# ผลของอุณหภูมิของท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก
# The Effect of the Temperature of Heat-Pipe with Wick to Reduce the Moisture Content of Paddy

สถิตพงศ์ เสงี่ยมศักดิ์*[1], สุพัตรา บุไธสง[1], อภิชน มุ่งชู[1] และอนุรักษ์ รอดบำรุง[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสาตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
*ติดต่อ: satitpong@live.com, โทรศัพท์ 087-970-0797, โทรสาร 043-812583

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิของท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนต่อการลดความชื้นข้าวเปลือก ที่ใช้สารทำงาน R-11 โดยมีอุณหภูมิขาเข้าที่ส่วนทำระเหย 60°C และ 80°C เพื่อลดความชื้นให้ข้าวเปลือกสายพันธุ์ ข้าว กข6 ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการทดลองมีความชื้นเริ่มต้นที่ 23% และทำการทดลองลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกให้เหลือ 12% จากการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าที่ส่วนทำระเหยจาก 60 เป็น 80°C จะทำให้ระยะเวลาในการลดความชื้นลดลง แต่พบว่าที่อุณหภูมิ 60°C จะเหมาะสมที่สุด เพราะอุณหภูมิที่สูงจะส่งผลต่อความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าวเร็วเกินไป จึงทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย และเมื่อนำข้าวเปลือกไปทดสอบการงอก จะพบว่าอุณหภูมิที่ 60°C ของตัวแปรที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ของข้าว กข6 จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดีที่สุด อยู่ที่ 67-69% เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ 80°C จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 57-60% และงานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนและไม่ติดตั้งวัสดุพรุน พบว่าท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนจะมีระยะเวลาในการลดความชื้นเร็วกว่าท่อความร้อนที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน เนื่องจากวัสดุพรุนได้นำความร้อนจากส่วนทำระเหยมายังส่วนควบแน่นได้ดี จึงทำให้ลดความชื้นได้เร็วกว่าท่อความร้อนที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน

***คำหลัก:*** ท่อความร้อน, วัสดุพรุน, ความชื้น, ข้าวเปลือก

***Abstract***

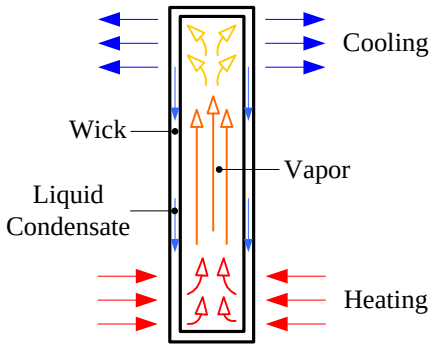
This research aims to study the effect of the temperature of heat-pipe with wick to reduce the moisture content of paddy. It used working fluid R-11 by Inlet temperature at evaporation section 60°C and 80°C. It reduces the moisture content of the paddy (Glutinous rice RD6). The paddy seed used in the experiment had the initial moisture content 23% and decreased dehumidification to 12%. It was found that when the inlet temperature at evaporator section increased from 60 to 80°C. It will reduce the duration of moisture reduction but found that the temperature of 60°C has the most appropriate; because the high temperatures will affect the moisture within the grain too quickly. It makes the fracture easy and after rice milling and germination of paddy. Found that the temperature at 60°C of all variables used in the experiment of glutinous rice RD6 have percent of germination about 67–69% better than the temperature at 80°C about 57–60% and this research compared heat pipe with wicks and without wicks. It was found that the heat pipe with wick has a shorter dehumidification time than the heat pipe without wick. Because wick materials have brought the heat from the evaporator section to the condenser section is well. Therefore, the dehumidification is faster than the heat pipe without wicks.

