

รหัสโครงการ: RDG5450042
 ชื่อโครงการ: การพัฒนาและศึกษากระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วย
 เครื่องอบแห้งแบบกระแสนซึ่งมีระบบหมุนเวียนอากาศร้อน
 ชื่อนักวิจัย: รศ.ดร.ฉัตรชัย นิมมอล
 รศ.ดร.สักรกมล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
 E-mail Address: ccnimmol@gmail.com
 ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี (1 กันยายน 2554 – 31 สิงหาคม 2556)

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นอาหารที่มีความสำคัญของโลกโดยเฉพาะในประเทศไทย ก่อนกระบวนการแปรรูป ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมาต้องได้รับการอบแห้ง (หรือลดความชื้น) เพื่อหลีกเลี่ยงการลดลงของคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาอันเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการหายใจของข้าวเปลือก เครื่องอบแห้งแบบกระแสน (ISD) ถือเป็นหนึ่งในเครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพลดความชื้นที่ผิวของวัสดุอนุภาคซึ่งรวมถึงข้าวเปลือกด้วย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมยังสามารถปรับปรุงให้มีความสูงขึ้นได้อีก หนึ่งในวิธีที่เป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงานที่ต้องป้อนให้แก่เครื่องอบแห้งแบบกระแสนคือการนำอากาศร้อนที่ออกจากกระบวนการอบแห้งกลับมาใช้ในกระบวนการอบแห้งอีกครั้งหนึ่งในงานวิจัยนี้ เครื่องอบแห้งแบบกระแสนที่มีระบบหมุนเวียนอากาศร้อนได้ถูกพัฒนาขึ้น นอกจากนี้ ระบบอบแห้งที่ผสมผสานหลักการของเครื่องอบแห้งแบบกระแสนและเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (ISD-PD) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเช่นกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้ง การทดลองอบแห้งในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ เครื่องอบแห้งแบบกระแสนทำงานตามลำพัง และเครื่องอบแห้งแบบกระแสนทำงานร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (ISD-PD) ในที่นี้ สมรรถนะของระบบการอบแห้ง (ในเทอมของอัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตร สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ) ของระบบการอบแห้งที่เงื่อนไขต่าง ๆ ได้ถูกศึกษา ในขณะที่คุณภาพของข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งได้ถูกประเมินในเทอมของร้อยละต้นข้าวและความขาว สำหรับการทดลองในกรณีเครื่องอบแห้งแบบกระแสนทำงานตามลำพัง ผลกระทบของอากาศหมุนเวียนที่มีต่อสมรรถนะของระบบการอบแห้งและคุณภาพของข้าวเปลือกได้ถูกประเมินเช่นกัน

ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในกรณีเครื่องอบแห้งแบบกระแสนทำงานตามลำพัง ความชื้นของข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งลดลง 3.3 ถึง 6.0% (d.b.) จากค่าความชื้นเริ่มต้นโดยใช้ระยะเวลาอบแห้งที่สั้นมาก (น้อยกว่า 2.1 s) อัตราการระเหยน้ำเชิงปริมาตรสูงสุดที่ได้มีค่า $144 \text{ kg}_{\text{water}}/\text{m}^3 \text{ h}$ ในขณะที่สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรสูงสุดมีค่า $6871 \text{ W}/\text{m}^3 \text{ K}$ ส่วนความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้งต่ำสุดมีค่า $4.4 \text{ MJ}/\text{kg}_{\text{water}}$ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ 100°C อัตราการป้อนข้าวเปลือก $120 \text{ kg}_{\text{dry solid}}/\text{h}$ และอัตราส่วนอากาศหมุนเวียน 40% ด้วยการ

