Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 151-154 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 151-154 (2555)

การออกแบบและทดสอบเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวชุมชน

Design and Test of the Gasifier with Rice Husk as a Fuel for Drying Paddy for Community Rice Mill.

ภิญโญ ชุมมณี[1] วีระชาติ จริตงาม[2] ธนรัตน์ ศรีรุ่งเรือง[2] และ วัชระ ชัยสงคราม[2]

Pinyo Chummanee[1], Weerachat Jaritngam[2], Tanarat Srirungruang[2] and Watchara Chaisongkram[2]

Abstract

The objective of this paper was to design and test of a gasifier with rice husk as a fuel for drying paddy at capacity of 400 kg/h in community rice mill. The work was converting biomass fuel to a gaseous fuel by continuous downdraft gasifier technique. A prototype was designed and fabricated for community rice mill. The suitability of temperature and heat has been taken into consideration for product quality after processing. Two rice varieties Pathum Thani 80 and Suphan Buri 3 were used for the test. Experimental results showed that the converting biomass fuel to gaseous fuel by continuous downdraft gasifier. Reduced initial moisture content of paddy from 30%w.b to final moisture content of paddy 16%w.b. Residence time of paddy was approximately 30 minutes. Drying air temperature was 80°C; air speed was 1m/s; with 2 electric motors of 375W each and average amount of rice husk used was 30kg/h. Paddy drying cost was 0.34 baht/kg, fixed cost for building dryer and was gasifier 0.09 baht/kg based on 5 years machine life. Energy cost was 0.063 baht/kg and operating cost was 0.19 baht/kg when used dryer 8 h/day.

Keywords: gasifier, paddy, dryer, community rice mill

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวชุมชน โดยใช้เทคนิคผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลงต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกที่มีกำลังผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ต่อคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งให้อยู่ในเกณฑ์ดี เพื่อต้องการให้เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับโรงสีข้าวชุมชน ซึ่งมีข้อดีและข้อได้เปรียบพอที่จะแนะนำให้โรงสีข้าวชุมชนสามารถออกแบบสร้างและดำเนินการทดลองใช้งานได้จริง ซึ่งมีพันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ปทุมธานี 80 และสุพรรณบุรี 3 พบว่า การผลิตแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวชุมชน สามารถผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อนำไปใช้ลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นจาก 30 %w.b ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 %w.b. ได้ โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งนานประมาณ 30 นาที โดยใช้อุณหภูมิอากาศร้อนที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวมวลมาอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ในช่วงประมาณ 80°C ความเร็วอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือกประมาณ 1 เมตรต่อวินาที อัตราใช้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขนาด 375 วัตต์ จำนวนตัว 2 ใช้เชื้อเพลิงแกลบในการไหม้เฉลี่ย 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากมีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งข้าวเปลือกเป็น 0.34 บาทต่อกิโลกรัม แยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแก๊สซิไฟเออร์และเครื่องอบแห้ง 0.09 บาทต่อกิโลกรัม คิดอายุการใช้งานของเครื่องแก๊สซิไฟเออร์และเครื่องอบแห้ง 5 ปี ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 0.063 บาทต่อกิโลกรัม และเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 0.19 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: เครื่องแก๊สซิไฟเออร์ ข้าวเปลือก อบแห้ง โรงสีชุมชน

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 6000

[1]Division of Energy Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องกล การผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 6000

[2]Division of Electromechanic Manufacturing Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000