***Keywords:*** Heat-pipe, Wick, Moisture, Paddy

## 1. บทนำ

เนื่องจากในประเทศไทย เป็นอีกหนึ่งประเทศที่ขึ้นชื่อด้านเกษตรกรรมหลายอย่าง เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์ม เป็นต้น แต่ข้าวถือว่าเป็นธัญญาหารของไทย และแถบเอเชีย ที่ต้องกินและบริโภคทุกๆ วัน ข้าวไทยถือว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีกว่าประเทศอื่นมาก ทั้งรสชาติ ความนุ่ม ความหอม เช่น ข้าวหอมมะลิ นับว่าเป็นเอกลักษณ์ของไทยเรา เราจึงเห็นความสำคัญของเกษตรกรที่ทำการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก ทุกปีหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ เกษตรกรจะเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกไว้เพื่อใช้ในการเพาะปลูกปีถัดไป การเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกไว้นั้นต้องนำเมล็ดข้าวไปตากแดดให้แห้งจึงจะเก็บรักษาไว้ได้ ถ้าเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกไว้โดยไม่นำไปตากแดดก่อน เมื่อนำเมล็ดข้าวเปลือกมากองรวมกันไว้จะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นมาก และมีราเกินขึ้น เนื่องจากเมล็ดข้าวเปลือกมีการหายใจ ทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีผลทำให้เมล็ดข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น ข้าวงอก เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด เพราะในเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกนั้นยังมีความชื้นสูง ในช่วงเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกนั้นมีความชื้นประมาณ 20-25% เราจึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 12% สำหรับการเก็บข้าวไว้นาน 3-5 เดือน ซึ่งมีวิธีที่จะนำมาใช้ในการลดความชื้นข้าวเปลือกได้ก็คือ การอบแห้ง (drying) การอบแห้งข้าวเปลือกสามารถทำได้ด้วยเครื่องอบแห้งหลายชนิด เช่น เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด (spouted-bed dryer) เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (fluidized-bed dryer) เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (pneumatic dryer) เป็นต้น [1] ซึ่งข้าวเปลือกที่นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งดังกล่าวต้องเคลื่อนที่อยู่ในระบบตลอดเวลา ถึงแม้ว่าเครื่องอบแห้งที่กล่าวข้างต้นจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานอยู่ในระดับสูง แต่มีความเป็นได้ที่ข้าวเปลือกจะได้รับความเสียหาย (แตกหรือหัก) ในระหว่างการเคลื่อนที่ในระบบ ด้วยเหตุนี้ การอบแห้งข้าวเปลือกโดยที่ข้าวไม่เกิดการเคลื่อนที่จึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ แนวทางหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการอบแห้งข้าวเปลือกโดยที่ข้าวเปลือกไม่ต้องเคลื่อนที่ในระบบ คือ การใช้ท่อความร้อนในการระบายความร้อน

ท่อความร้อน (Heat Pipe) คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก [2,3,4] ทำงานโดยใช้หลักการส่งถ่ายความร้อนจากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อซึ่งระเหยโดยการได้รับความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนโดยการควบแน่น เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำงานมีค่าสูงมาก จึงสามารถถ่ายเทความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งได้มากโดยมีอุณหภูมิต่างกันเพียงเล็กน้อย [5,6] โดยทั่วไปแล้วท่อความร้อนจะประกอบด้วยส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) ดังรูปที่ 1 ซึ่งเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการให้ความร้อนกับข้าวเปลือกเพื่อไล่ความชื้นภายใน และยังสามารถทำได้ในทุกสภาวะอากาศแม้ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ใช้พื้นที่น้อย สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับตามที่ต้องการสามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าวได้



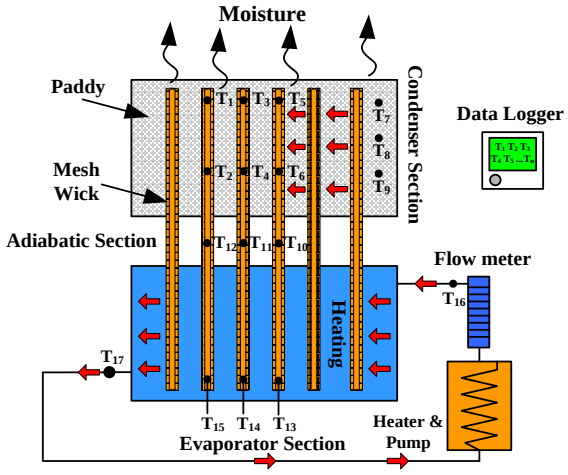

รูปที่ 1 ท่อความร้อน Heat Pipe

ดังนั้นจากที่กล่าวมาในข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะประยุกต์ใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนเป็นอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทความร้อนสำหรับกระบวนการลดความชื้นของข้าวเปลือก โดยพัฒนาระบบการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนในเชิงของเครื่องต้นแบบ และสร้างเครื่องลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกจากท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนในการระบายความร้อน เพื่อลดความชื้นให้ได้ตามระดับมาตรฐานในการเก็บรักษา และเพื่อเป็นประโยชน์แก่

