

การออกแบบและทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บ

Design and Testing of In-store Paddy Drying

สมเกียรติ ปรัชญาวารากร¹, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์²,

ปราศรัย ชลิดาพงศ์² และ อติศักดิ์ นาถกรนกุล²

Somkiat Prachayawarakorn, Somchart Soponronnarit,

Prasai Chalidapongs and Adisak Nathakaranakule

ABSTRACT

The objective of this paper was to design and test of in-store paddy drying. Both energy consumption and grain quality were taken into consideration. Economic analysis was also conducted. Experimental results indicated that uniform air flow through paddy bed was achieved. Pressure drop through the grain bed was the most significant. When paddy was dried from 16 % to about 14 % wet-basis, using an air flow rate of 2.03 m³/min-m³ of paddy, energy consumption was 19 baht/ton, head yield was 11% higher compared with direct sun drying. Benefit gained from higher head yield was 160 baht/ton. Dry paddy in storage should be ventilated periodically by ambient air, at least one hour each time.

Mathematical simulation of paddy drying indicated that energy consumption was 35 baht/ton when paddy was dried from 18 % to 14 % wet-basis, using an air flow rate of 1.3 m³/min-m³ of paddy. Economic analysis based on mathematical model data showed that in-store drying system yielded higher rate of return compared with interest rate and short pay back period.

Key words : in-store drying, paddy drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บ โดยพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพของข้าวเปลือกหลัง

การอบแห้ง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการทดลองพบว่าระบบอบแห้งที่ออกแบบมีการกระจายของลมสม่ำเสมอตลอดพื้นที่อบแห้ง การสูญเสียความชื้นในระบบอบแห้งโดยส่วนใหญ่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านกองข้าวเปลือก ในการลด

1 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Dept. of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkuts Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

2 คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

School of Energy and Materials, King Mongkuts Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

ความชื้นข้าวเปลือกจากความชื้น 18% มาตรฐานเปียกเหลือ 14% มาตรฐานเปียก โดยใช้อัตราการไหลอากาศประมาณ $2.03 \text{ m}^3 / \text{min} - \text{m}^3$ ข้าวเปลือก ต้องสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 19 บาทต่อตันข้าวเปลือก เปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดดีกว่าการอบแห้งโดยวิธีตากแดด 11% ผู้ผลิตมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการที่ได้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นประมาณ 180 บาทต่อตันข้าวเปลือก ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ความชื้นประมาณ 14 % มาตรฐานเปียก ควรมีการระบายความร้อนออกจากกองข้าวเปลือกเป็นระยะๆ โดยการเป่าอากาศแวดล้อมเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ผลจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายอัตราการอบแห้ง พบว่าในการลดความชื้นข้าวเปลือก 18% มาตรฐานเปียกเหลือ 14% มาตรฐานเปียก โดยใช้อัตราการไหลอากาศ $1.3 \text{ m}^3 / \text{mi} - \text{m}^3$ ข้าวเปลือก ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 35 บาทต่อตันข้าวเปลือก และในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลจากการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าระบบอบแห้งแบบดั้งเดิมให้อัตราผลตอบแทนสูงกว่าดอกเบี้ยเงินฝากและระยะคืนทุนสั้น

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรกลเกษตร โดยเฉพาะเครื่องเก็บเกี่ยวข้าวและนวดในด้ามมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ทำให้เริ่มประสบปัญหาเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นสูง และการที่ปริมาณข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้ต่อวันมีปริมาณสูงขึ้น ทำให้การอบแห้งโดยใช้ลานตากค่อนข้างจะไม่เหมาะสม เนื่องจากต้องใช้พื้นที่มาก และคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการสัอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีการนำเครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบเมล็ดไหลต่อเนื่องมาใช้ โดยใช้อุณหภูมิอากาศค่อนข้างสูง ทำการลดความชื้นข้าวเปลือก จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 22% มาตรฐานเปียก เหลือความชื้นประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่าเปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้หลังการสัอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากการอบแห้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็น

ผลทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเกิดความเครียดและแตกร้าวจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในกรณีที่ต้องการอบแห้งแบบรวดเร็วนี้ไม่ควรอบแห้งให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นต่ำกว่า 18% มาตรฐานเปียก ถ้าต้องการให้คุณภาพของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี สำหรับในการอบแห้งข้าวเปลือกจากช่วงความชื้น 18% มาตรฐานเปียกเหลือ 14% มาตรฐานเปียกนั้น การใช้เทคนิคการอบแห้งแบบดั้งเดิม โดยใช้อุณหภูมิของอากาศใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อม และอัตราการไหลของอากาศต่ำ น่าจะเป็นเทคนิคที่เหมาะสม เนื่องจากที่ความชื้นดังกล่าวอัตราการอบแห้งค่อนข้างต่ำ การใช้อัตราการไหลของอากาศสูง และอุณหภูมิสูง จะทำให้มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูง

