RMUTP Research Journal Special Issue
The 5th Rajamangala University of Technology National Conference

การพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงาน โดยระบบนำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่

The Development of Rotary Dryer for Paddy Using Hot Air Recovery System

ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง[1*] อนุรักษ์ ครองทรัพย์[1] และ ประสิทธิ์ โสภา[1]

[1]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่และทดสอบประเมินผลการประหยัดพลังงาน เครื่องอบแห้งประกอบด้วย ถังหมุนทำด้วยสแตนเลส 304 หนา 2mm. มีความยาว และ เส้นผ่านศูนย์กลาง 200 และ39 cm ใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็ว การหมุนของถังหมุนควบคุมด้วยมอเตอร์เกียร์กำลัง 0.5 HP หมุนด้วยความเร็ว 1-3rpm ภายในถังประกอบด้วยเกลียว และแผ่นตักข้าวเพื่อให้ข้าวเคลื่อนที่ มีระบบไซโคลนเพื่อกำจักฝุ่นออกจากระบบ ถังดักความชื้นจากอากาศภายในถังบรรจุซิลิกาเจลเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้งานใหม่ ใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ขดลวดให้ความร้อน ขนาด 1600 W จำนวน 3 ชุด และพัดลมเป่ามีมอเตอร์กำลัง 0.5 HP การทดสอบที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80°C ที่ความเร็วของถังหมุน 1 2 และ 3 rpm เวลาที่ข้าวเปลือกอยู่ในถัง 15.66 10.66 และ 5.66 min ข้าวเปลือก 10 kgมีความชื้นเริ่มต้น 29.7±0.6 %wb พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง คือ 70-80°C ที่ 1 rpm (15.66 min) ความชื้นหลังอบ 9.2-11.8 %wb จากการทดสอบการประหยัดพลังงานพบว่าลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้ 0.4-0.6 MJ/kg water ต่อรอบการอบ ดังนั้นเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้

Abstract

This research's objectives were to develop an energy saving rotary dryer for paddy using hot air recovery system and to evaluate the energy using. Rotary dryer divided rotating cylinder made of 304 stainless steel 2 mm of thickness, 39 cm and 200 cm of diameter and length. The inverter was used to control speed of gear motor of 0.5 HP and rotating speeds of 1-3 rpm. The inside of cylinder composed screw and capture flights. The cyclone system was used to dust separating from the system. The moisture trap contained silica gel, the outlet hot air was reduced moisture and recovered using. The fiber glass insulator was applied for reducing energy loss. The heating box composed 3 set of 1600 W heaters and blower motor power was 0.5 HP. In the experiment, the drying temperature was varied of 50, 60, 70 and 80°C and cylinder speed was varied of 1, 2 and 3rpm (15.66, 10.66 and 5.66min of drying time). The initial moisture content of 10 kg paddy was 29.7±0.6 %wb. The result show that, the optimum conditions, drying temperature and cylinder speed were 70-80°C and 1 rpm (15.66 min) and final moisture content was 9.2-11.8 %wb. From the save energy testing found that the reducing of SEC was 0.4-0.6 MJ/kg water per drying cycle. There for, this developed dryer can save energy using

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน ข้าวเปลือก ลมร้อนไหลกลับ

Keywords : Rotary dryer, Paddy, Hot Air Recovery

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ panuwatphd1@yahoo.com โทร. 08 9861 7415

