

การประเมินความสิ้นเปลืองพลังงานในการเก็บข้าวเปลือกในไซโล

Evaluation of Energy Consumption of Paddy Storage in Silo

ณัฐกร หมื่นทอง¹, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา²

Natthakron Muenthong¹, Umphisak Teeboonma²

Received: 15 October 2012 ;Accepted: 10 December 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสิ้นเปลืองพลังงานในการเก็บข้าวเปลือกในไซโล สำหรับเป็นข้อมูลในการหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเก็บข้าวเปลือก โดยมีเงื่อนไขในการศึกษา คือ ข้าวเปลือกความชื้น 14 %w.b.และไซโลบรรจุข้าวเปลือก 2,000 ตัน สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและต้นทุนพลังงานไฟฟ้า ผลจากการศึกษาพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการเก็บข้าวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 1.27 kWh/ตันข้าวเปลือก โดยมีต้นทุนด้านพลังงานเท่ากับ 4.39 บาทต่อตันข้าวเปลือก นอกจากนั้นยังพบว่า อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีผลอย่างมากต่อการเป่าลมระบายอากาศให้กับข้าวเปลือกในไซโล

คำสำคัญ: ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ข้าวเปลือก ไซโล

Abstract

The objective of this work was to evaluate the energy consumption of paddy storage in silo so as to find out the strategy for improving the energy efficiency of paddy storage in silo. The experiment was conducted under the following conditions: paddy moisture of 14 %w.b. and silo capacity of 2,000 tons of paddy. The criteria used for evaluating were specific energy consumption and energy cost. From the study results, it was found that the specific energy consumption and energy cost were approximately 1.27 kWh per ton and 4.39 baht per ton, respectively. Furthermore, it should be noted that ambient temperature has a considerable effect on the air ventilation for paddy in silo.

Keywords: Specific energy consumption, Paddy, Silo

บทนำ

ในการเพาะปลูกข้าวเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวข้าวที่สุกเต็มที่ และมีความชื้น 20-25%w.b. ซึ่งเป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว เนื่องจากข้าวจะยังไม่ร่วงหล่น¹ อย่างไรก็ตามความชื้นในช่วงนี้ไม่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาและแปรสภาพเป็นข้าวสาร สำหรับความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและการกะเทาะเปลือกหรือสีควรอยู่ระหว่าง 14-15%w.b. ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ตันข้าวสูงสุด ด้วยข้อจำกัดของช่วงความชื้นการเก็บเกี่ยวและการสีข้าวที่เหมาะสม ดังนั้นเมื่อผู้ประกอบการรับซื้อข้าวเปลือกความชื้นสูงจากชาวนาจะต้องรับนำข้าวเปลือกไปอบลดความชื้นให้เหลือประมาณ 14-15%w.b. เพื่อป้องกันการเสียหาย จากเชื้อราและการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกที่เกิดจากขบวนการหายใจของข้าว ข้าว

เปลือกที่ผ่านการอบลดความชื้นแล้ว จะถูกจัดเก็บในไซโลเพื่อรอการสีหรือส่งขายต่อในช่วงข้าวราคาแพง ระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือกโดยส่วนใหญ่จะประมาณ 2-3 เดือน ซึ่งในระหว่างการจัดเก็บข้าวเปลือกก็ยังคงมีขบวนการหายใจเกิดขึ้น โดยออกซิเจนจะไปสันดาปกับโมเลกุลจำพวกแป้งและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ซึ่งผลจากการหายใจทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิ และความชื้นเพิ่มขึ้น² ที่ผ่านมามีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาการเก็บรักษาข้าวเปลือกในรูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ มงคล³ได้ทำการศึกษาวิธีการระบายอากาศในกองข้าวเปลือกเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพจากการแตกหน่อและการเกิดเชื้อรา จากการศึกษาพบว่า การระบายอากาศช่วยลดปริมาณการเกิดราและการแตกหน่อของข้าวได้ ดามร⁴ได้ศึกษารูปแบบการ

¹ นิสิตปริญญาโท, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190,

¹ Master's degree student, ² Assist. Prof., Faculty of Engineering Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap District, Ubon Ratchathani 34190, Thailand.