สมชาติ และสมชาย (2533) ทดลองอบแห้งข้าวเปลือก โดยใช้อัตราการไหล และอุณหภูมิของอากาศอบแห้งหลายๆ แบบ พบว่า การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอัตราการไหลของอากาศต่ำใช้พลังงานในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิและอัตราการไหลอากาศสูง และในการอบแห้งข้าวเปลือกอย่างช้าๆ ควรใช้การอบแห้งด้วยอัตราการไหลของอากาศต่ำ โดยอาจใช้วิธีเป่าอากาศแวดล้อมเฉพาะในช่วงที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่สูงมากนัก หรือโดยการเป่าอากาศอย่างต่อเนื่อง แต่อุ่นอากาศแวดล้อมให้ร้อนขึ้นเล็กน้อยเฉพาะในช่วงเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูง

Soponronnarit (1987) ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บอย่างละเอียด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยในการวิเคราะห์การอบแห้ง พบว่าควรอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้อากาศแวดล้อม และอัตราการไหลของอากาศต่ำ โดยอุณหภูมิให้ร้อนขึ้นไม่เกิน 5°C ในกรณีที่อากาศแวดล้อมมีความชื้นสูง ทั้งนี้เพื่อผลทางด้านคุณภาพและค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง

Soponronnarit (1988) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์แนวทางการอบแห้งข้าวเปลือกที่เหมาะสมภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้น เช่นในกรุงเทพมหานคร พบว่า ควรอบแห้งโดยใช้อากาศแวดล้อมและอัตราการ

ไหลของอากาศต่ำ และหากต้องการอบแห้งแบบในถังเก็บแล้ว ควรกำหนดให้ความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า 20% มาตรฐานเปียก ความหนาของชั้นข้าวเปลือกประมาณ 3-4 เมตร อัตราการไหลของอากาศ 2.0-3.6 $\text{m}^3/\text{min-m}^3$ ข้าวเปลือก เวลาที่ใช้อบแห้งประมาณ 200-220 ชั่วโมง ความสิ้นเปลืองพลังงาน 1.5-3.0 MJ/kg น้ำที่ระเหย เพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 14% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการอบแห้ง

Soponronnarit and Nathakaranakule (1990) ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคของการอบแห้งข้าวเปลือกในถังอบแห้งแบบไฟเบอร์กลาส การทดลองอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจะอบแห้งอย่างรวดเร็วเพื่อลดความชื้นสูงให้เหลือประมาณ 18-20% มาตรฐานเปียก โดยใช้อุณหภูมิของอากาศในการอบแห้งประมาณ 45-49°C หลังจากนั้นจึงอบแห้งต่ออย่างช้าๆ โดยใช้อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม และใช้อัตราการไหลของอากาศต่ำ อบแห้งจนกระทั่งข้าวเปลือกมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดประมาณ 42% ค่าความขาวของข้าว 44% สำหรับช่วงการอบแห้งแบบรวดเร็วสิ้นเปลืองพลังงาน 4.87 MJ/kg น้ำที่ระเหย และสำหรับในช่วงการอบแห้ง โดยใช้อากาศแวดล้อมและอัตราการไหลของอากาศต่ำ จะให้ความสิ้นเปลืองพลังงาน 1.46 MJ/kg น้ำที่ระเหย ในการลดความชื้นข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 20% มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้น 14.5% มาตรฐานเปียก พบว่าต้นทุนในการอบแห้งสำหรับการอบแห้งในถังเก็บคิดเป็นเงิน 39.22 บาทต่อตันข้าวเปลือก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโรงเก็บข้าวเปลือก ให้สามารถอบแห้งและเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยทำการทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกในถังเก็บขนาดจุ 100 ตัน ศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งและศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบอบแห้งที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยได้จาก Figure 1 ซึ่งประกอบด้วยท่อลมหลักรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 0.7m x 0.8m ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบ ท่อลมแยกทั้งหมด 6 ท่อด้วยกัน สร้างจากเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm และเหล็กฉากขนาด 1" x 1/8" ประกอบเป็นโครงสร้างสำหรับรับน้ำหนักข้าวเปลือก พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีขนาดพื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.18 m^2 มีมุ้งลวดอะลูมิเนียมทำหน้าที่เป็นตัวกระจายลมที่ใช้ในการอบแห้ง พัดลมที่ใช้เป็นแบบเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง มอเตอร์ขนาด 11.2 kW และมีวาล์วปีกผีเสื้อ 6 ตัว ทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลของลมในแต่ละท่อให้เท่ากัน สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือเครื่องมือวัดอุณหภูมิในกองข้าวเปลือกและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล type k ต่อเข้ากับ data logger ซึ่งมีความถูกต้อง $\pm 1^\circ\text{C}$ และเครื่องมือวัดความสูญเสียความดันของระบบอบแห้ง วัดโดยใช้แมนอมิเตอร์ รายละเอียดของตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิและความดันแสดงใน Figure 1