ชาวนาที่ทำอาชีพนี้เป็นหลัก อีกประเด็นเพื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้นานที่สุด

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

### 2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง



รูปที่ 2 แผนผังของเครื่องลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกจากท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุน และกลุ่มของท่อความร้อน

รูปที่ 2 แสดงแผนผังของเครื่องลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกจากท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนและกลุ่มของท่อความร้อนในงานวิจัยนี้ ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนมีส่วนประกอบหลัก คือ ท่อทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 mm ยาว 750 mm แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทำระเหย 300 mm ส่วยกันความร้อน 150 mm ส่วนควบแน่น 300 mm และภายในท่อความร้อนมีวัสดุพรุนชนิดตาข่ายบรรจุอยู่ ดังรูปที่ 3 โดยมีความหนาของวัสดุพรุน 1 mm และท่อความร้อนจำนวน 40 ท่อ ภายในบรรจุสารทำความเย็น 50% โดยปริมาตรของท่อความร้อน โดยในที่นี้ได้ใช้สารทำความเย็น R-11 เป็นสารทำงาน และรายละเอียดของท่อความร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 1

ท่อความร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายในกล่องส่วนทำระเหยจะทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำร้อน โดยน้ำร้อนจะไหลที่อัตราการไหล 1.5 L/min (Flow meter, Treatton Z-3001) ความร้อนจะเกิดการแลกเปลี่ยนแล้วถ่ายโอนไปยังส่วนควบแน่น ในขณะที่ส่วนควบแน่นจะติดตั้งภายในกล่องบรรจุข้าวเปลือก ซึ่งอุปกรณ์ในการทดลองจะมีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger, Zupcon MultiF R5000) โดยตำแหน่งการวัดอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 3 วัสดุพรุนชนิดตาข่ายภายในท่อความร้อน

### 2.2 ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ กข6 ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 23% เป็นวัสดุทดสอบ โดยความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกเตรียมได้โดยการแช่น้ำผสมกับข้าวเปลือก จากนั้นจึงนำข้าวเปลือกดังกล่าวไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลา 2 วัน หลังจากนั้นจึงนำข้าวเปลือกออกจากตู้เย็นเพื่อผึ่งในบรรยากาศก่อนเริ่มการทดลอง ทั้งนี้เพื่อปรับอุณหภูมิของข้าวเปลือกให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง และปรับความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ในค่าเดียวกัน และระหว่างการทดลองจะทำการวัดวัดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก ทุกๆ 30 min ด้วยเครื่องวัดความชื้น แบบเกลียวบิด (Moisture Tester Model TA-5)

### 2.3 วิธีการทดลอง

การทดลองจะเริ่มจากการเติมสารทำงานเข้าสู่ท่อความร้อนที่ทำให้เป็นสุญญากาศในปริมาตรการเติมสาร

ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ แล้วก็ประกอบชุดท่อความร้อนทั้ง 40 ชุด จากนั้นทำการติดตั้งเข้ากับแท่นชุดทดลอง โดยให้ท่อในส่วนควบแน่นต่อเข้ากับกล่องบรรจุข้าวเปลือก และท่อที่ส่วนทำระเหยจะต่อเข้ากับชุดให้ความร้อนจากน้ำร้อนโดยจะมีอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำตามเงื่อนไขการทดลอง โดยที่ด้านน้ำเข้าจะทำการติดตั้งตัวควบคุมอัตราการไหล (Flow meter, Treatton Z-3001) ไว้ และอีกด้านหนึ่งจะต่อสายยางที่หุ้มฉนวนกันความร้อนไปยังถังเก็บน้ำร้อน โดยภายในถังเก็บน้ำร้อนจะติดตั้งปั๊มน้ำ เพื่อไหลเวียนน้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในระบบ ในขณะที่อุณหภูมิต่างๆ จะได้รับการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K และบันทึกด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger, Zupcon MultiF R5000) โดยการทดลองจะดำเนินไปจนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกลดลงเหลือ 12% ซึ่งวัดได้จากเครื่องมือวัดความชื้นข้าว