คำนำ

จากข้อมูลการส่งออกข้าวของประเทศไทยใน ปี 2550-2554 ของสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2555) รายงานว่า ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 9.19 ล้านตันข้าวสาร มูลค่า 119,215 ล้านบาท ในปี 2550 เป็น 10.55 ล้านตันข้าวสาร มูลค่า 198,000 ล้านบาท ในปี 2554 แสดงให้เห็นว่าข้าวจัดเป็นผลิตผลหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะทำนาปีละ 2 ครั้ง แบ่งตามฤดูปลูก คือ ข้าวนาปี และข้าวนาปรัง ซึ่งเป็นไปตาม ไพบูลย์ (2536) ที่ได้รายงานว่า การทำข้าวนาปรัง ส่วนมากจะมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวตรงกับช่วงฤดูฝน ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวนาปรังมีความชื้นสูงมาก และมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของข้าว นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวทางด้านเคมีด้วย คือ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำไปเก็บทันที่จะทำให้เกิดข้าวเหลือง หรือข้าวฟันหนู และเกิดการทำลายของเชื้อราหรือแมลงได้ง่าย ซึ่งเป็นผลให้เกษตรกรจำหน่ายข้าวนาปรังได้ในราคาที่ต่ำมาก โดยสอดคล้องกับสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว (2555) พบว่าความชื้นมีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม และลดความชื้นอย่างเหมาะสมเหลือ 13-15% จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง เนื่องจากข้าวแห้งที่มีความชื้นเหมาะสม สามารถทำการสีได้โดยไม่ต้องนำมาลดความชื้นอีก แต่หากโรงสีรับซื้อข้าวที่มีความชื้นสูง จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้นและสูญเสียน้ำหนักข้าวหลังการลดความชื้น จึงทำให้ข้าวที่มีความชื้นเกินกำหนดถูกตัดราคา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบและทดสอบเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวชุมชน ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถประหยัดพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นข้าวเปลือกเพื่อนำไปเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวให้เพิ่มขึ้นต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวเปลือกเก็บเกี่ยวจากนาข้าวเกษตรกรในพื้นตำบลหนองยายดา อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาแบ่งเป็นพันธุ์ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 3 และปทุมธานี 80 โดยนำพันธุ์ข้าวเปลือกมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 400 กิโลกรัม จำนวนซ้ำ 3 ครั้งของการทดลองในข้าวแต่ละพันธ์ที่ใช้ทดลอง จากนั้นทำการเตรียมพันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดสอบงานวิจัย โดยเตรียมพันธุ์ข้าวเปลือกให้มีค่าความชื้นในเมล็ดก่อนเข้าเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกเท่ากับ 30% w.b แล้วทำการอบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง โดยใช้พลังงานความร้อนของเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ ที่ได้ออกแบบและสร้างเอาไว้ (Figure1) จากนั้นนำพันธุ์ข้าวเปลือกที่ออกจากเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกมาตรวจวัดค่าความชื้น โดยบันทึกค่าความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องวัดความชื้น และบันทึกอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกในแต่ละการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นข้าวเปลือก และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบระหว่างก่อน-หลังการใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชนต่อไป

ผล

การออกแบบและทดสอบเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชน ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชนที่มีกำลังผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Figure1) เพื่อใช้ในการอบแห้งกับกลุ่มตัวอย่างพันธุ์ข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเปลือกสุพรรณบุรี 3 และพันธุ์ข้าวเปลือกปทุมธานี 80 พบว่า สามารถผลิตพลังงานความร้อนในการอบแห้งข้าวเปลือกที่กำลังผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมงได้อย่างต่อเนื่อง จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดสอบพันธุ์ข้าวเปลือกทั้งหมด 2 สายพันธุ์ และการใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สามารถอบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชนให้คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