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกเป็น 2 ช่วงการทดลอง คือ ในช่วงแรกนำข้าวเปลือกความชื้น 14% มาตรฐานเปียกประมาณ 100 ตัน มาเก็บไว้ในที่อบแห้ง จากนั้นเป่าอากาศที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 33°C และความชื้นสัมพัทธ์ 85 % ผ่านกองข้าวเปลือก วัดความดันในระบบอบแห้งและวัดอุณหภูมิในกองข้าวเปลือกทุกๆ นาที จนกระทั่งอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม ในช่วงที่สองนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นประมาณ 16% มาตรฐานเปียกประมาณ 88 ตัน มาเก็บไว้ในที่อบแห้ง จากนั้นเป่าอากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ 80 % เข้าไปในบริเวณกองข้าวเปลือก ในการเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อหาความชื้นจะเก็บที่ความลึก

ผลและวิจารณ์

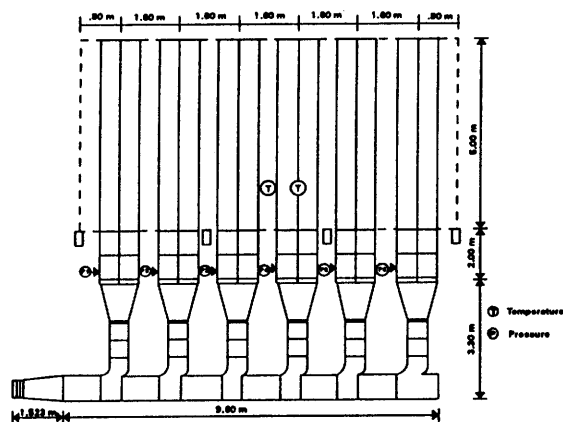


Figure 1 Top view of drying ducts and temperature and pressure measuring locations in the drying system.

ประมาณ 10 cm และ 50 cm จากผิวหน้าของข้าวเปลือก ในการทดสอบคุณภาพข้าวเปลือกหลังการสีนั้น จะศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จากการอบแห้งในถังเก็บหว่านด้วยเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดอ้างอิงที่ได้จากการนำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นใกล้เคียงกับที่เริ่มต้นการทดลองมาทำการอบแห้ง โดยใช้อากาศแวดล้อมจนกระทั่งข้าวเปลือกมีความชื้นประมาณ 14 % มาตรฐานเปียก) และ เปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพัทธ์ (ความขาวของข้าวที่ได้จากการอบแห้งแบบถังเก็บหว่านด้วยความขาวอ้างอิง) โดยจะทำการเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งความลึกจากผิวหน้า 30 cm เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้าวเปลือกปริมาณ 86 ตันไปทำการทดสอบการสีที่หุ้มนุ้สมหกรณ์การเกษตร นอกจากจะมีการเก็บตัวอย่างความชื้นและทดสอบคุณภาพการสีของข้าวเปลือกแล้ว ยังมีการวัดอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศแวดล้อม

สมรรถนะของระบบอบแห้ง

กองข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีขนาดกว้าง ยาว และสูงเท่ากับ 5, 9.6 และ 3.0 เมตร ตามลำดับ จากการทดสอบระบบอบแห้งขณะที่ยังไม่ใส่ข้าวเปลือก พบว่าการสูญเสียความชื้นในระบบที่อบแห้งมีค่าน้อยมาก และเมื่อใส่ข้าวเปลือกปริมาณ 100 ตัน (ที่ความชื้น 14% มาตรฐานเปียก) ลงไปพบว่าความชื้นในระบบที่อบแห้งเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า ของความชื้นในขณะที่ไม่ใส่ข้าวเปลือก แสดงว่าการสูญเสียความชื้นในระบบอบแห้งส่วนใหญ่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านกองข้าวเปลือก จากการวัดความดันสถิตที่ท่อแยก ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยเปิดวาล์วปีกผีเสื้อ 100% พบว่าค่าความดันที่แต่ละท่อย่อยมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดัง Table 1

Table 1 Performance of in-store drying system.

motor		
voltage	382	V
current	16.38	A
power factor	0.87	
power	9.43	kW
efficiency	87.5	%
pressure drop in ducts at (see Figure 1)		
fan exit	67.8	mm H ₂ O
duct no. p1	67.3	mm H ₂ O
duct no. p2	70.5	mm H ₂ O
duct no. p3	68.3	mm H ₂ O
duct no. p4	67.3	mm H ₂ O
duct no. p5	70.0	mm H ₂ O
duct no. p6	67.3	mm H ₂ O
total air flow rate	332	m ³ /min
(assuming fan efficiency = 50 %)		