สะสมอุณหภูมิและความชื้นในกองข้าวเปลือก โดยการจำลองลักษณะกองข้าวเปลือกซึ่งพบว่า ความสูงของกองข้าวเปลือกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น โดยข้าวเปลือกที่กองสูงจะมีความชื้นมากกว่ากองข้าวเปลือกที่ต่ำกว่า อรรถพร⁵ ได้ศึกษาการชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยระบายอากาศด้วยการเป่าอากาศเย็นและเป่าอากาศแวดล้อมต่อเนื่อง ผลการศึกษาพบว่า การระบายอากาศด้วยอากาศเย็นให้คุณภาพข้าวดีกว่าการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมและแบบที่ไม่มีการระบายอากาศ วินิตและคณะ⁶ ศึกษาการระบายอากาศให้กองข้าวเปลือก โดยใช้วิธีกองข้าวบนแท่นยกพื้นโปร่งและตรงกลางกองกลวง ผลการศึกษาพบว่าสามารถระบายอากาศได้ดี และเชษฐ⁷ ศึกษาปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บข้าวเปลือกในไซโล ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างของอุณหภูมิในกองข้าวเปลือกที่วัดภายในไซโล นอกจากนั้นยังทำให้เกิดความชื้นสะสมในไซโล

จากข้อมูลที่สรุปข้างต้น พบว่า การระบายอากาศในกองข้าวเปลือกสามารถช่วยลดอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาข้าวได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการใช้พลังงานในการจัดเก็บข้าวเปลือกในไซโลจริง ซึ่งการระบายอากาศเป็นต้นทุนหลักของการเก็บรักษาข้าวเปลือก ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้พลังงานในการเก็บรักษาข้าวในไซโล ตลอดจนศึกษาถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิข้าวเปลือก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเก็บรักษาข้าวเปลือกในไซโลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

Figure 1 แสดงลักษณะไซโลเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยม มีห้องเก็บข้าวเปลือกรวม 8 ห้องแต่ละห้องมีปริมาตรความจุข้าวเปลือก 360 m³ (ปริมาตรรวมทั้งหมด 2,880 m³) ด้านล่างของไซโลจะมีโบเวอร์สำหรับเป่าลม เพื่อระบายความร้อนให้กับข้าวเปลือกโดยโบเวอร์ 1 ชุด ใช้สำหรับเป่าข้าวเปลือก 2 ห้อง ซึ่งมีมอเตอร์ขนาด 7.5 kW เป็นต้นกำลัง



Figure 1 Silo of paddy

วิธีการทดลอง

ในการศึกษาทดลองและเก็บข้อมูล ใช้ข้าวหอมมะลิ กข. 23 ที่มีความชื้นประมาณ 14 %w.b. เก็บในไซโลเหล็กระยะเวลา 30 วัน ซึ่งการทดลองและเก็บข้อมูลในเบื้องต้นได้ยึดตามรูปแบบการปฏิบัติงานเดิมของผู้ประกอบการ คือทำการระบายความร้อนข้าวเปลือกในไซโล 7 วันครั้ง ครั้งละ 24 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูลได้บันทึกอุณหภูมิข้าวเปลือกด้วย Data logger ทุกๆ 30 นาที ตามตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงใน Figure 2 พร้อมทั้งทำการวัดและบันทึกความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า

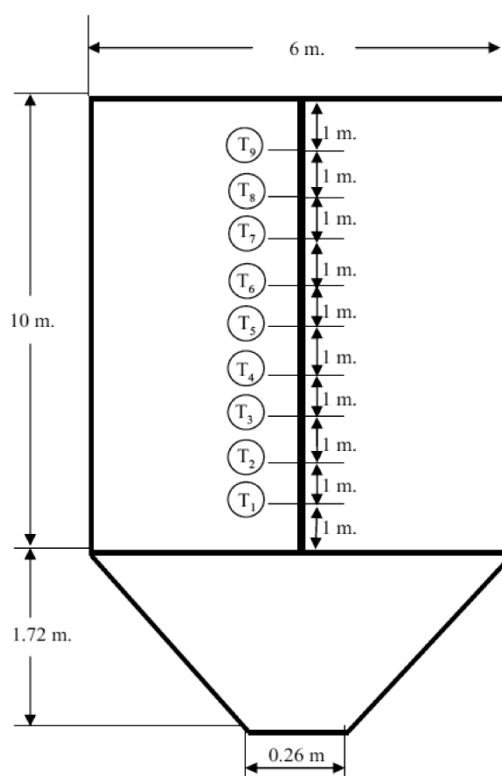


Figure 2 Position of temperature measurement

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในการเก็บรักษาข้าวเปลือกได้กำหนดพารามิเตอร์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษา ดังนี้

ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการเก็บข้าวเปลือกต่อน้ำหนักข้าวเปลือก โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$SEC = \frac{E}{M} \quad (1)$$

เมื่อ E คือ พลังงานไฟฟ้า, kWh
M คือ น้ำหนักข้าวเปลือก, ตัน

ต้นทุนพลังงานไฟฟ้า (Energy Cost, EC) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อน้ำหนักข้าวเปลือก โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คูณกับมูลค่าพลังงานต่อหน่วย ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์การคำนวณต้นทุนพลังงานได้ดังนี้

$$EC = \frac{CE}{M} \quad (2)$$

เมื่อ CE คือ มูลค่าพลังงาน, บาท

ผลและวิจารณ์การทดลอง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิข้าวเปลือกในไซโล

Figure 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิข้าวเปลือกในไซโล โดยข้อมูลที่น่าเสนอเป็นข้อมูลอุณหภูมิบางช่วงที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มและลดลงของอุณหภูมิข้าวเปลือก

ในไซโลขณะที่มีการระบายอากาศ ซึ่งผู้ประกอบการได้เริ่มเป่าลมระบายอากาศในช่วงเที่ยงวันและหยุดระบายอากาศในช่วงเที่ยงของวันถัดไป จากข้อมูลจะพบว่า อุณหภูมิของข้าวเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเป่าลมระบายอากาศ ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงแรกเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิข้าวเปลือก ดังนั้นจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศแวดล้อมไปยังข้าวเปลือก หลังจากนั้นอุณหภูมิข้าวเปลือกจึงลดลงเรื่อยๆ ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงที่อุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิข้าวเปลือก และเมื่อทำการเป่าลมไปเรื่อยๆ จะส่งผลให้อุณหภูมิข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จากข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิข้าวเปลือกสามารถสรุปความสูญเสียด้านพลังงานได้ดังนี้

1. การเป่าลมระบายอากาศให้ข้าวเปลือกทุกๆ 7 วันไม่ใช่ช่วงเวลาที่เหมาะสมเสมอไป ผู้ประกอบการ ควรพิจารณาจากอุณหภูมิข้าวเปลือกในไซโลเป็น หลัก เนื่องจากผู้ประกอบการต้องการควบคุม อุณหภูมิข้าวเปลือกไม่ให้เกิน 35°C

2. การเป่าลมระบายอากาศโดยไม่พิจารณาอุณหภูมิอากาศแวดล้อมประกอบ จะทำให้เกิดผลเสีย เช่น ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิข้าวเปลือก หากทำการเป่าลมระบายอากาศ จะส่งผลให้อุณหภูมิข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้น

3. ควรเป่าลมระบายอากาศเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงที่อุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิข้าวเปลือก

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและต้นทุนพลังงานไฟฟ้า

Table 1 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะและต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในการเก็บรักษาข้าวเปลือกจากการเก็บบันทึกข้อมูลตลอดระยะเวลา 30 วัน ซึ่งผู้ประกอบการมีการเป่าลมระบายอากาศให้กับข้าวเปลือก 4 ครั้งๆ ละ 24 ชั่วโมง