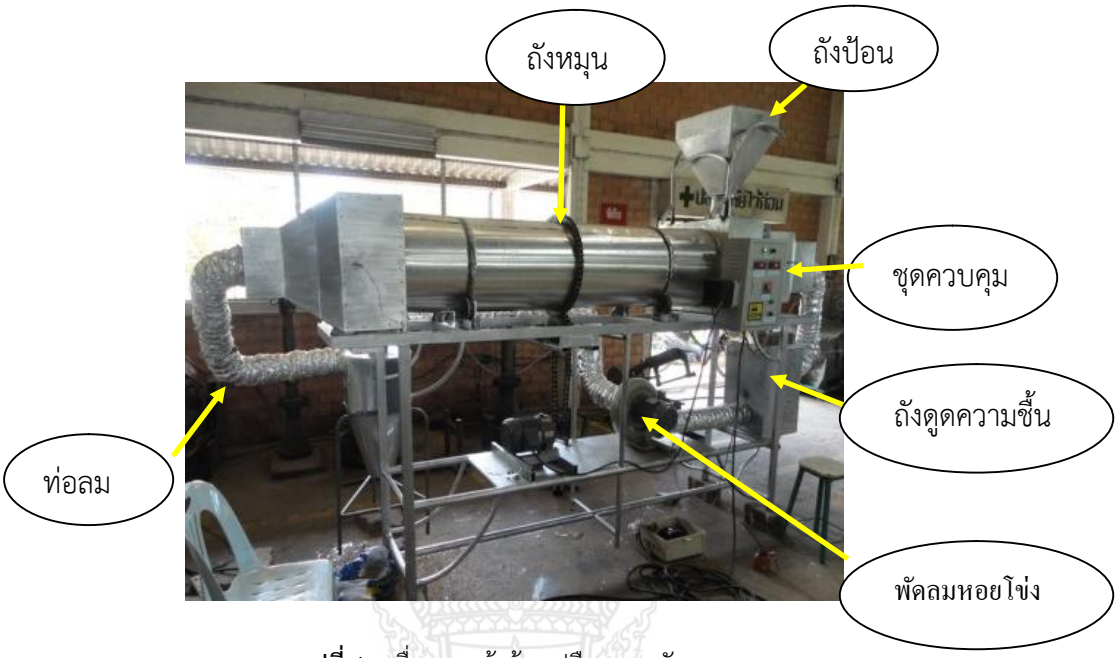
1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากในประเทศไทยทั้งในด้านการบริโภคและการส่งออก เนื้อที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 72.62 million rais แบ่งเป็นเนื้อที่ปลูกข้าวนาปีประมาณ 57.01 million rais และพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังประมาณ 15.58 million rais ผลผลิตรวมประมาณ 31 million tons ในปีการผลิต2553-2554 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) เกษตรกรประสบปัญหาข้าวเปลือกมีความชื้นสูง ขายได้ในราคาต่ำ และเกิดการเน่าเสียในการเก็บรักษา สร้างความเสียหายอย่างมากในระบบการค้าขายข้าวเปลือก จากปัญหาเหล่านี้เกษตรกรจะลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากแห้งหรือเครื่องอบแห้ง การใช้ลานตากมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ ฤดูกาล และธรรมชาติ และข้าวเปลือกจะมีการปนเปื้อนและตำหนิสูง การใช้เครื่องอบแห้งมีข้อจำกัดเรื่องการลงทุนระยะแรกสูง แต่มีข้อดีคือสามารถควบคุมกระบวนการผลิต ควบคุมคุณภาพผลผลิต และสามารถจัดการผลิตและการตลาดได้มากขึ้น เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน (rotary dryer) นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆเป็นเวลานานมาแล้ว โดยแบ่งตามลักษณะการสัมผัสอากาศร้อนของวัตถุชื้นได้เป็นแบบต่างๆ คือ แบบโดยตรง (direct) แบบโดยตรงและอ้อม (direct and indirect) และแบบโดยทางอ้อม (indirect) โดยทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะเป็นแบบสัมผัสอากศร้อนโดยตรง (Krokida et. al., 2007) มีการใช้เครื่องอบแห้งแบบถังหมุนในอุตสาหกรรมต่างๆได้แก่ ปุ๋ยเม็ด ปูนซีเมนต์ เภสัชกรรม น้ำตาลทราย เมล็ดธัญพืชต่างๆ และอุตสาหกรรมพลาสติก (Thibault et. al., 2010, Abbasfard et. al., 2013) การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแบบถังหมุนจะเน้นการเพิ่มเวลาอบแห้งและการให้วัตถุชื้นสัมผัสลมร้อนได้อย่างทั่วถึงโดยการออกแบบครีบตัก (flights) หรือใบกวาด (Arruda et. al., 2009, Ajayi and Sheehen. 2012) อย่างไรก็ตามการพัฒนาด้านโครงสร้างเครื่องอบส่วนใหญ่จะมีความซับซ้อนและทำให้ต้นทุนสูงขึ้น ดังนั้นการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนโดยเฉพาะการลดการใช้พลังงานและเวลาในการอบแห้งโดยการใช้อากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการลดความชื้นของอากาศร้อน (Pelegrina et. al., 1999) วิธีการลดความชื้นของอากาศร้อนวิธีหนึ่งที่มีการพัฒนาขึ้นโดยใช้สารดูดซับความชื้นประเภทเจลดูดความชื้น (aerogel) การใช้เจลดูดซับความชื้นในอากาศเริ่มใครั้งแรกในปี 1930 และ ซิลิกาเจล (silica aerogel) ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นในปี1931 โดย Kistler และใช้ซิลิกาเจลในการอบแห้งที่ความดันปกติได้ดีดูดความชื้นได้ประมาณ 30% by weight (Bangi et. al., 2013) การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบถังหมุนที่สามารถนำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยการลดความชื้นของอากาศร้อนโดยใช้สารดูดซับความชื้น ทดสอบและประเมินความสามารถและการประหยัดพลังงานเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุน

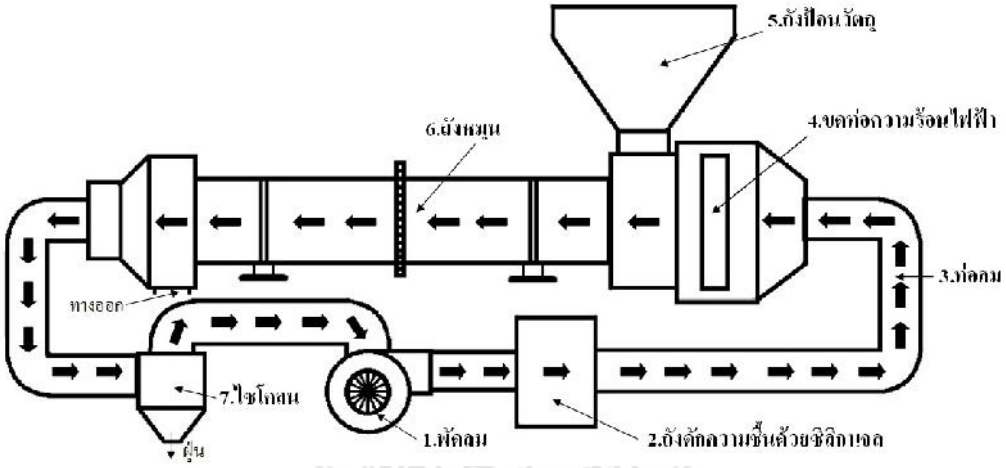
2. วิธีการทดลอง

2.1 เครื่องอบแห้งแบบถังหมุน

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนได้ถูกออกแบบ สร้างและพัฒนาขึ้นโดยสาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุน



รูปที่ 2 แผนผังเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุน

รูปที่ 2 แสดงแผนผังเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนที่ใช้ในการวิจัยซึ่งมีส่วนประกอบและลักษณะการทำงานกล่าวคือ พัดลมหอยโขงเป่าอากาศสร้างอัตราการไหลอากาศได้ 0.141 m^3/s ขับด้วยมอเตอร์ขนาดกำลัง 0.5 HP ใช้เป่าอากาศเข้าสู่ระบบโดยผ่านถังสารดูดความชื้น (silica gel) เพื่อกำจัดความชื้นออกจากอากาศเพื่อทำให้อากาศแห้งหรือเหลือความชื้นน้อยที่สุดและอากาศจะถูกเป่าผ่านขดท่อความร้อนไฟฟ้าขนาดกำลัง 4.8 kW ที่สามารถปรับตั้งและควบคุมอุณหภูมิด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) มีความแม่นยำในการควบคุม $\pm 1\ ^{\circ}C$ ทำงานโดยวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าถังหมุนด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ส่งค่าอุณหภูมิไปยังชุดควบคุมอุณหภูมิ เมื่ออากาศผ่านก็จะนำความร้อนที่ได้จากท่อทำความร้อนไฟฟ้า (electric heater) เข้าสู่ตัวถังหมุน (rotary drum) ถังหมุนสแตนเลส (SUS304) หนา 2 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39 cm ยาว 200 cm หมุนด้วยระบบเฟืองขับ

