Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 301-304 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 301-304 (2557)

การใช้พลังงานของโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับการเทมเปอร์ริ่งและลมร้อน

Energy Consumption of Paddy Drying Pilot Plant by Infrared Ray Combined with Tempering and Hot Air

จักรพงศ์ กสินมนุษย์[1] พัฒนา พึ่งพันธุ์[2] บัณฑิต สุริยวงศ์พงศา[2] สุพรรณ ยั่งยืน[1] และ จักรมาส เลาหวณิช[1]

Jakgapong Gasinmanut[1], Pattana Phuengpan[2], Bundit Suriyawongphongsa[2], Suphan Yangyuen[1]and Juckamas Laohavanich[1]

Abstract

The objective of this research was to estimate the energy consumption of a pilot plant for paddy drying using infrared ray combined with tempering period followed by hot air drying. Paddy at initial moisture content of about 22-25% wet basis were used. Paddy was dried by LPG infrared generator, then conveyed to a tank for tempering and subsequently, moved to LSU dryer using exhaust heat from the infrared burner for drying until the moisture content reduced to 16-19 % wet basis. The paddy was then conveyed to storage tank aerated with ambient air until the final moisture content less than 14% wet basis. Assessment, of energy consumptions of the pilot plant were 231.20 MJ/h for LPG gas for the infrared generator and 68.40 MJ/h of electricity for drying. Specific energy consumption for LPG gas was 2.99 MJ/kg of water evaporated and was 0.90 MJ/kg of water evaporated for electricity.

Keywords: Specific energy consumption, paddy drying, Infrared

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้พลังงานของโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับเทมเปอร์ริ่งและลมร้อน โดยทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 22-25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ข้าวเปลือกถูกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอินฟราเรดแบบใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดรังสีอินฟราเรด จากนั้นลำเลียงข้าวเปลือกเทลงถังเพื่อเทมเปอร์ริ่งข้าว แล้วลำเลียงข้าวเข้าสู่เครื่องอบแห้งแบบแอลเอสยูที่ดึงเอาลมร้อนจากเครื่องอบแห้งในขั้นตอนแรกมาเพื่อใช้อบแห้งข้าวเปลือกให้ความชื้นเหลือ 16-19 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากนั้นลำเลียงข้าวเปลือกเข้าถังเก็บรักษาและเป่าด้วยอากาศแวดล้อมเพื่อให้ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากการประเมินพบว่าพลังงานที่ใช้ในโรงงานต้นแบบคือพลังงานจากแก๊สแอลพีจีสำหรับหัวเผาอินฟราเรด 231.20 เมกะจูลต่อชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบอบแห้ง 68.40 เมกะจูลต่อชั่วโมง สำหรับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจากแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 2.99 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย และจากพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

คำสำคัญ: ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ การอบแห้งข้าวเปลือก อินฟราเรด

คำนำ

ข้าวเปลือกที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวมีความชื้นอยู่ในช่วง 22-30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งการจัดการกับข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การตากในนาข้าว ตากบนลาน และการใช้เครื่องอบแห้ง เป็นต้น แต่วิธีที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือ การใช้เครื่องอบแห้งเพราะใช้พื้นที่น้อย อบแห้งได้ทุกสภาพอากาศ และสามารถควบคุมอุณหภูมิอบแห้งความชื้นสุดท้ายให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่นิยมใช้ตามโรงสีข้าวขนาดใหญ่ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบไหลคลุกเคล้า (Louisiana state university, Lsu) อบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นทุกระดับ เครื่องอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหลขวางกับกระแสอากาศ (Cross flow) ส่วนมากใช้อบแห้งข้าวเปลือกในช่วงความชื้น 20-30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และเครื่องอบแห้งฟลูอิไดเบดใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นมากว่า 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (ขุนพล, 2544) แต่การใช้เครื่องอบแห้งยังมีข้อจำกัดตรงที่พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการอบแห้ง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและประเภทของ

[1] ห้องวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

[1] Postharvest and Agricultural Machinery Engineering Research Unit, Faculty of Engineering Mahasarakham University, Khamraing, Kantarawichai, Mahasarakham 44140

[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

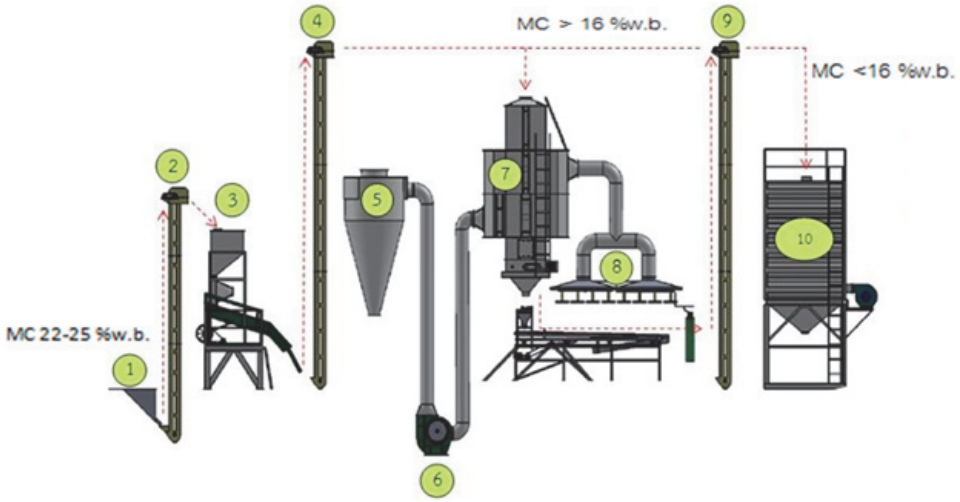
[2] Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin Campus, Kalasin, muang, , Kalasin, 46000