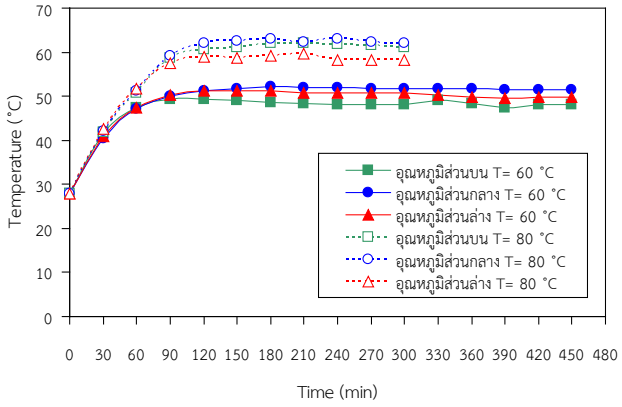
ตารางที่ 1 รายละเอียดของท่อความร้อนและเงื่อนไขการทดลอง

| ท่อความร้อน | |
|---|---|
| วัสดุท่อ | ท่อทองแดง |
| วัสดุพรุน | ตาข่ายท่อแดง |
| จำนวนท่อ | 40 ท่อ |
| ขนาดท่อ | เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 mm และยาว 750 mm (ส่วนทำระเหย 300 mm, ส่วนกันความร้อน 150 mm, ส่วนควบแน่น 300 mm) |
| ปริมาตรการเติมสารทำงาน | 50% โดยปริมาตรของท่อความร้อน |
| เงื่อนไขการทดลอง | |
| ภายในท่อความร้อน | ติดตั้งวัสดุพรุน และไม่ติดตั้ง |
| สารทำงาน | R-11 |
| อุณหภูมิส่วนทำระเหย | 60 และ 80°C |

การทดลองจะกระทำที่เงื่อนไขดังต่อไปนี้ (1) ท่อความร้อน 2 ชนิด ได้แก่ ท่อที่ติดตั้งวัสดุพรุน และไม่ติดตั้ง (2) อุณหภูมิส่วนทำระเหย 2 ค่า ได้แก่ 60 และ 80°C ตามเงื่อนไขการทดลองทั้งหมดซึ่งสรุปไว้ให้เห็นในตารางที่ 1 โดยมีการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละเงื่อนไขการทดลอง

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

### 3.1 ผลของอุณหภูมิและวัสดุพรุน

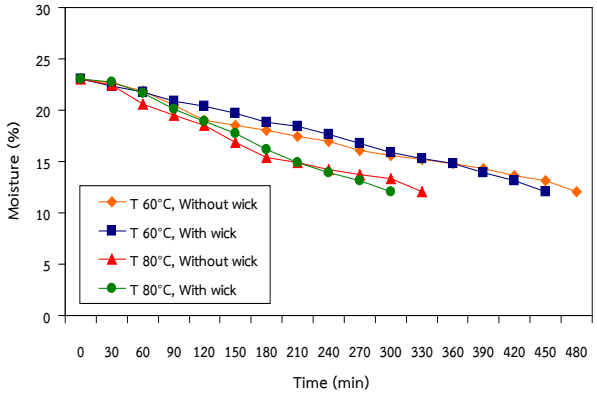



รูปที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิของส่วนควบแน่นที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 60°C และ 80°C

จากรูปที่ 4 แสดงค่าอุณหภูมิที่ส่วนควบแน่นของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกของท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนภายใน ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 60°C และ 80°C โดยตำแหน่งที่ติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ จะติดไว้ที่ส่วนล่าง กลาง และบน ของส่วนควบแน่น ซึ่งจะพบว่าค่าอุณหภูมิทั้ง 3 จุด จะมีความใกล้เคียงกัน แสดงว่าท่อความร้อนมีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้เป็นอย่างดี ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกนั้นมีความสม่ำเสมอกัน