โดยโซ่ขับตัวถังให้หมุนอยู่บนลูกกลิ้ง 2 คู่ ขับด้วยมอเตอร์เกียรไฟฟ้า (electrical gear motor) ขนาดกำลัง 0.5 HP ภายในตัวถังหมุนจะมีครีบสแตนเลสวางเป็นเกลียวบังคับให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่ตามแนวยาวถังหมุน และมีครีบขวางทำหน้าทีตักและเทข้าวเปลือกตามแนวขวางของถังหมุน ภายในถังหมุนเกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารโดยทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นลดความชื้นของข้าวเปลือก ในขณะเดียวกันอากาศก็จะมีอุณหภูมิลดลงและมีความชื้นเพิ่มขึ้น อากาศที่ยังร้อนที่ออกจากตัวถังหมุนจะผ่านถังไซโคลน (cyclone) เพื่อดักแยกฝุ่นออกจากอากาศ อากาศร้อนและมีความชื้นนี้จะถูกดูดโดยพัดลมเป่าอากาศและเป่าอากาศกลับเข้าสู่ระบบอีกเพื่อลดการใช้พลังงานของขดลวดความร้อนไฟฟ้าทำงานหนักจนเกินไป ส่วนความชื้นที่อยู่ในอากาศร้อนจะถูกกำจัดออกด้วยสารดูดความชื้นเหลือความชื้นน้อยที่สุด ถังป้อนข้าวเปลือกมีความจุ 19 kg ควบคุมการไหลด้วยแผ่นกั้นทางไหล

2.2 การเตรียมวัสดุอบแห้ง

การเตรียมข้าวเปลือกที่ใช้ในการอบแห้ง ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 6 ความชื้นเริ่มต้น 15% (w.b.) แช่น้ำ 30 min เพื่อให้น้ำเข้าซึมเข้าภายในเมล็ดข้าวเปลือกแล้วนำขึ้นมาผึ่งในที่ร่มทิ้งไว้ 12 h เพื่อให้ข้าวเปลือกมีความชื้นตามที่ต้องการแล้วนำข้าวไปหาค่าความชื้นเพื่อทำการทดลองอบแห้ง

2.2.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

ในการอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนทำการควบคุมอุณหภูมิและเวลาโดยแบ่งเป็น 50 60 70 และ 80 $^{\circ}$C และกำหนดความเร็วรอบถังหมุนที่ 1 2 และ 3 rpm โดยเป็นเวลาอบแห้งที่ 15.66 10.66 และ 5.66 min ตามลำดับ และนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นแล้วน้ำหนัก 10 kg เข้าเครื่องอบแต่ละการทดลอง แล้วทำการอบและจดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้า และค่าความชื้นข้าวเปลือกก่อนและหลังการอบทุกการทดลองด้วยวิธีการอบแห้ง(AOAC. 1984) โดยทำ 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลและสรุปต่อไป