นำอากาศร้อนที่ออกจากระบบอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ ความสิ้นเปลืองพลังงานในกระบวนการอบแห้งสามารถลดลงได้ประมาณ 20% ร้อยละต้นข้าวที่ได้ลดลงเฉพาะเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอากาศของอากาศ อัตราการป้อนข้าวเปลือก และอัตราส่วนอากาศหมุนเวียนไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความขาวของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีเครื่องอบแห้งแบบกระแสนทำงานร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (ระบบ ISD-PD) พบว่า ความชื้นของข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งลดลง 6.6 ถึง 9.7% (d.b.) จากค่าความชื้นเริ่มต้นโดยใช้ระยะเวลาอบแห้งที่สั้นมากเช่นกัน (2.4 ถึง 2.6 s) นอกจากนี้เวลาเฉลี่ยที่ข้าวเปลือกอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น 33 ถึง 41% จากการใช้ระบบ ISD-PD ส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกมีค่าสูงกว่ากรณีอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมเพียงอย่างเดียว (PD) ประมาณ 55 ถึง 166% ส่วนความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้งต่ำสุดที่ได้มีค่า 2.6 MJ/kg_{water} ซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิของอากาศขาเข้า และอัตราการป้อนข้าวเปลือก 70 °C และ 62 kg_{dry solid}/h ตามลำดับ ร้อยละต้นข้าวที่ได้ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศและอัตราการป้อนข้าวเปลือก ในขณะที่ความขาวของข้าวไม่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศและอัตราการป้อนข้าวเปลือก

คำหลัก: การอบแห้งข้าวเปลือก, ความขาว, ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, เครื่องอบแห้งแบบกระแสน, เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม, ร้อยละต้นข้าว, อัตราส่วนอากาศหมุนเวียน

Project code: RDG5450042

Project title: Development and study of paddy dehydration process
using an impinging stream dryer with recirculating hot-air
system

Investigator: Assoc. Prof. Chatchai Nimmol, Ph.D.
Assoc. Prof. Sakamon Devahastin, Ph.D.

E-mail Address: ccnimmol@gmail.com

Project period: 2 years (Sep 1, 2011 - Aug 31, 2013)

Abstract

Paddy is an important food crop in the world, especially in Thailand. Before being processed, freshly-harvested paddy needs to be dried in order to avoid quality deterioration by microorganisms and respiration. Impinging stream dryer is one of the energy efficient dryer (ISD) for removing surface moisture of particulate materials including freshly-harvested paddy. However, energy efficiency of ISD can still be improved. One of the possible methods that can be used to reduce the net energy supply to the ISD is the reuse of exhaust air leaving a drying system. In this study, an impinging stream dryer with exhaust air recycle system was therefore developed. In addition, a system combining the principles of impinging stream drying and pneumatic drying (ISD-PD) for paddy was developed to enhance the energy efficiency of the drying process. Drying experiments were divided into two parts: namely, ISD system alone and ISD-PD system. The overall performance (in terms of volumetric water evaporation rate, volumetric heat transfer coefficient and specific energy consumption) of the drying system at various conditions was investigated. The quality of dried paddy was evaluated in terms of head rice yield and whiteness. In the case of ISD system alone, the effect of exhaust air recycle on the overall performance of the drying system and quality of dried paddy was also assessed.

It was found from the experiments that, in the case of ISD system alone, the moisture content of paddy was reduced from its original value by 3.3 to 6.0% (d.b.) within a very short period of time (less than 2.1 s). The maximum value of the volumetric water evaporation rate was found to be about $144 \text{ kg}_{\text{water}}/\text{m}^3 \text{ h}$, while the maximum value of the volumetric heat transfer coefficient was about $6871 \text{ W}/\text{m}^3 \text{ K}$. The lowest total specific energy consumption of the process was $4.4 \text{ MJ}/\text{kg}_{\text{water}}$ when using inlet air temperature of 100°C , particle flow rate of $120 \text{ kg}_{\text{dry solid}}/\text{h}$ and air recycle ratio of 40%. With the use of exhaust air recycle, the energy consumption of the drying

process could be reduced by around 20%. The head rice yield significantly decreased only with an increase in the inlet air temperature. The effects of inlet air temperature, paddy feed flow rate and air recycle ratio on whiteness was not significant, however. In the case of ISD-PD system, the moisture content of paddy was reduced from its original value by 6.6 to 9.7% (d.b.) within a very short period of time (2.4 to 2.6 s). The mean residence time of the paddy was increased by 33 to 41% via the use of the ISD-PD system, leading to moisture reduction rates 55 to 166% higher than those for the pneumatic dryer (PD) alone. The lowest total specific energy consumption of 2.6 MJ/kg_{water} was noted at the inlet air temperature of 70 °C and paddy feed flow rate of 62 kg_{drysolid}/h. The head rice yield decreased with an increase in the inlet air temperature and paddy feed flow rate. On the other hand, the effects of inlet air temperature and paddy feed flow rate on whiteness was not significant.

Keywords: Air recycle ratio, Head rice yield, Impinging stream dryer, Paddy drying, Pneumatic dryer, Specific energy consumption, Whiteness