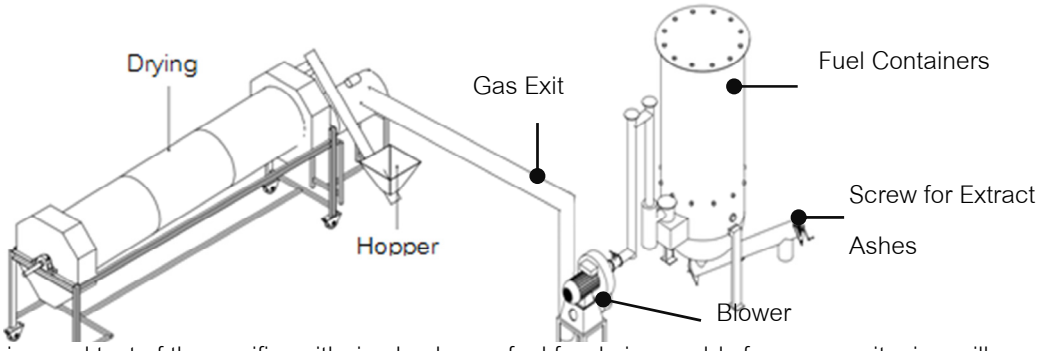
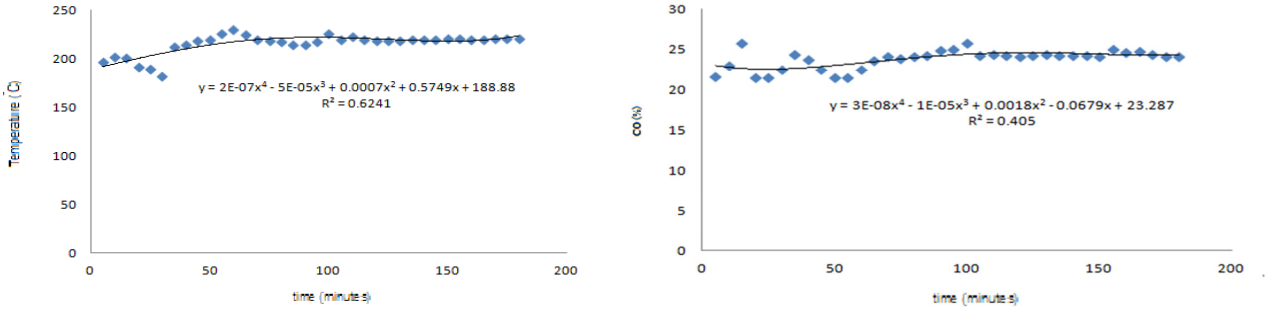


Figure 1 Design and test of the gasifier with rice husk as a fuel for drying paddy for community rice mill.

การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งพิจารณาจากการตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกก่อนการใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชนในทุกการทดสอบพันธุ์ข้าวเปลือกมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากค่าความชื้น 30 %w.b ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 %w.b โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในท่ออบแห้งนานประมาณ 30 นาทีต่อรอบ โดยใช้ความเร็วอากาศร้อนในท่ออบแห้งข้าวเปลือกประมาณ 1 เมตรต่อวินาที สำหรับอุณหภูมิอากาศร้อนที่ได้จากเครื่องแก๊สซิไฟเออร์อยู่ในช่วงประมาณ 80 °C พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 1 การอบแห้งข้าวเปลือกสุพรรณบุรี 3 มีค่าความชื้นลดลงร้อยละ 33.46 กลุ่มตัวอย่างที่ 2 การอบแห้งพันธุ์ข้าวเปลือกปทุมธานี 80 มีค่าความชื้นลดลงร้อยละ 30.53 การใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สามารถผลิตอากาศร้อนให้กับท่ออบแห้งข้าวเปลือกได้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 215.44 องศาเซลเซียส และค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 23.77 เปอร์เซนต์ (Figure 2) ตามลำดับ



Temperature Carbon dioxide

Figure 2 Hot air and carbon dioxide value of the gasifier with rice husk as a fuel.

