชจะถูกอบแห้ง และเก็บรักษาในถังเก็บโดยไม่มีการขนย้าย

Table 1 Results of paddy drying

Test no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
depth of paddy (m)	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.50	1.60	0.40	0.60	0.60
air flow rate (m ³ /min-m ³)	4.11	1.32	2.98	2.62	1.39	1.80	1.84	1.49	16.4	10.09	9.81
average ambient air condition											
- temperature (°C)	27.80	27.48	27.81	28.10	28.30	28.38	27.54	27.40	27.53	30.27	28.82
- relative humidity (%)	74.66	78.38	79.30	75.11	78.06	75.75	80.84	80.86	76.66	66.08	73.67
average air condition before drying											
- temperature (°C)	36.03	42.13	33.83	33.30	33.50	35.16	35.06	32.70	42.73	44.85	43.92
- relative humidity (%)	46.91	37.25	55.87	55.67	57.52	51.23	52.39	59.52	33.84	30.24	33.01
temperature difference	8.23	14.65	6.02	5.10	5.20	6.78	7.52	5.30	15.20	14.58	15.10
average initial moisture content of paddy (% w.b.)	28.28	20.73	24.21	22.39	17.94	16.72	23.68	28.85	20.46	21.00	18.69
final moisture content of bottom layer (%w.b.)	9.81	7.08	10.54	10.49	11.05	10.27	11.06	12.04	9.30	9.31	9.23
final moisture content of top layer (% w.b.)	11.23	20.10	12.65	13.31	12.10	12.97	12.17	12.26	11.09	13.52	11.98
average final moisture content (% w.b.)	9.94	11.66	11.25	11.44	11.41	11.23	11.51	12.32	10.22	11.52	10.81
depth of paddy after drying (m)	1.47	1.49	1.465	1.48	1.52	1.50	1.37	1.427	0.36	0.55	0.55
drying time (h)	120	144	144	120	255	168	290	496	14	12	12

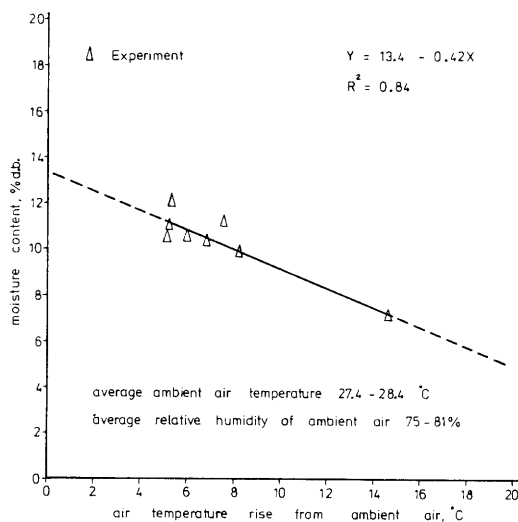


Figure 1 Final moisture content of paddy at the bottom layer V.S. air temperature rise from ambient air

Table 2 Milling test of paddy

Test no.	reference ¹	Percent head yield			average
		bottom layer	middle layer	top layer	
in-store drying					
1.	-	60.5	60.1	56.7	59.1
2.	50.8	61.5	55.5	57.0	58.0
3.	50.8	56.8	56.5	54.6	56.0
4.	53.8	62.7	61.5	59.7	61.3
5.	56.6	65.0	63.0	64.2	64.1
6.	40.9	45.4	45.8	45.4	45.5
7.	57.6	60.4	60.2	60.6	60.4
8.	53.9	53.5	53.5	51.4	52.8
average 1-8	52.0	58.2	57.0	56.2	57.1
average 1-8 except 6	53.9	60.0	58.6	57.7	58.8
batch drying					
9.	-	-	-	-	59.4
10.	-	-	-	-	57.5
11.	46.6	-	-	-	59.0
12.	46.6	-	-	-	58.6

¹ Reference means paddy dried in a room on the concrete floor with the average depth of 100 mm.

เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด

เมื่ออบแห้งข้าวเปลือกแล้วเสร็จ จะทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อคอยให้การกระจายความชื้นในเมล็ดข้าวสม่ำเสมอ จากนั้นจึงนำไปทดสอบคุณภาพการสีที่ กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร ผลการทดสอบแสดงอยู่ใน table 2 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดหลังจากการสีของการอบแห้งแบบในถังเก็บทั้ง 8 การทดลอง ยกเว้นการทดลองครั้งที่ 6 แปรระหว่าง 52.8 - 64.1% โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 58.8% ซึ่งนับว่ามีค่าค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผึ่งในท้องจนแห้งซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเฉลี่ย 53.9% หรือเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่แห้งในท้องนาซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์

ข้าวเต็มเมล็ดเฉลี่ย 42.5% สำหรับข้าวนาปรัง และ 37% สำหรับข้าวนาปี (Attaviriyasook, 1983) สาเหตุที่ไม่นำผลการทดลองครั้งที่ 6 มาพิจารณาด้วย เพราะความชื้นข้าวเปลือกก่อนอบแห้งมีค่าเกินไป ซึ่งคงจะเกิดการคายความชื้นและดูดความชื้นในท้องนา มาหลายวันแล้ว ทำให้เมล็ดร้าวก่อนการอบแห้ง เมื่ออบแห้งแล้วเสร็จ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดจึงมีค่าต่ำมาก หากพิจารณาความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดระหว่างชั้นต่าง ๆ แล้วพบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดของข้าวชั้นบนมีแนวโน้มต่ำกว่าของชั้นกลางและชั้นล่างเล็กน้อย ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ข้าวชั้นบนแห้งหลังสุด ทำให้มีการสูญเสียมวลแห้งระหว่างการอบแห้งสูงสุด

จากผลการทดลองครั้งที่ 6 พบว่าเมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นก่อนอบแห้งต่ำ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็ม

เมล็ดหลังการสีก็ต่ำเช่นกัน เพื่อให้ข้อมูลเพียงพอต่อการหาความสัมพันธ์จึงได้นำเอาข้อมูลการทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกแบบในถังเก็บของ ชาติชาย (2527) และ Suwansathit (1989) มาร่วมพิจารณาด้วย โดยทำการพลอตกราฟดัง Figure 2 จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอย พบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดจะมีค่าสูงสุด เมื่อความชื้นก่อนอบแห้งเท่ากับ 24% แต่ที่ความชื้นสูงขนาดนี้ การอบแห้งแบบในถังเก็บอาจจะประสบการเสียหาย เพราะต้องใช้เวลาการอบแห้งที่ยาวนานเกินไป ทำให้มีการเจริญเติบโตของเชื้อรามาก การสูญเสียมวลแห้งสูง และเมล็ดข้าวอาจมีการเปลี่ยนสี ดังจะได้กล่าวในช่วงต่อไป

สำหรับผลการทดสอบการอบแห้งแบบเป็นวง พบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดมีค่าสูงเช่นกัน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.6% จากการสำรวจเอกสาร พบว่า

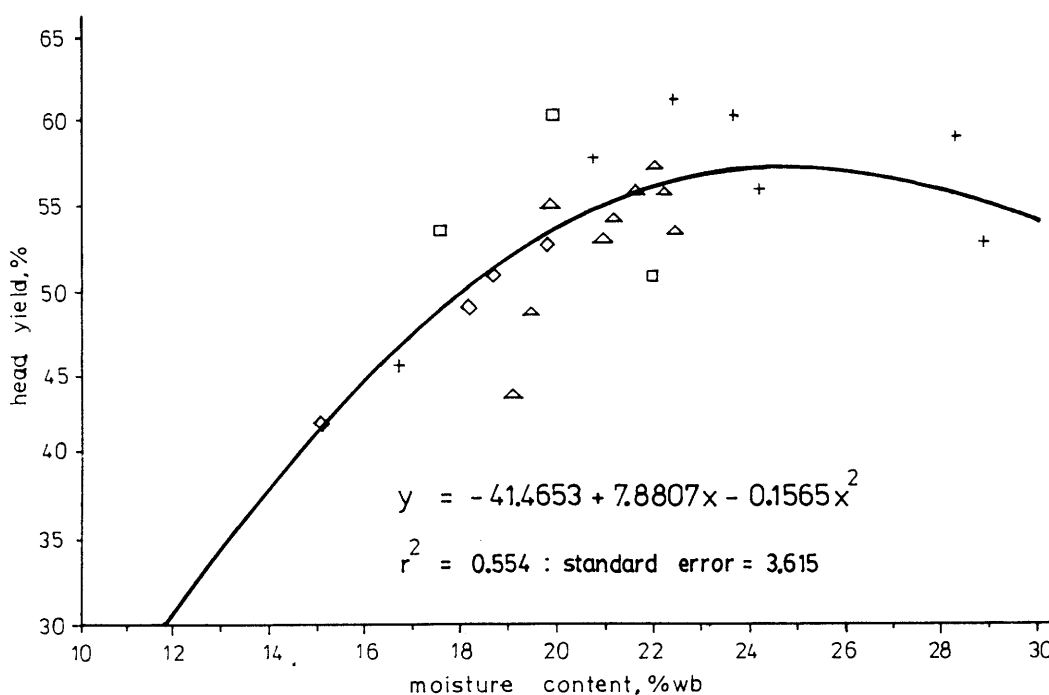


Figure 2 Effect of initial moisture content on milling quality of paddy dried in bulk storage