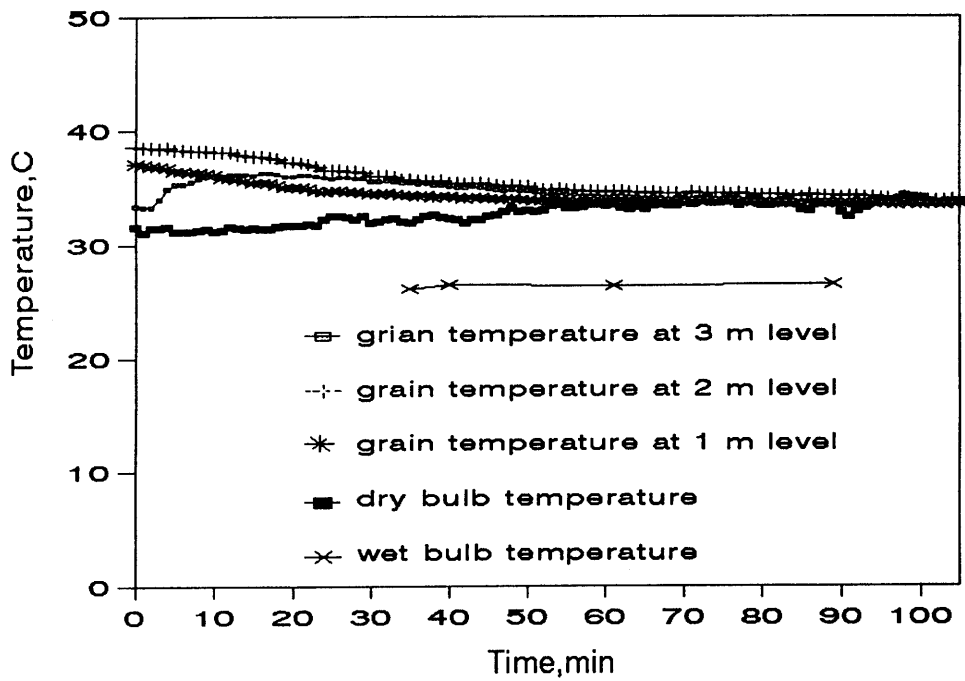


Figure 2 Evolution of temperatures (between ducts).

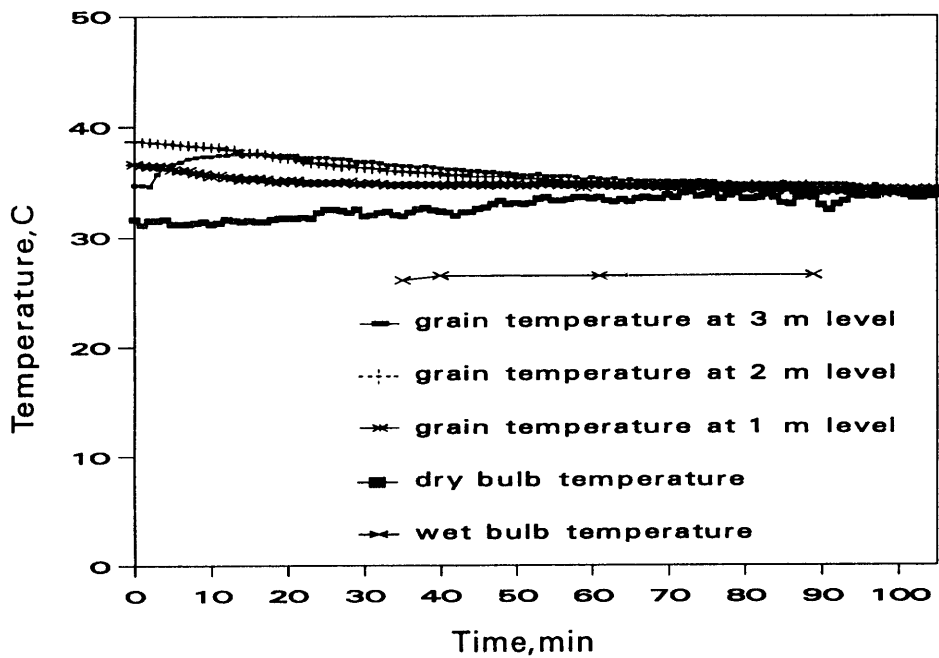
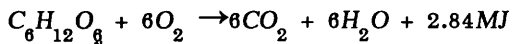


Figure 3 Evolution of temperatures (above duct).

ซึ่งหมายความว่าอัตราการไหลของอากาศในแต่ละท่อแยกมีค่าเกือบเท่ากัน ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ตัววัดปิกฟิลด์ในการปรับอัตราการไหลของอากาศในแต่ละท่อแยก

การระบายความร้อนออกจากกองข้าวเปลือก

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเก็บข้าวเปลือกโดยไม่มีการระบายอากาศ อุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกจะสูงขึ้นถึงประมาณ 35 - 38°C เนื่องจากเมล็ดพืชหายใจและคายพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ดังสมการปฏิกิริยา



ดังนั้นถ้าไม่มีการระบายความร้อนออกจะทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลือง ซึ่งเกิดเนื่องจากความร้อนจะไปช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ทำให้คุณภาพของเมล็ดข้าวลดลง เมื่อระบายความร้อนในกองข้าวเปลือกออกโดยการเป่าอากาศแวดล้อม พบว่า อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกลางกองข้าวเปลือกและส่วนล่างของกองข้าวเปลือกค่อยๆ ลดลง ในขณะที่อุณหภูมิส่วนบนของกองข้าวเปลือกจะเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งกลางกองข้าวเปลือก