2.2.2 การประเมินการประหยัดพลังงาน

ทำการอบแห้งข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองในข้อ2.3.1 ปริมาณ10 kg โดยใช้เครื่องอบแบบถังหมุนแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่1 แบบไม่ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และกรณีที่2 แบบนำอากาศร้อนที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยสารดูดความชื้นเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยทั้ง 2 กรณีทำการควบคุมอุณหภูมิ 4 ระดับคือ 50 60 70 และ 80°C และกำหนดความเร็วรอบถังหมุนที่ 1 rpm โดยเป็นเวลาอบแห้งที่ 15.66 min ทำการอบและจดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้า และค่าความชื้นข้าวเปลือกก่อนและหลังการอบทุกการทดลองด้วยวิธีการอบแห้ง (AOAC. 1984) การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption: SEC) โดยมีสมมติฐานว่าอุณหภูมิอากาศคงที่ (Tarhan et. al. 2010) หาได้จากสมการที่ 1

$$SEC = 3.6\ TCE/MWR \quad (1)$$

เมื่อ SEC คือความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg water) TCE คือ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในระบบ (kWh) และ MWR คือ มวลน้ำที่ระเหยออกจากข้าวเปลือก (kg) หาได้จากความแตกต่างของความชื้นก่อนและหลังการอบแห้งคูณด้วยน้ำหนักข้าวเปลือกทั้งหมด โดยทำ 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลและสรุปต่อไป

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบ

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุน

เงื่อนไขการทดลอง			ความชื้น (%w.b.)		ความแตกต่างความชื้น (%w.b.)	พลังงานที่ใช้ (kWh)
อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	รอบ (rpm)	ก่อนการอบแห้ง	หลังการอบแห้ง		
50	5.66	3	29.3±0.4	24.7±0.3	4.6±0.4	0.8±0.1
	10.66	2	29.7±0.6	19.2±0.3	10.5±0.3	2.0±0.1
	15.66	1	29.2±0.4	16.6±0.5	12.6±0.7	3.0±0.3
60	5.66	3	29.4±0.5	20.5±0.4	8.9±0.4	1.0±0.1
	10.66	2	30.3±0.7	17.1±0.5	13.2±0.3	2.8±0.2
	15.66	1	31.5±0.7	14.5±0.5	17.1±0.5	3.2±0.2
70	5.66	3	31.0±0.7	18.2±0.5	12.8±0.4	1.7±0.2
	10.66	2	29.8±0.5	14.3±0.4	15.5±0.6	3.0±0.2
	15.66	1	28.1±0.7	11.8±0.4	16.3±0.4	3.4±0.3
80	5.66	3	29.9±0.7	17.1±0.3	12.8±0.5	2.0±0.1
	10.66	2	29.3±0.6	12.4±0.4	16.9±0.6	2.7±0.3
	15.66	1	29.1±0.6	9.2±0.4	19.9±0.7	3.9±0.3

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความชื้นของข้าวเปลือกก็ลดลงมากตามเวลาเนื่องจากข้าวจะอยู่ภายในถังหมุนนานขึ้นทำให้ข้าวสัมผัสกับลมร้อนนานขึ้น ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าว เปลือกพันธุ์ กข 6 ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80°C เวลาที่ข้าวอยู่ภายในถังหมุนเป็นเวลา 5.66 10.66 และ 15.66 min และข้าวเปลือกมีความชื้นก่อนอบระหว่าง 28.1±0.7-31.5±0.7 %(w.b.) ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 50°C สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกลดลงไปได้ 4.6±0.4 10.5±0.3และ12.6±0.7 %(wb)ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 60°C สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกลดลงไปได้ 8.9±0.2 13.2±0.3 และ 17.1±0.5 %(w.b.) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70°C ผลที่ได้คือความชื้นข้าวลดลง 12.8±0.5 15.5±0.6 และ 16.3±0.4 %(w.b.) ตามลำดับในขณะที่อุณหภูมิ 80°C สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกลดลงไปได้ 12.8±0.5 16.9±0.6 19.9±0.7 และ%(w.b.) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้มากขึ้น และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 0.8±0.1-3.9±0.3 kWh.