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ พบว่า การใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแกลบจะมีค่าสูงขึ้นในทุกระดับจากการปรับค่าอุณหภูมิการเป่าอากาศร้อนขึ้น ดังนั้นการอบแห้งข้าวเปลือกที่เป่าอากาศร้อนด้วยอุณหภูมิ 80 °C มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบมีค่าเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

วิจารณ์ผล

การออกแบบและทดสอบเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชน โดยใช้เทคนิคผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลงต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกที่มีกำลังผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิชั้นเผาไหม้เฉลี่ย 850°C และอัตราการไหลของอากาศ 0.03 ลูกบาศก์เมตร/นาที อัตราการป้อนแกลบ 500 กรัม/นาที ก๊าซชีวมวลที่ได้มีปริมาณร้อยละโดยปริมาตรของก๊าซคาร์บอน-มอนอกไซด์ 14.30 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละโดยปริมาณ 6.28 คุณค่าทางความร้อนของก๊าซชีวมวล 16,744 กิโลจูล/กิโลกรัม ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับอาภาณี (2537) ที่รายงานว่า การศึกษาการผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบเบดนิ่งประเภท Downdraft gasifier พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวมวลในเครื่องกำเนินก๊าซแบบเบดนิ่งที่อุณหภูมิของการทดลอง 850 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของอากาศ 0.20 ลูกบาศก์เมตร/นาที อัตราการป้อนแกลบ 100-260 กรัม/นาที ก๊าซชีวมวลที่ได้มีปริมาณร้อยละ โดยปริมาตรของก๊าซคาร์บอน-มอนอกไซด์ 8.46 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ โดยปริมาณ 5.12 คุณค่าทางความร้อนของก๊าซชีวมวล 671.79 กิโลแคลอรี/ลูกบาศก์เมตร โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ต่อคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งให้อยู่ในเกณฑ์ดี เพื่อต้องการให้เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับโรงสีข้าวชุมชน ซึ่งมีข้อดีและข้อได้เปรียบพอที่จะแนะนำให้โรงสีข้าวชุมชนสามารถออกแบบสร้างและดำเนินการทดลองใช้งานได้

การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งพิจารณาจากการตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกก่อนการใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบ สำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงในโรงสีข้าวชุมชนในทุกการทดสอบพันธุ์ข้าวเปลือกมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากค่าความชื้น 30 %w.b. ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 %w.b. โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในท่ออบแห้งนานประมาณ 30 นาทีต่อรอบ โดยใช้ความเร็วของกระแสอากาศร้อนจากเครื่องแก๊สซิไฟเออร์ด้วยเชื้อเพลิงแกลบ นำมาใช้ในท่ออบแห้งข้าวเปลือกประมาณ 1 เมตรต่อวินาที สำหรับอุณหภูมิอากาศร้อนที่ได้จากเครื่องแก๊สซิไฟเออร์อยู่ในช่วงประมาณ 80 °C ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้อบมีความสอดคล้องกับการศึกษาของไมตรี (2539) ได้ศึกษา

การวิจัยวิธีการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องลดความชื้นแบบไหลต่อเนื่อง ผลการทดสอบ การลดความชื้นข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้น 22%w.b. ให้เหลือ 15%w.b. โดยให้เครื่องทำงานแบบเมล็ดไหลหมุนเวียนผ่านลมร้อนจนกว่าจะเหลือความชื้นที่ต้องการ ลมร้อนที่ใช้ลดความชื้นควบคุมไว้ที่ 80 องศา +/- 5 องศา ปรากฏว่าเครื่องลดความชื้นที่ออกแบบไว้นี้สามารถลดความชื้นเฉลี่ยได้ 2% ต่อชั่วโมง คุณภาพการสีเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเปลือกเดียวกัน แต่ลดความชื้นโดยเป่าลมธรรมชาติให้เหลือความชื้นเดียวกันแล้วมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ดแตกต่างกันไม่เกิน 3% ซึ่งดีกว่าตากแดดในลานตาก (3-5%) ค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น ซึ่งรวมราคาของเครื่อง ค่าบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายแปรผันแล้ว ประมาณ 154.5 บาทต้น/ กรณีใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และประมาณ 106 บาท/ตัน กรณีใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบ และพบว่าผลที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของศักดิ์ชาย (2539) ทำการทดสอบผลของปริมาณและอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้อบแห้งที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง และคุณภาพข้าวโดยปริมาณลมร้อนที่ใช้มี 3 ระดับ คือ 5 เมตร/วินาที, 5.5 เมตร/วินาที และ 6.0 เมตร/วินาที และปริมาณอุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับ คือ 80, 100 และ 120 °C จากการทดลองพบว่า ปริมาณและอุณหภูมิของลมร้อนที่เหมาะสมที่สุดคือ 5 เมตร/วินาที และ 100 °C ตามลำดับ คุณภาพการสี 87.7% ส่วนการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแกลบจะมีค่าสูงขึ้นในทุกระดับจากการปรับค่าอุณหภูมิการเป่าอากาศร้อนขึ้น ดังนั้นการอบแห้งข้าวเปลือกที่เป่าอากาศร้อนด้วยอุณหภูมิ 80 °C มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแกลบมีค่าเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