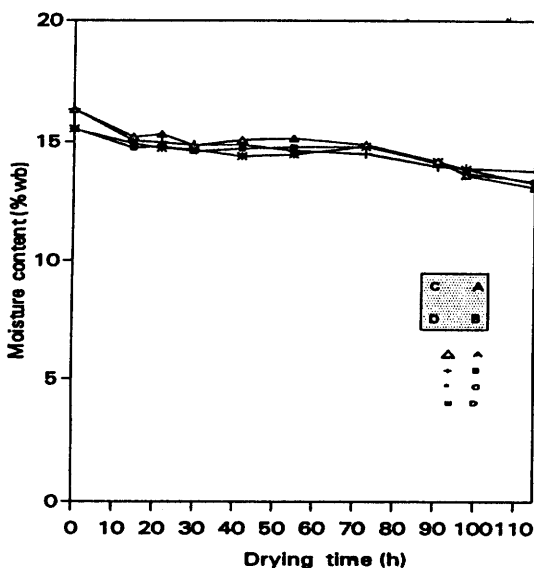


Figure 4 Evolution of moisture content of paddy at 10 cm depth.

แล้วจึงค่อยๆ ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความร้อน ณ ตำแหน่งส่วนล่างและส่วนกลางของกองข้าวเปลือกได้ถ่ายเทไปสู่ส่วนบนนั่นเอง ดัง Figures 2,3

ในการระบายความร้อน ใช้อัตราการไหลของอากาศประมาณ 1.7 m³/min-m³ ข้าวเปลือก ในขณะที่เริ่มระบายความร้อนมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกและอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 7°C ต้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จึงทำให้อุณหภูมิของกองข้าวเปลือกลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม

ความชื้นข้าวเปลือกหลังการอบแห้ง

Figures 4,5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกกับเวลาในการอบแห้งที่ความลึก 10 cm และ 50 cm จากผิวของข้าวเปลือก พบว่าความแตกต่างของความชื้นที่จุดต่างๆ มีน้อยมาก แสดงให้เห็นว่า ระบบอบแห้งที่ออกแบบมีการกระจายของลมสม่ำเสมอตลอดพื้นที่อบแห้ง ดังนั้นเพื่อความสะดวกจึงได้นำความชื้นของข้าวเปลือกที่แต่ละระดับมาพลอตกับเวลาดังแสดงใน Figure 6

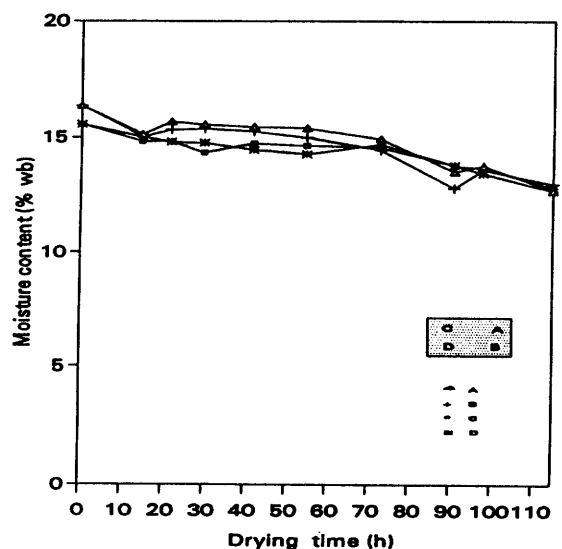


Figure 5 Evolution of moisture content of paddy at 50 cm depth.

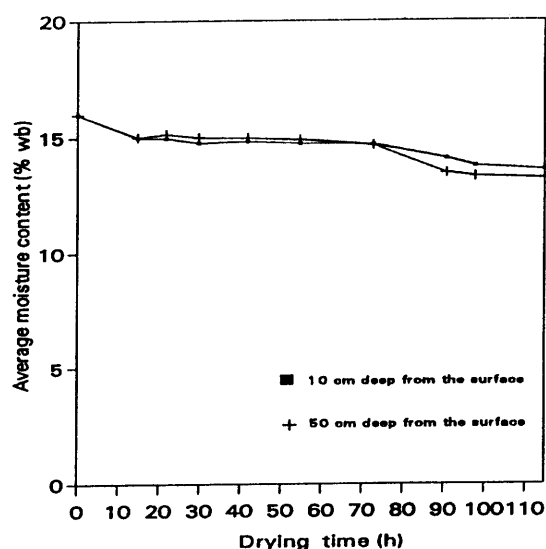


Figure 6 Evolution of average moisture content of paddy at different depths.

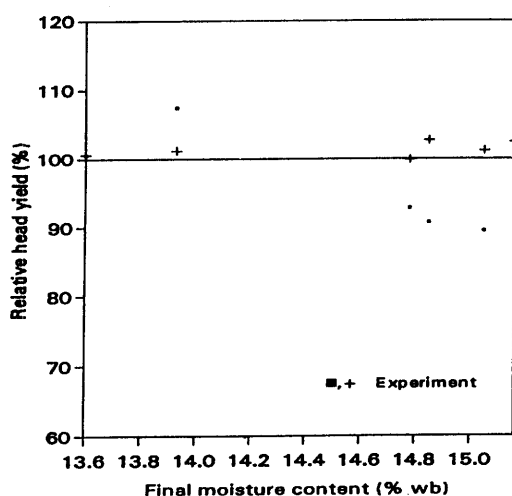


Figure 7 Relationship between relative head yield and final moisture content. (reference head yield = 42.4%).