อุณหภูมิของอากาศอบแห้งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด และเพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอต่อการหาความสัมพันธ์ จึงได้นำเอาข้อมูลการทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกของเรือศรี (2521) และ สมชาติ และวราณี (2532) มาร่วมพิจารณาด้วย โดยกราฟดัง Figure 3 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งประมาณ 40 – 45°C และมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิอากาศอบแห้งมีค่าสูงขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกแบบเป็นวงไม่ควรสูงกว่า 45°C

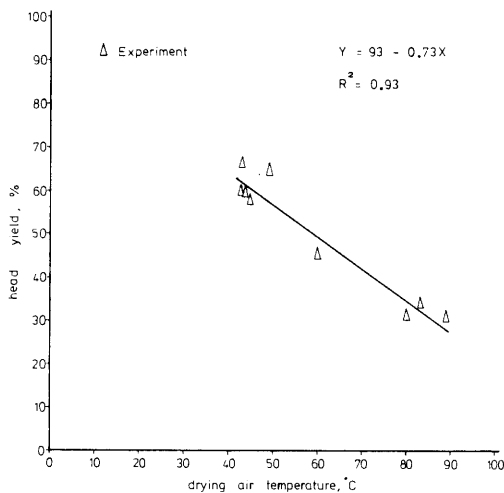


Figure 3 Head yield V.S. drying air temperature

การงอกของเมล็ด

เมื่ออบแห้งข้าวเปลือกแล้วเสร็จ จะทำการเก็บข้าวเปลือกไว้ประมาณ 8 อาทิตย์ก่อนที่จะทดสอบการงอกของเมล็ด ผลการทดลองแสดงอยู่ใน Table 3 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก ทั้งของการอบแห้งแบบในถังเก็บและแบบเป็นวง โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 94.7 และ 91.2% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่าง

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวเปลือกของแต่ละชั้นแล้ว พบว่าชั้นบนมีแนวโน้มที่จะมีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำกว่าชั้นกลางและชั้นล่างเล็กน้อย ซึ่งก็จะมีสาเหตุเช่นเดียวกับการงอกของเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด คือข้าวชั้นบนจะแห้งที่สุด ทำให้การสูญเสียมวลแห้งระหว่างการอบแห้งสูงสุด ซึ่งอาจทำให้ตัวอ่อนมีความแข็งแรงลดลง

สีของข้าวและเชอร์รา

จากการตรวจสอบสีของเมล็ดข้าวหลังการสีของการทดลองครั้งที่ 3 – 8 (ไม่มีข้อมูลสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 – 2) พบว่าเมล็ดข้าวมีสีขาว สำหรับการอบแห้งครั้งที่ 3 – 6 แต่จะมีสีเหลืองและค่อนข้างเหลืองมากสำหรับการทดลองครั้งที่ 7 และ 8 ตามลำดับ และพบว่าข้าวชั้นบนมีสีเหลืองกว่าข้าวชั้นกลาง โดยที่ข้าวชั้นล่างมีสีขาวตามปกติ การที่เมล็ดข้าวเปลี่ยนสี เพราะเมล็ดมีความชื้นสูงและใช้เวลาในการอบแห้งยาวนานเกินไป ดังเช่นของการทดลองครั้งที่ 7 และ 8 ส่วนการทดลองครั้งที่ 3 และ 6 นั้น เมล็ดข้าวมีความชื้นสูงแต่เวลาอบแห้งไม่นานมากหรือไม่มีความชื้นเมล็ดต่ำ แต่เวลาการอบแห้งยาวนาน ซึ่งไม่มีผลทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนสี

จากการทดลองการอบแห้งแบบในถังเก็บทั้ง 8 ครั้ง พบว่าเชอร์ราเกิดขึ้นที่บริเวณข้าวชั้นบนของการทดลองครั้งที่ 8 เท่านั้น ซึ่งการทดลองครั้งที่ 8 นี้ใช้เวลาในการอบแห้งยาวนาน และเมล็ดข้าวเปลือกก็มีความชื้นสูงด้วย

ส่วนการอบแห้งแบบเป็นวงนั้น พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนสีของเมล็ดข้าว และไม่มีการตรวจพบเชอร์รา