3.2 ผลการประเมินการประหยัดพลังงาน

ผลการประเมินการประหยัดพลังงานของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการใช้พลังงานเมื่อไม่ได้นำและนำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่

เงื่อนไขการทดลอง		ความชื้น (%w.b.)		ความแตกต่างความชื้น (%w.b.)	พลังงานที่ใช้ (kWh)	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) (MJ/kgwater)
แบบการทดลอง	อุณหภูมิ (°C)	ก่อนการอบแห้ง	หลังการอบแห้ง			
แบบที่ 1 ไม่ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับ	50	29.7±0.6	18.2±0.3	11.5±0.3	3.1±0.2	9.7±0.3
	60	30.3±0.7	17.6±0.5	12.7±0.3	3.2±0.3	9.1±0.5
	70	29.8±0.5	15.3±0.4	14.5±0.6	3.4±0.4	8.4±0.4
	80	29.3±0.6	12.8±0.4	16.5±0.6	3.9±0.4	8.5±0.2
แบบที่ 2 ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับ	50	29.4±0.4	16.8±0.5	12.6±0.3	3.0±0.3	8.6±0.4
	60	29.8±0.6	16.1±0.5	13.7±0.4	3.2±0.2	8.4±0.2
	70	28.7±0.5	13.4±0.4	15.3±0.6	3.4±0.3	8.0±0.4
	80	29.4±0.7	11.7±0.4	17.7±0.6	3.9±0.3	7.9±0.3

จากการอบแห้งข้าวเปลือกที่ปรับความชื้นในช่วง 28.7±0.5-30.3±0.7 %(w.b.) ชุดเดียวกับ ปริมาณ10 kg แต่ละการทดลอง โดยกรณีที่1 แบบไม่ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และกรณีที่2 แบบนำอากาศร้อนที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยสารดูดความชื้นเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยทั้ง 2 กรณีควบคุมอุณหภูมิ 4 ระดับคือ 50 60 70 และ 80°C และที่ความเร็วรอบถังหมุนที่ 1 rpm หรือเป็นเวลาอบแห้ง 15.66 min ผลการทดลองพบว่า จากการอบแห้งทั้ง 2 กรณีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตั้งแต่ 50 ถึง 80 °C ทำให้ความแตกต่างความชื้นก่อนและหลังอบ และ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 11.5±0.3 ถึง 17.7±0.6 %(w.b.) และ3.0±0.3 ถึง 3.9±0.3 kWh ตามลำดับ แสดงว่าอากาศร้อนขึ้นทำให้ข้าวเปลือกร้อนมากขึ้นทำน้ำภายในเมล็ดข้าวระเหยได้มากขึ้นเป็นสาเหตุทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงจาก9.7±0.3 ถึง 7.9±0.3 (MJ/kg water) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานมีค่าน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำที่ระเหยทำให้ค่าการใช้พลังงานต่อมวลน้ำที่ระเหยได้ลดลงตามการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินการประหยัดพลังงานระหว่างกรณีไม่ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่และกรณีที่นำอากาศร้อนที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยสารดูดความชื้นเวียนกลับมาใช้ใหม่ พบว่า กรณีที่นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่จะมีค่าความแตกต่างความชื้นสูงกว่าประมาณ 0.8-1.2 %(w.b.) แต่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะต่ำกว่ากรณีไม่ได้นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 0.4-1.1 MJ/kg water ในทุกอุณหภูมิการอบแห้ง การที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เนื่องจากการนำอากาศร้อนที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยสารดูดความชื้นเวียนกลับมาใช้ใหม่นอกจากทำให้ใช้พลังงานในการเพิ่มความร้อนให้อากาศลดลงแล้วทำให้ความชื้นสัมพัทธ์หรือไอน้ำในอากาศร้อนลดลงทำให้รับการถ่ายเทมวลน้ำจากการระเหยจากข้าวเปลือกได้มากและเร็วขึ้น ความชื้นหลังอบแห้งจะน้อยกว่าและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะต่ำกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาอบแห้งเท่ากัน