ความสัมพันธ์ของพลังงาน

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพลังงานในการอบแห้งมีข้อสมมุติฐานที่สำคัญดังนี้ สมมุติว่าความแตกต่างของความชื้นข้าวเปลือกหลังสิ้นสุดการอบแห้งระหว่างบริเวณด้านล่างของห้องอบแห้งและบริเวณด้านบนของห้องอบแห้งมีความแตกต่างของความชื้นน้อยมาก เนื่องจากสภาวะอากาศที่ทำการทดลองจะได้ความ

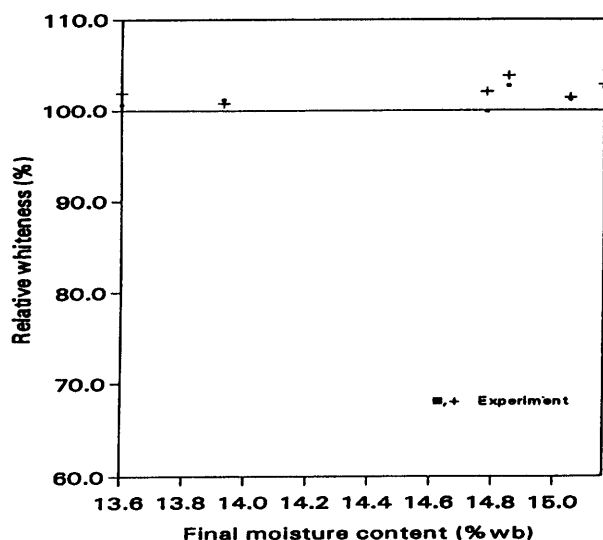


Figure 8 Relationship between relative whiteness and final moisture content. (Reference whiteness = 39.8).

ชื้นสมดุลของข้าวเปลือกประมาณ 14% มาตรฐานเปียกจากการทดลองวัดความชื้นข้าวเปลือกหลังสิ้นสุดการอบแห้งพบว่าบริเวณด้านบนของห้องอบแห้งมีความชื้นข้าวเปลือกประมาณ 13.4% มาตรฐานเปียก

ผลการทดลองที่ได้พบว่า ในการอบแห้งข้าวเปลือกในช่วงความชื้นประมาณ 16% มาตรฐานเปียก และอัตราการไหลอากาศ $2.03 \text{ m}^3/\text{min}-\text{m}^3$ ข้าวเปลือก มีความสิ้นเปลืองพลังงาน 1.43 MJ/kg น้ำที่ระเหย หรือสิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้า โดยเฉลี่ย 0.65 บาทต่อกิโลกรัมที่ระเหย (ค่าพลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 1.65 บาท) หรือ 19 บาทต่อตันข้าวเปลือก

การทดสอบคุณภาพข้าวเปลือกหลังการอบแห้ง

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการพิจารณาคุณภาพของข้าวเปลือกเป็น 2 ส่วน คือ เปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดและสีของข้าวเปลือกหลังอบแห้ง

Figure 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพันธ์กับความชื้นสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ในระหว่างการอบแห้ง พบว่าเปอร์เซนต์ข้าวเต็มเมล็ดสัมพันธ์ของข้าวเปลือกที่ความชื้นสุดท้ายต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลง Figure 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

เปอร์เซ็นต์ความขาวสัมพันธ์กับความชื้นสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ในระหว่างการอบแห้ง พบว่าความขาวสัมพันธ์ของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งที่ความชื้นสุดท้ายต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน

เมื่อสิ้นสุดการอบแห้งได้นำข้าวเปลือกไปทำการทดสอบคุณภาพการสี พบว่าในปริมาณข้าวเปลือก 1 ตัน จะได้ข้าวเต็มเมล็ดประมาณ 400 กิโลกรัม ในทำนองเดียวกัน เมื่อนำข้าวเปลือกที่ผ่านการตากแดดไปทำการทดสอบคุณภาพการสี พบว่า ในปริมาณข้าวเปลือก 1 ตันจะได้ข้าวเต็มเมล็ดเฉลี่ยประมาณ 360 กิโลกรัม แสดงว่าการอบแห้งแบบดั้งเดิมโดยเป่าอากาศแวดล้อมให้ข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการตากแดด โดยใช้ลานตาก 11% หรือมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการที่ได้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 160 บาทต่อตันข้าวเปลือก (ความแตกต่างของราคาระหว่างข้าวหักกับข้าวเต็มเมล็ดเท่ากับ 4 บาทต่อกิโลกรัม)

การจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์

ในการจำลองแบบปัญหาของการอบแห้งข้าวเปลือก ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเมล็ดพืช ของ Soponronarit (1988) ซึ่งมีสมมุติฐานที่สำคัญคือ มีสมดุลทางความร้อนแต่ไม่มีสมดุลทางความชื้นเกิดขึ้นในแต่ละชั้นบางของชั้นเมล็ดพืช โดยกำหนดให้กองข้าวเปลือกมีความกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 5, 9.6 และ 4 เมตร ตามลำดับ อัตราไหลของอากาศเท่ากับ $1.3 \text{ m}^3/\text{min}-\text{m}^3$ ข้าวเปลือก กำหนดให้พัดลมทำงานเมื่อเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมต่ำกว่าหรือเท่ากับ 75% การจำลองแบบใช้ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2531 – พ.ศ. 2535 และแบ่งเป็น 2 ฤดู การเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกคือเดือนมีนาคม และเดือนกันยายน ผลจากการจำลองแบบปัญหาสรุปได้ว่า ในการอบแห้งข้าวเปลือกจาก ความชื้น 18% มาตรฐานเปียกให้เหลือ 14% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ย 179 ชั่วโมง และใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนพัดลมประมาณ 11.7 kW

ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าประมาณ 35 บาทต่อตันข้าวเปลือก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ใช้ข้อมูลจากการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบกับข้อสมมุติฐานอื่นๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ กำหนดให้มีการอบแห้ง 1 หรือ 2 ครั้งต่อปี แล้วแต่กรณี (Table 2, 3) ผลตอบแทนจากการที่ข้าวเต็มเมล็ดสูงขึ้นคิดเป็นตันละ 50 บาท หรือ 100 บาทหรือ 150 บาท แล้วแต่กรณี ผลตอบแทนจากการที่ไม่ต้องถูกหักราคาจากการขายข้าวความชื้นสูง (18% มาตรฐานเปียก) คิดเป็นตัวเลข 150 บาท และต้นทุนสำหรับการอบแห้งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ต้นทุนระบบอบแห้งคิดรวมพัดลมระบบไฟฟ้าสำหรับควบคุมพัดลม ท่อหลัก และท่อแยก

กรณีที่ 2 สมมุติว่าการออกแบบระบบท่อให้ง่ายขึ้น โดยตัดวาล์วปีกผีเสื้อ diffuser และลดความยาวท่อแยก

ผลวิเคราะห์ใน Tables 2, 3, 4 เห็นว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่าดอกเบี้ยเงินบาทเกือบทุกกรณี (ยกเว้นในกรณีที่ผลตอบแทนจากการที่เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงขึ้นคิดเป็นตันละ 50 บาท และอบแห้งปีละครั้ง)

สรุป

ระบบอบแห้งแบบในถังเก็บที่ออกแบบค่อนข้างมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี การสูญเสียความชื้นในระบบอบแห้งส่วนใหญ่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านกองข้าวเปลือก ในการลดความชื้นข้าวเปลือกจาก 18% มาตรฐานเปียก เหลือ 14% มาตรฐานเปียก โดยใช้อัตราการไหลของอากาศ $2.03 \text{ m}^3/\text{min}-\text{m}^3$ ข้าวเปลือก มีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 19 บาทต่อตันข้าวเปลือก คุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ดีไม่ว่า

Table 2 Financial Analysis If In-Store Drying Facility (a) Case 1.

Storage Capacity	100	Tonnes				
Establishment Costs	176536	Baht				
Drying Time	218.2	Hours				
No. of Fans/Store	1	Fan				
Opwer Consumption If Fan	11.7	kW				
Operating Time/Month	179.1	Hours				
Cost of Power/Unit	1.65	Baht				
Maintenance Costs	0.5	%				
Price Differential Due to Improved	50-150	Baht/Ton				
Head Yield of 5%						
Benefits from In Store Drying						
	No. of	Prices	Paddy			
Improved Head Yield of 5%	Drying	Differential	per Drying			
		Baht/tonne	Tonnes	Yr1	Yr2	Yr3
One Drying pir Year	1	50	100	5000	5000	5000
	1	100	100	10000	10000	10000
	1	150	100	15000	15000	15000
Two Drying per Year	2	50	100	10000	10000	10000
	2	100	100	20000	20000	20000
	2	150	100	30000	30000	30000
Saving of Penslty for delivring 18% Moisture Paddy						
	1	150	100	15000	15000	15000
Two Drying per Yesr	2	150	100	30000	30000	30000
Costs of In Store Drying						
Establishment Costs				176536		
Maintenance Costs				882.68	882.68	882.68
Operating Costs	1			3640.92	3640.92	3640.92
	2			6915.05	6915.05	6915.05
Total Costs						
one Drying per Year				181059.60	4523.60	4523.60
Two Drying per Year				184333.73	7797.73	7797.73

Table 3 Financial Analysis of In-Store Drying Facility (b) Case 2.