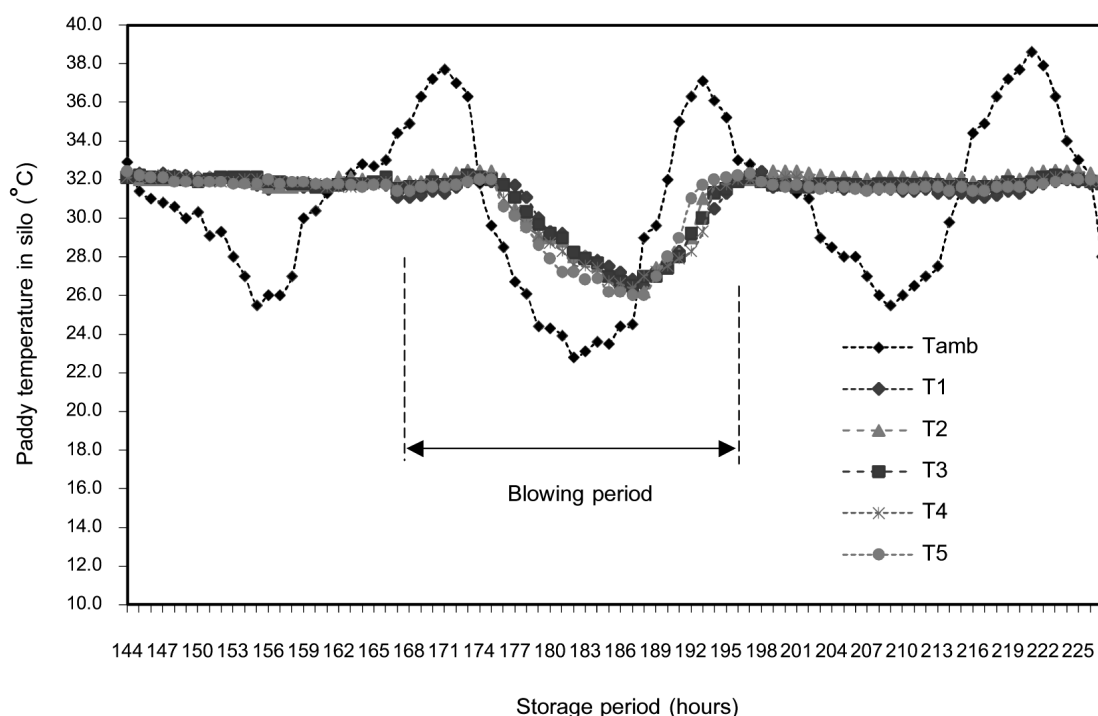


Figure 3 Temperature of paddy in the silo.

Table 1 Specific energy consumption and Energy Cost

Silo	Paddy (ton)	Electric energy (kWh)	SEC (kWh/ton)	EC (baht/ton)
1	250	566.40	1.13	3.91
2	250			
3	250	681.60	1.36	4.70
4	250			
5	250	633.60	1.27	4.37
6	250			
7	250	662.40	1.32	4.57
8	250			
Average		636.00	1.27	4.39

* Average electric energy cost of 3.45 Baht

จากการเก็บข้อมูลพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2,544.00 kWh และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 1.27 kWh/ตันข้าวเปลือก หรือ 4.57 MJ/ตันข้าวเปลือก และเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการเก็บรักษาข้าวเปลือกหนึ่งเดือนพบว่า มีต้นทุนด้านพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 บาทต่อตันข้าวเปลือก

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ประเมินการใช้พลังงานในการเก็บรักษาข้าวเปลือกในไซโลขนาด 2,000 ตันเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิข้าวเปลือก และวางแผนการจัดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ใช้การประเมิน คือ การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและต้นทุนการเก็บรักษาข้าวเปลือก ผลการศึกษาพบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ย 1.27 kWh/ตันข้าวเปลือก มีต้นทุนการเก็บรักษาข้าวเปลือกเท่ากับ 4.39 บาท/ตันข้าวเปลือก นอกจากนี้ ยังพบว่า การเป่าลมระบายอากาศข้าวเปลือกควรพิจารณาเลือกช่วงที่อุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิข้าวเปลือกหรือเฉพาะช่วงกลางคืนเป็นหลัก (22:00–03:00 น.) ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศแวดล้อมค่อนข้างเย็น และเป็นช่วงที่ค่าพลังงานไฟฟ้าถูก (ช่วง Off peak)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์การวิจัยและโรงสีพระเจริญที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. ไมตรี แนวพนิช. หลักการและส่วนประกอบที่สำคัญของการลดความชื้นเมล็ดพืช. ข่าวสารกองเกษตรวิศวกรรม 2544.
2. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2540.
3. มงคล โปร่งจันทิก. การปรับปรุงวิธีดูระบายอากาศออกจากกองข้าวเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพของกองข้าวเปลือกความชื้นสูง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2548.
4. ดามร บัณฑุรัตน์. การศึกษารูปแบบการสะสมอุณหภูมิและความชื้นในกองเมล็ดข้าวเปลือก. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2547.
5. อรรถพร อภิวัฒนา. การชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยการระบายอากาศ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2538.
6. วินิต ชินสุวรรณ, สุนทร โมงประณีต, นิพนธ์ ป้องจันทร์. การรักษาคูณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยระบายอากาศในระดับเกษตรกร. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2541; 3: 38–50
7. เชษฐ์ โชติบุญ. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเก็บข้าวเปลือกในถังเก็บโลหะ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2546.