4. สรุป

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุนประหยัดพลังงานโดยระบบนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ประกอบด้วย ถังหมุนสแตนเลส 304 หนา 2mm. มีความยาว และ เส้นผ่านศูนย์กลาง 200 และ39 cm ใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็ว มอเตอร์เกียร์กำลัง 0.5 HP หมุนด้วยความเร็ว 1-3rpm ภายในถังประกอบด้วยเกลียว และแผ่นตักข้าวเพื่อให้ข้าวเคลื่อนที่ มีระบบไซโคลนเพื่อกำจักฝุ่นออกจากระบบ ถังดักความชื้นจากอากาศภายในถังบรรจุซิลิกาเจลเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้งานใหม่ ใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ขดท่อความร้อนไฟฟ้าให้ความร้อนรวม 4800 W พัดลมเป่ามีมอเตอร์กำลัง 0.5 HP จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 50 ถึง 80°C และเวลาอบแห้งเพิ่มขึ้นจาก 5.66 ถึง 15.66 min จะมีผลทำให้สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกได้มากขึ้นจาก 4.6 ถึง 19.9 %wb และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 0.8 ถึง 3.9 kWh. เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินการประหยัดพลังงาน พบว่ากรณีที่นำอากาศร้อนเวียนกลับมาใช้ใหม่สามารถลดความชื้นได้มากขึ้นโดยมีค่าความแตกต่างความชื้นสูงกว่าประมาณ 0.8-1.2 %(w.b.) แต่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะต่ำกว่าโดยมีค่าประมาณ 0.4-1.1 MJ/kg water ในทุกอุณหภูมิการอบแห้ง ช่วงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง คือ 70-80°C ที่ 1 rpm (15.66 min) ความชื้นหลังอบ 11.7-13.4 %wb ลดความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะได้ 0.4-0.6 MJ/kg water ต่อรอบการอบ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งในการประหยัดพลังงานเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถังหมุนนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **ข้อมูลการค้าและการส่งออก, สินค้า เกษตรกรรม (กสิกรรม, ปศุสัตว์ , ประมง).** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Krokida. M,, D. Marinos-Kouris and A.S. Mujumda. 2007. Rotary drying**. Handbook of Industrial Drying. Taylor and Francis**. Philadelphia.

Abbasfard, H., H. H. Rafsanjani, S. Ghade and M. Ghanban. 2013. **Mathematical modeling and simulation of an industrial rotary dryer: A case study of ammonium nitrate plant**. Powder Technology, Vol. 239, May. Pp. 499-505.

Ajayi, O. O. and M. E. Sheehen. 2012**. Design loading of free flowing and cohesive solids in flighted rotary dryers**. Chemical Engineering Science Vol. 73, 7 May, Pp 400–411

AOAC., 1984. **Official Methods of Analysis**. 13th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C. 1018 p.

Arruda. E. B., J. M. F. Facanha, L. N. Piress, A. J. Assis and M. A. S. Barrozo. 2009. **Conventional modified rotary dryer: Comparison of performance in fertilizer drying**. Chemical Engineering and Processing Process Intensification. Vol. 48:8. Sep. Pp. 1414-1418.

Bangi. U. K. H., In-K. Jung, C. S. Park, S. Baek and H. Park. 2013. **Optically transparent silica aerogel based on sodium silicate by a two step sol- gel process and ambient pressure drying**. Solid State Sciences. Vol. 18. April. Pp. 50-57.

Pelegrina, A. H., M. P. Elustondo and M. J. Urbicain. 1999. Rotary semi-continuous drier for vegetables: effect of air recycling. **Journal of Food Engineering**. Vol. 41, 3–4. Aug–Sep. Pp. 215-219.

Tarhan, S., I. Telci, M. T. Tuncay and H. Polatci. 2013. **Product quality and energy consumption when drying peppermint by rotary drum dryer Original Research Article**. Industrial Crops and Products, Vol.32, (3) Nov. Pp. 420-427.

Thiault, J., P. I. Aivarez, R. Blasoo and R. Vega. 2010**. Modeling the mean residence time in a rotary dryer for various types of solids**. Drying Technology, Vol. 28, Pp. 1136-1141.