สรุป

การใช้เครื่องแก๊สซิไฟเออร์จากเชื้อเพลิงแกลบสำหรับใช้อบแห้งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวชุมชน โดยใช้เทคนิคผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลงต่อเนื่อง สามารถผลิตอากาศร้อนใช้อบแห้งข้าวเปลือกได้จากความชื้นเริ่มต้นจาก 30% w.b. ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 16% w.b. ซึ่งกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งนานประมาณ 30 นาที โดยใช้อุณหภูมิอากาศร้อนที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวมวลมาอบแห้งข้าวเปลือกอยู่ในช่วงประมาณ 80 °C ความเร็วอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือกประมาณ 1 เมตรต่อวินาที อัตราใช้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขนาด 375 วัตต์ จำนวน 2 ตัวใช้เชื้อเพลิงแกลบในการไหม้เฉลี่ย 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากมีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งข้าวเปลือกเป็น 0.34 บาทต่อกิโลกรัม แยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแก๊สซิไฟเออร์และเครื่องอบแห้ง 0.09 บาทต่อกิโลกรัม คิดอายุการใช้งานของเครื่องผลิตแก๊สซิไฟเออร์และเครื่องอบแห้ง 5 ปี ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 0.063 บาทต่อกิโลกรัม และเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 0.19 บาทต่อกิโลกรัม จากการศึกษาครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะสามารถลดความชื้นได้ในเวลาอันสั้น แต่เนื่องจากยังไม่ได้มีการตรวจวัดคุณภาพการสี ดังนั้นหากจะมีการนำเครื่องไปใช้จริงควรต้องทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อคุณภาพการสีเพิ่มเติมก่อน

คำขอบคุณ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ ขอขอบคุณ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณดำเนินการจนโครงการประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2555. พิมพ์ครั้งที่ 1. บ.อักษรสยามการพิมพ์ จก. กรุงเทพ. หน้า 164.

ไพบูลย์ พงษ์สกุล. 2536. ปฏิทินแนะนำการทำนา-คำแนะนำเก็บเกี่ยวข้าวนาปรังช่วงต้นฤดูฝน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://rice.doae.go.th/rice%20homepage/mayjune/indextmayjune.htm (5 ตุลามคม 2555)

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. วิทยาการก่อน และหลังการเก็บเกี่ยวฝน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.brrd.in.th/rkb/postharvest/index.php-file=content.php&id=6.htm (5 ตุลามคม 2555)

อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย. 2537. การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบในเบดนิ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์เคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 143.

ไมตรี แนวพนิช, วิบูลย์ เทเพนทร์, นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, พิมล วุฒิสินธ์, ยงยุทธ คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2539. ศึกษาการวิจัยวิธีการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องลดความชื้นแบบไหลต่อเนื่อง. รายงานการวิจัย กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ชาย พิพัฒน์ผล, สมชัย เลียงรักษา และสมคิด ชื่นงูเหลือม. 2539. การศึกษาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคสเปาท์เตดเบด. ปริญญานิพนธ์. สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 75.