สุพิชฌาย์ มีสุขเจ้าสำราญ : การหาจุดปฏิบัติการที่เหมาะสมของการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยวิธีเป่าพ่น-หล่นหน่วง (DETERMINATION OF THE APPROPRIATE OPERATING POINT OF RICE PADDY DRYING USING THE SPOUTED-SUSTAINED FALL METHOD) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิช จิตรสมบูรณ์, 237 หน้า.

เครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่น-หล่นหน่วง คือ เครื่องอบแห้งเมล็ดผลการเกษตรรูปแบบใหม่ ซึ่งใช้การเป่าพ่นเมล็ดด้วยลมร้อนขึ้นแนวดิ่งภายในท่อแล้วให้ตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงโดยมีการชะลอการตกของเมล็ดด้วยชั้นตะแกรงเพื่อหน่วงเวลาให้อากาศอบแห้งได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดลองเครื่องอบแห้งนี้เพื่อเสาะหาจุดปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือก โดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเร็วอากาศอบแห้ง อัตราไหลข้าว เวลาพักข้าว การหน่วงการไหลข้าว และสายพันธุ์ข้าว ที่มีต่ออัตราอบแห้ง อัตราสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิจำเพาะ การใช้พลังงานทุติยภูมิจำเพาะ และคุณภาพข้าวเปลือกภายหลังการอบแห้ง พบว่าปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการอบแห้งอย่างมาก เช่น อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 80 100 และ 120°C ความเร็วอากาศท่อลมเข้า 17 20 และ 23 m/s ระยะยกท่อลมเป่า 4 5 และ 6 cm (อัตราไหลข้าว) มวลข้าวเริ่มต้น 10 20 และ 30 kg (เวลาพักข้าว) จำนวนตะแกรงหน่วงข้าว 0 6 และ 11 ชั้น (การหน่วงการไหลข้าว) ทำให้อบแห้งได้รวดเร็วแตกต่างกัน และใช้พลังงานปฐมภูมิจำเพาะต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการเพิ่มความเร็วอากาศส่งผลให้อัตราอบแห้งสูงขึ้น แต่การใช้พลังงานปฐมภูมิจำเพาะก็สูงขึ้นไปด้วย ปริมาณข้าวต้น (head rice yield) มีแนวโน้มลดลงตามอัตราอบแห้งที่เพิ่มขึ้นยกเว้นกรณีการเพิ่มมวลข้าวเริ่มต้นซึ่งสามารถเพิ่มอัตราอบแห้ง และเพิ่มปริมาณข้าวต้นได้พร้อมกัน สำหรับพันธุ์ข้าวเลือกใช้ ชัยนาท1 และ กข105 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวต้นในช่วงแรกของการอบแห้งเนื่องจากการเกิดเจล (gelatinization) ภายในเมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท1 แต่ไม่พบในพันธุ์กข105 ผลการทดลองได้ชุดเงื่อนไขอบแห้งที่ดีใน 3 แนวทาง คือ 1) เงื่อนไขที่ให้อัตราอบแห้งสูงสุด 2) เงื่อนไขที่ให้ผลรวมระหว่างพลังงานปฐมภูมิจำเพาะกับพลังงานทุติยภูมิจำเพาะมีค่าต่ำสุด และ 3) เงื่อนไขที่ให้ปริมาณข้าวต้นสูงสุด นอกจากการทดลองแล้วยังได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้สมการสมดุลมวล พลังงาน และอัตราอบแห้ง พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิสามารถเพิ่มอัตราอบแห้งได้พอควรแต่ลดการใช้พลังงานปฐมภูมิจำเพาะได้เล็กน้อย ขณะที่การเพิ่มความยาวท่อลมเป่าทำให้อัตราอบแห้งเพิ่มขึ้น และลดการใช้พลังงานปฐมภูมิจำเพาะลงอย่างชัดเจน การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชันความชื้น (moisture content gradient) และสัดส่วนปริมาตรคล้ายยาง (rubbery state volume ratio) ทั้งขณะและภายหลังการอบแห้งกับปริมาณข้าวต้นที่ได้จากการทดลอง เมื่ออบแห้งด้วยชุดเงื่อนไขที่ดีใน 3 แนวทาง ทำให้ได้แนวทางป้องกันรอยร้าวในเมล็ดข้าว คือ 1) ค่าความชันความชื้นควรต่ำกว่า 3% w.b./mm ก่อน