Storage Capacity	100	Tonnes				
Establishment Costs	148536	Baht				
Drying Time	218.2	Hours				
No. of Fans /Store	1	Fan				
Power Consumption of Fan	11.7	kW				
Operating Time/Month	179.1	Hours				
Cost of Power/Unit	1.65	Baht				
Maintenance Costs	0.5	%				
Price Differential Due to Improved	50-150	Baht/Ton				
Head yield of 5%						
Benefits from In Store Drying						
	No. of	Prices	Paddy			
Improved Head Yield of 5%	drying	differential	per Drying			
		Baht/tonne	Tonnes	Yr1	Yr2	Yr3
One Drying per Year	1	50	100	5000	5000	5000
	1	100	100	10000	10000	10000
	1	150	100	15000	15000	15000
Two Drying per Year	2	50	100	10000	10000	10000
	2	100	100	20000	20000	20000
	2	150	100	30000	30000	30000
Saving of Penalty for delivering 18% Moisture Paddy						
	1	150	100	15000	15000	15000
Two Drying per Year	2	150	100	30000	30000	30000
Costs of In Store Drying						
Establishment Costs				148536		
Maintenance Costs				742.68	742.68	742.68
Operating Costs	1			3640.92	3640.92	3640.92
	2			6915.05	6915.05	6915.05
Total						
one Drying per Year				152919.60	4383.60	4383.60
two Drying per Year				156193.73	7657.73	7657.73

Table 4 Financial Analysis of In Store Drying Facility (c) IRR and Pay Back Period.

Financial Internal Rate of Return				
Case 1 : Establishment Costs 176536 Baht				
	Baht/Tonne	1 Drying per Annum	2 Drying per Annum	
Increased price	50	7.3%	18.2%	
due to increase	100	11.6%	23.9%	
Head Yield by 5 %	150	14.4%	29.5%	
Case 2 : Establishment Costs 148536 Baht				
	Baht/Tonne	1 Drying per Annum	2 Drying per Annum	
Increased price	50	10.5%	21.8%	
due to increase	100	13.9%	28.5%	
Head Yield by 5 %	150	17.2%	35.2%	
Financial Pay Back Period				
Case 1 : Establishment Costs 176536 Baht				
1 Drying per Annum				
	Baht/Tonne	12%	15%	20%
Increased price	50	> 15Yr	> 15Yr	> 15Yr
due to increase	100	> 15Yr	> 15Yr	> 15Yr
Head Yield by 5 %	150	12.2Yr	> 15Yr	> 15Yr
2 Drying per Annum				
	Baht/Tonne	12%	15%	20%
Increased price	50	7.5Yr	9.9Yr	> 15Yr
due to increase	100	4.8Yr	5.6Yr	8.1Yr
Head Yield by 5 %	150	3.6Yr	4.0Yr	5.0Yr
Case 2 : Establishment Costs 148536 Baht				
1 Drying per Annum				
	Baht/Tonne	12%	15%	20%
Increased price	50	> 15Yr	> 15Yr	> 15Yr
due to increase	100	12.9Yr	> 15Yr	> 15Yr
Head Yield by 5 %	150	7.8Yr	10.9Yr	> 15Yr
2 Drying per Annum				
	Baht/Tonne	12%	15%	20%
Increased price	50	5.2Yr	6.3Yr	10.5Yr
due to increase	100	3.6Yr	4.0Yr	5.1Yr
Head Yield by 5 %	150	2.7Yr	3.0Yr	3.5Yr

จะเป็นเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดหรือสีของข้าว :เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดดีกว่าการอบแห้งโดยวิธีตากแดดประมาณ 11% เมื่อคิดเป็นผลตอบแทน ผู้ผลิตจะมีรายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 180 บาทต่อตันข้าวเปลือก ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ความชื้นประมาณ 14% มาตรฐานเปียกควรมีการระบายความร้อนออกจากกองข้าวเปลือกเป็นระยะๆ โดยเป่าอากาศแวดล้อมผ่านกองข้าวเปลือกเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง จากการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่าในการลดความชื้นข้าวเปลือกจาก 18 % เหลือ 14 % โดยใช้อัตราไหลอากาศ $1.3 \text{ m}^3/\text{min}-\text{m}^3$ ข้าวเปลือก มีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 35 บาทต่อตันข้าวเปลือก และใช้เวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ย 179 ชั่วโมง ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลจากการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งให้เห็นว่าระบบอบแห้งแบบดัดเก็บให้ผลตอบแทนการลงทุนสูงกว่าดอกเบี้ยเงินฝากในเกือบทุกกรณี และระยะคืนทุนสั้น ถ้าวบแห้งข้าวเปลือกปีละ 2 ครั้ง

คำขอบคุณ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณกองส่งเสริมเทคโนโลยีกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมที่ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินการโครงการนี้ และใคร่ขอขอบคุณ Australian Centre for International Agricultural

Research ที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนโครงการนี้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ และสมชาย ฉินสกลธนกร 2533. การทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือกแบบดัดเก็บและแบบเป็นวง: ความสิ้นเปลืองพลังงาน, ว.เกษตรศาสตร์ (วทช.) 24:92-101.
- Soponronnarit, S. 1987 Drying of High Moisture Grains in The Kingdom of Thailand. Final Report Submitted to Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Soponronnarit, S. 1988. Energy Model of Grain Drying System. ASEAN J. for Science & Tech. for Development, 5(2), 43-66.
- Soponronnarit, S. and A. Nathakaranakule. 1990. Field Experience of In-Store Drying of Paddy under Tropical Climates. Proceedings of 13 th Asean Seminar on Grain Postharvest Technology, Bandar Seri Begawan, Darussalam, 4-7 September.