การสูญเสียมวลแห้ง

ในระหว่างการทดลองอบแห้งนั้น เราไม่สามารถที่จะวัดการสูญเสียมวลแห้งของเมล็ดข้าวเปลือกได้ แต่สามารถคำนวณการสูญเสียมวลแห้งของข้าวเปลือก

Table 3 Germination test of paddy

Test no.	reference ¹	Percent germination			average
		bottom layer	middle layer	top layer	
in-store drying					
1.	-	94.0	94.5	91.5	93.3
2.	91.5	98.0	93.0	87.5	92.8
3.	93.0	93.5	96.0	94.5	94.7
4.	97.5	96.5	98.0	98.5	97.7
5.	90.5	92.5	88.5	84.5	88.5
6.	96.9	98.0	96.5	97.5	97.3
7.	96.5	98.5	96.9	98.0	97.8
8.	97.0	97.0	96.0	94.5	95.8
average 1-8	94.7	96.0	94.9	93.3	94.7
batch drying					
9.	-	-	-	-	91.5
10.	-	-	-	-	91.0
11.	82.0	-	-	-	91.0
average 9-11	82.0	-	-	-	91.2

¹ Reference means paddy dried in a room on the concrete floor with the average depth of 100 mm.

ระหว่างการอบแห้งได้ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งของ Soponronnarit (1988) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสูญเสียมวลแห้งของ Seib *et al.* (1980) ผลการคำนวณดังกล่าวแสดงอยู่ใน Figure 4 สำหรับการอบแห้งแบบในถังเก็บ และใน Figure 5 สำหรับการอบแห้งแบบเป็นงวด ซึ่งพบว่าการอบแห้งแบบในถังเก็บมีการสูญเสียมวลแห้งสูงกว่าของการอบแห้งแบบเป็นงวดมาก ซึ่งเป็นเพราะการอบแห้งแบบในถังเก็บใช้เวลาในการอบแห้งยาวนานกว่ามาก การสูญเสียมวลแห้งที่เกิดขึ้นทำให้สูญเสียน้ำหนักในการขาย และยังทำให้คุณภาพด้านเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงด้วย ดังที่ได้วิจารณ์ไว้แล้ว การสูญเสียมวลแห้งระหว่างการอบแห้งจะมากเมื่อข้าวเปลือกมีความชื้น

ก่อนอบแห้งสูง และหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งยาวนาน ดังเช่นกรณีของการทดลองครั้งที่ 1, 3 และ 7 และจะมีการสูญเสียมวลแห้งน้อยเมื่อความชื้นข้าวเปลือกก่อนอบแห้งมีค่าต่ำ หรือเวลาที่ใช้ออบแห้งไม่ยาวนานเกินไป ดังเช่นของการทดลองครั้งที่ 2 และ 6 ส่วนการสูญเสียมวลแห้งของการอบแห้งแบบเป็นงวดนั้นมีค่าน้อยมาก คือ น้อยกว่า 0.1%

จากการวิเคราะห์การสูญเสียมวลแห้งนี้ ทำให้ได้ข้อคิดว่าความชื้นของข้าวเปลือกก่อนการอบแห้งไม่ควรสูงเกินไป ซึ่งเมื่อพิจารณาควบคู่กันไปกับคุณภาพด้านการสีแล้ว ความชื้นข้าวเปลือกก่อนอบแห้งควรมีค่าประมาณ 20% ทั้งนี้เพื่อให้การสูญเสียมวลแห้งมีค่าน้อยคือต่ำกว่า 0.5% และได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดหลังการสีสูงด้วย

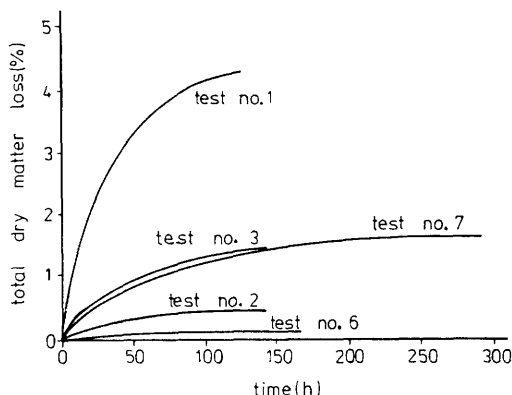


Figure 4 Evolution of calculated total dry matter loss (test nos. 1-3, 6 and 7)