เข้าสู่ท่อลมเป่า และ 2) ค่าสัดส่วนปริมาตรคล้ายยางขณะอบแห้งและขณะลดอุณหภูมิควรมีค่าใกล้เคียงกัน ยังพบด้วยว่าในเครื่องอบแห้งต้นแบบนี้ ถ้าเพิ่มมวลข้าวเริ่มต้นเป็น 60 kg จะทำให้เกิดรอยร้าวน้อยที่สุด ดังนั้นจุดปฏิบัติการที่เหมาะสมของการอบแห้งนี้คือ ใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 120°C ความเร็วอากาศท่อลมเข้า 20 m/s ระยะยกท่อลมเป่า 6 cm จำนวนตะแกรงหน่วงข้าว 11 ชั้น และมวลข้าวเริ่มต้น 60 kg ซึ่งเงื่อนไขอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกจาก 23% ถึง 14% w.b. ด้วยอัตราอบแห้งเฉลี่ย 0.0459 kg water evaporated/min โดยใช้พลังงานปฐมภูมิจำเพาะและพลังงานทุติยภูมิจำเพาะ 3.68 และ 2.13 MJ/kg water evaporated ตามลำดับ และยังเชื่อได้ว่าจะได้ปริมาณข้าวต้นและความขาวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา ภูชิชัยมาย์ มีสุขเจ้าสำราญ

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SUPITCHAR MEESUKCHAOSUMRUN : DETERMINATION OF THE APPROPRIATE OPERATING POINT OF RICE PADDY DRYING USING THE SPOUTED-SUSTAINED FALL METHOD. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. TAWIT CHITSOMBOON, Ph.D., 237 PP.

SPOUTED-SUSTAINED FALL PADDY DRYER/ SPOUTED BED DRYER/ APPROPRIATE OPERATING POINT OF PADDY DRYER/ EFFICIENT DRYER

Spouted-sustained fall dryer is a new type of agricultural grain dryer in which grains are spouted by upward hot air inside a vertical tube and then fallen by gravity. Grain falling is retarded with stacking wire mesh layers to extend falling time to increase efficiency of drying. This research aimed to design, construct and test this dryer to determine the appropriate operating point. The many parameters such as: drying air temperature, air velocity, paddy circulation rate, resting period, retarding of paddy flow and rice varieties were investigated to determine their effects on drying rate (DR), primary specific energy consumption (PSEC), secondary specific energy consumption (SSEC), and qualities of rice paddy. The results showed that these parameters significantly influence the outcomes of the drying. For instance, air temperatures of 80, 100 and 120°C, inlet air velocities of 17, 20 and 23 m/s, entrance heights of 4, 5 and 6 cm (paddy circulation rate), initial paddy masses of 10, 20 and 30 kg (resting period), wire mesh layers of 0, 6 and 11 (retarding of paddy flow) gave significant differences in DR and PSEC values. Increasing of air velocity especially resulted in increasing DR but also PSEC. The head rice yield (HRY) tended to decrease according to the increase of DR except in the case of the initial paddy mass was added which led to the increase of both DR and HRY. Rice varieties, Chai

Nat 1 and Khao Dawk Mali 105 were selected in this study. It was found that Chai Nat 1 yielded better HRY than Khao Dawk Mali 105 perhaps due to its more gelatinization at the beginning of drying process. The results of this experiment had revealed three good drying conditions, namely: 1) the highest DR condition, 2) the lowest sum of PSEC and SSEC condition and 3) the highest HRY condition. In addition to this experiment, a computer program was developed using MATLAB software in order to numerically simulate the drying process wherein drying rate and equilibrium equations of mass and energy were used. The results showed that increasing temperature gave increasing DR but slightly decreasing SPEC; while increasing the length of draft tubes leading to higher DR and significantly lower SPEC. Moisture content gradient (MCG) and rubbery state volume ratio (RSVR) during and after drying were analyzed to see their relationship with the experiment's HRY values, when drying with three good drying conditions. From the analysis, to prevent fissuring, two conditions must be met: 1) MCG value should be lower than 3% w.b./mm, 2) RSVR value when drying and when cooling should be similar. It was also found that if initial paddy mass was increased to 60 kg, minimum rice fissuring would be achieved. Thus, the appropriate operating conditions of this drying were determined to be: drying temperature at 120°C, drying air velocity at 20 m/s, draft tube entrance height at 6 cm, 11 wire mesh layers and initial paddy mass at 60 kg. These drying conditions could decrease moisture content of paddy from 23% to 14% w.b. with average DR of 0.0459 kg water evaporated/min at SPEC and SSEC of about 3.68 and 2.13 MJ/kg water evaporated respectively. At these conditions it is believed that the values of HRY and whiteness of rice would still be acceptable.

School of Mechanical Engineering Student's Signature สุพิชฌาย์ มีสุขเจริญ

Academic Year 2014 Advisor's Signature