เครื่องอบแห้ง จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งขนาดใหญ่ อำไพศักดิ์ และคณะ (2555) พบว่า เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้าขนาดกำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมงใช้พลังงานรวมเท่ากับ 7,616 เมกะจูลต่อชั่วโมง ความสิ้นเปลืองพลังจำเพาะของไฟฟ้าและความร้อน 0.39 และ 5.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย มนตรี (2539) พบว่า เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดซ์เบดขนาดกำลังการผลิต 5-10 ตันต่อชั่วโมง ใช้พลังงานรวมเท่ากับ 1,478.23 เมกะจูลต่อชั่วโมง ความสิ้นเปลืองพลังจำเพาะของไฟฟ้าและความร้อน 3.96 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับการเทมเปอร์ริ่งและลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

โรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับการเทมเปอร์ริ่งและลมร้อน ขนาด 4 ตัน ดังแสดงใน Figure 1 ใช้พลังงานไฟฟ้าขับอุปกรณ์ต่างๆและใช้พลังงานความร้อนจากอินฟราเรดแบบใช้ก๊าซแอลพีจีในการอบแห้ง ขั้นตอนการทำงานของโรงงานเริ่มจากข้าวเปลือกที่มีความชื้น 22-25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกถูกลำเลียงด้วยกะพ้อตัวที่ 1 ไปยังเครื่องทำความสะอาด หลังจากนั้นกะพ้อตัวที่ 2 ลำเลียงข้าวไปเทลงเครื่องอบแห้งแบบแอลเอสยูจนเต็ม การอบแห้งเริ่มต้นจากขั้นตอนที่ 1 ปล่อยข้าวออกจากเครื่องอบแห้งแอลเอสยู เพื่อแผ่ข้าวบนรางเขย่าหลังจากนั้นข้าวจะไหลผ่านเครื่องกำเนิดรังสีอินฟราเรด ขั้นตอน 2 กะพ้อตัวที่ 3 ลำเลียงข้าวที่ออกมาจากเครื่องอบแห้งด้วยอินฟราเรดไปเทที่ด้านบนของเครื่องอบแห้งแอลเอสยูอีกครั้งเพื่อให้ข้าวเปลือกพักตัว ก่อนไหลลงมาผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนปล่อยทิ้งจากเครื่องกำเนิดรังสีอินฟราเรด ขั้นตอนที่ 3 การอบแห้งเริ่มที่ขั้นตอน 1และ 2 อีกจนกว่าความชื้นจะเหลือ 16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หลังจากนั้นลำเลียงข้าวด้วยกะพ้อ 3 ไปยังถังเก็บรักษาข้าวเปลือกและเป่าด้วยอากาศแวดล้อมเพื่อให้ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก



1. Wet paddy 2. Bucket elevator 1 3. Cleaner 4. Bucket elevator 2 5. Cyclone 6. Blower 7. Lsu dryer 8. Vibrating infrared dryer 9. Bucket elevator 3 10. Cooling & Storage

Figure 1 Schematic Diagram of Pilot Plant Paddy Drying by Infrared Ray Combined with Tempering and Hot Air

การทดลองมีทั้งหมด 3 ครั้ง ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 กับ 2 ข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105 ความชื้นเริ่มต้น 25.90 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก 23.30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และครั้งที่ 3 ข้าวสายพันธุ์หอมประทุมธานี ความชื้นเริ่มต้น 27.30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ในระหว่างการอบแห้งจะเก็บตัวอย่างและบันทึกค่าต่างๆทุก15นาที โดยเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกของแต่ละตำแหน่ง 3 ตัวอย่างเพื่อใช้ในการหาความชื้นและวัดอุณหภูมิข้าวเปลือก ส่วนการวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ใช้สายเทอร์โมคัปเปิ้ล รุ่น k เชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ ปริมาณการไฟฟ้าใช้เครื่อง Fluke 43b วัดค่ากระแส แรงดัน เพาเวอร์แฟคเตอร์ และกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้ขับอุปกรณ์ต่างๆ ปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจีชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าทุก 30 นาที

การคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังจำเพาะ อัตราการอบแห้ง หาได้จาก ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี ระยะเวลาการอบแห้ง ปริมาณความชื้นเริ่มต้นและปริมาณความชื้นสุดท้าย สามรถคำนวณหาอัตราการอบแห้งของข้าวเปลือก (สุภาวรรณ และคณะ, 2555) ในหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg /h) ได้จากสมาการที่ (1) ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (สุภาวรรณ และคณะ, 2556) ในหน่วยเมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย (MJ /kg of water evaporated) หาได้จากสมาการที่ (2) ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะ (สรายุทธ์, 2542) ในหน่วยเมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย (MJ /kg of water evaporated) หาได้จากสมาการที่ (3)

$$\text{Drying rate} = (M_i - M_f)\, W_d / t \quad (1)$$

$$SEC_{electricity} = 3.6E_p / (M_i - M_f)\, W_d / t \quad (2)$$

$$SEC_{heat} = m_g \times HHV / (M_i - M_f)\, W_d / t \quad (3)$$

โดยที่ M_i M_p คือ ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย ในหน่วยมาตรฐานแห้ง (%d.b.) W_d คือ มวลของวัสดุแห้ง หน่วยกิโลกรัม (kg) t คือ ระยะเวลาในการอบแห้ง หน่วยชั่วโมง (h) 3.6 คือ ตัวเลขในการแปลงหน่วย (1 kW-h เท่ากับ 3600 kJ) E_p คือปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมง (kW-h) m_g คือ ปริมาณแก๊สแอลพีจีที่ใช้ หน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/h) และHHV คือ ค่าความร้อนสูงของแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 50.152 MJ/kg

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาการใช้พลังงานของโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับเทมเปอร์ริ่งและลมร้อน ในกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก Table 1 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังจำเพาะในการอบแห้ง จากการทดลองครั้งที่ 1 2 และ3 อบแห้งข้าวเปลือกจนเหลือความชื้นสุดท้าย19.2 16.8 และ16.39 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ตามลำดับ พบว่าการทดครั้งที่ 2 ใช้พลังงานจำเพาะสูงกว่าครั้งที่ 1 และ 3 เนื่องมาจากเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการอบแห้ง ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำ อัตราการระเหยน้ำจึงค่อนข้างสูง และหากข้าวเปลือกมีความชื้นต่ำ ความร้อนที่ได้รับในระหว่างการอบแห้งจะถูกใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิเมล็ดข้าวเปลือกมากกว่าที่จะใช้ในการระเหยน้ำ อัตราการระเหยน้ำจึงไม่สูง และส่งผลให้การคำนวณพลังงานความร้อนจำเพาะ ซึ่งคิดต่อกิโลกรัมน้ำระเหยมีค่าสูงขึ้น และจากการเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้าขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อำไพศักดิ์ และคณะ (2555) ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีค่าการใช้พลังรวมน้อยกว่าถึง 2.4 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย และมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะรวมที่ใกล้เคียงกับ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง มนตรี (2539) ที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

Table 1 Energy consumption of the drying system using infrared combine with hot air

Experiment no.	Feed rate of lpg gas(kg/h)	Evaporated water(kg/h)	Energy (MJ/h)			Specific energy consumption (MJ/kg of water evaporated)		
			Electricity	Heat	Total	Electricity	Heat	Total
1	4.42	90.07	57.95	221.67	279.62	0.64	2.46	3.10
2	4.82	73.62	58.63	241.73	300.36	0.80	3.28	4.08
3	4.59	71.17	88.63	230.20	318.83	1.25	3.23	4.48
Average	4.61	78.29	68.40	231.20	299.60	0.90	2.99	3.89

สรุป

จากการประเมินการใช้พลังงานของโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับเทมเปอร์ริ่งและลมร้อนพบว่า พลังงานที่ใช้ในโรงงานต้นแบบคือพลังงานจากแก๊สแอลพีจีสำหรับหัวเผาอินฟราเรด 231.20 เมกะจูลต่อชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบอบแห้ง 68.40 เมกะจูลต่อชั่วโมง สำหรับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจากแก๊สแอลพีจีเท่ากับ 2.99 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย และจากพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับการเทมเปอริ่งและลมร้อนสำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็ก ที่ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่การทดลองและเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

ขุนพล สังข์อารียกุล. 2544. การประเมินสถานภาพเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 103หน้า.

มนตรี หวังจิ. 2539. การพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดระดับอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 197หน้า.

สุภาวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2555. การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟและลมร้อน : จลนพลศาสตร์ คุณภาพและการทดสอบประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17 : 117-129.

สุภาวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สลิลลา ชาญเชี่ยว และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556. การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห่งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด : จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 18 : 311-324.

สรายุทธ์ สมิตะโยธิน. 2542. การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชันระดับอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 126หน้า

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, วันชัย สุตะพันธ์ และทรงสุภา พุ่มชุมพล. 2555. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเครื่องอบข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้าขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 : 195-198.