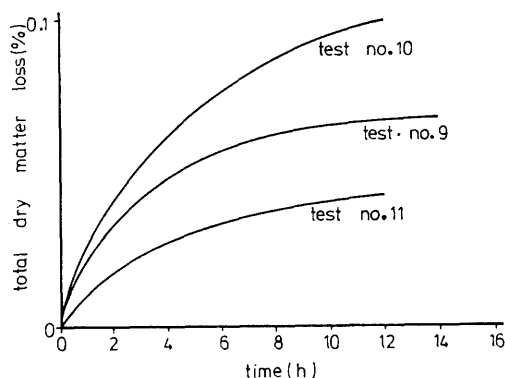


Figure 5 Evolution of calculated total dry matter loss (test nos. 9-11)

สรุป

1. มีความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคการอบแห้งแบบในถังเก็บสำหรับอบแห้งข้าวเปลือกภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้น โดยได้คุณภาพผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งในการเกณฑ์ดีมาก

2. ความชื้นข้าวเปลือกก่อนอบแห้งสำหรับการอบแห้งแบบในถังเก็บควรมีค่าประมาณ 20% มาตรฐานเปียก ทั้งนี้เพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดี

3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งของการอบแห้งแบบเป็นจวดก็อยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกัน ทั้งนี้ต้องเลือกใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้งที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

1. ควรมีการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในการอบแห้ง เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

2. การตรวจสอบสีของเมล็ดข้าวควรใช้เครื่องมือมาตรฐาน หรือใช้กระดาษเทียบสี

คำขอบคุณ

ผู้เขียนใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อ Australian Center for International Agricultural Research ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ชาติชาย กาญจนบุรณ. 2527. การอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

เรืองศรี สีหะวงษ์. 2521. ข้อมูลจากการทดลองอบข้าวเปลือก, วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 3 ฉบับที่ 1

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, มานิจ ทองประเสริฐ, สุวิทย์ บุญยวานิชกุล และจรรยา มหิทธิพงษ์กุล. 2528. การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์, รายงานส่งสำนักงานพลังงานแห่งชาติ กรุงเทพฯ

- สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ และวารุณี เตีย. 2532. การศึกษาความเปลี่ยนแปลงพลังงาน คุณภาพผลิตภัณฑ์ และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของระบบอบแห้งและระบายอากาศในโรงสีข้าว, วิศวกรรมสาร เล่มที่ 3 : 55 - 61
- Anon, 1977. Design/Development of farm dryer. Division of Agricultural Engineering, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Thailand.
- _____. 1978. Operator's manual : IRRI batch dryer and IRRI vertical bin batch dryer. Agricultural Engineering Department, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Attaviriyasook, K. 1983. Survey of rice quality on farms in Central Thailand. Paper presented Hotel the 1983 Grain Post-Harvest Workshop, Puncak Pass Hotel, Jakarta, Indonesia, May 3 - 6.
- Bramall, L.D. 1985. Paddy drying in Australia. ACIAR Proceedings No. 15, Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Claverley, D.J.B. 1985. Storage and Drying trials with unmilled rice in Indonesia. ACIAR Proceedings No. 15, Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Cheigh, H.S., K.S. Kim, M.G. Shin and T.W. Kwon, 1985. A system for small-scale farm drying and storage of paddy in Korea. ACIAR Proceedings No. 15, Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Chung, D.S., B. Kanuyoso, L. Erickson and C.H. Lee, 1985. Grain aeration and in-store drying in the U.S.A. ACIAR Proceedings No. 15, Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Exell, R.H.B., S. Kornsakoo and S. Thiratra-koolchai, 1979. A low cost solar rice dryer for farmers in South-East Asia. Agricultural Mechanization in Asia, Autumn.
- Seib, P.A., H.B. Pfof, A. Sukaboi, V.S. Rao and R. Burroughs, 1980. Spoilage of rough rice measured by evolution of carbon dioxide. Proc. the 3rd Annual Workshop on Grain Post-Harvest Technology, January 29 - 30, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Soponronnarit, S. 1988. Energy model of grain drying system. ASEAN Journal of Science and Technology for Development 5 (2), 43 - 68.
- Soponronnarit, S., W. Watabutr, A. Therdyothin and B. Kunjara, 1986. A drying-storage solar hut : the technical aspects, Renewable Energy Review Journal 8 (1), 49 - 60.
- Steel, J.L., R.A. Saul and W.V. Hukill, 1969. Deterioration rate of shelled corn as measured by carbon dioxide production. Trans. ASAE 12, 685 - 689.
- Suwansathit, R. 1989. The drying of paddy with ambient air in storage barn for the improvement of yields and rice quality. Master thesis, Mahidol University, Thailand.