จากรูปที่ 5 จากการทดลองผลของการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก กข 6 อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหย คือ 60°C และ 80°C โดยภายในท่อความร้อนจะเปรียบเทียบการติดตั้งวัสดุพรุน และไม่ติดตั้งเข้าไปโดยท่อความร้อนเติมสารทำงาน R-11 ภายใน ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 80°C ของท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนจะใช้เวลาของการลดความชื้นน้อยที่สุด อยู่ที่ 300 min เมื่อเปรียบเทียบกับท่อที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน และการใช้อุณหภูมิที่ 60°C ถึงจะทำให้ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเหลือประมาณที่ 12% จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลโดยตรงกับระยะเวลาในการลดความชื้นของข้าวเปลือก และเมื่อนำชุดท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุน กับไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมาทำการเปรียบเทียบ ก็จะพบว่า ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุน

ภายในจะส่งผลในการลดความชื้นของข้าวเปลือกได้ดีกว่าท่อที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน เนื่องจากวัสดุพรุนที่ติดตั้งเสริมเข้าไป จะช่วยในการเคลื่อนที่ของสารทำงานภายในได้ดีขึ้น และแบ่งสารทำงานที่เกิดจากการควบแน่นแล้ว ไหลลงมายังส่วนทำระเหยใหม่ ไม่ให้เกิดการชนกันของสารทำงานที่เคลื่อนที่ขึ้นไปยังส่วนควบแน่น [7] จึงส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดี




รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่ลดลง

### 3.2 เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก

จากตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก กข 6 ที่อุณหภูมิ 60°C และ 80°C จะพบว่าที่อุณหภูมิ 60°C จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่าอุณหภูมิ 80°C เนื่องจากการลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกค่อยๆ ลดลง ทำให้เมล็ดพันธ์ข้าวเปลือกไม่เกิดการแตกหัก เพราะการลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกลดอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกแตกหักและเสื่อมคุณภาพลง ซึ่งจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกโดยตรง และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลของท่อความร้อนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุพรุน พบว่าท่อที่ติดตั้งวัสดุพรุนจากข้อมูลในตารางจะให้เปอร์เซ็นการงอกที่ดีกว่า แต่ทางผู้วิจัยมองว่าปัจจัยที่มีความแตกต่างนี้อาจจะไม่ได้เกิดจากวัสดุพรุน เนื่องจากเปอร์เซ็นการงอกมีความใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิของส่วนทำระเหยที่ 60°C และ 80°C ให้พบการงอกที่แตกต่างอย่างชัดเจน และเมื่อนำผลของระยะเวลาในการอบของข้าวเปลือกมาทำการเปรียบเทียบถึงเปอร์เซ็นการงอก พบว่าจากผลการทดลองของท่อความร้อนทั้ง 2 แบบ ที่อุณหภูมิ 60°C ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 460 ถึง 490 min จากรูปที่ 5 จะให้เปอร์เซ็นการงอกที่ใกล้เคียงกัน ที่ 69 ถึง 67% ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดจากการทดลอง และจากท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนให้เปอร์เซ็นการงอกที่ดีกว่า เพราะเกิดจากการถ่ายโอนความร้อนให้กับข้าวเปลือกที่ดีกว่า และเป็นส่วนที่สำคัญในการลดระยะเวลาในการลดความชื้นในน้อยลง ไม่ทำให้ข้าวเปลือกต้องอบในระยะเวลานานเกินไป

## 4. สรุปผล

จากการอภิปรายผลการทดลองตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการทดลอง ได้ดังนี้

4.1 ความชื้นของข้าวเปลือก

อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลหลักต่อความชื้นที่ลดลง โดยอุณหภูมิส่วนทำระเหยที่ 80°C จะส่งผลต่อระยะเวลาในการลดความชื้นที่เร็วกว่าอุณหภูมิ 60°C และท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพรุนภายในมีผลในการลดความชื้น ได้ดีกว่าท่อที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน

4.2 ค่าเปอร์เซ็นการงอกของข้าวเปลือก

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก กข6 พบว่าที่อุณหภูมิ 60°C จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่าอุณหภูมิ 80°C เนื่องจากการลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกค่อยๆ ลดลงทำให้เมล็ดพันธ์เข้าเปลือกเกิดการแตกหัก เพราะการลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกลดอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเปราะและเสื่อมคุณภาพ

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และให้คำแนะนำตลอดการวิจัยที่ผ่านมา และการสนับสนุนงบประมาณ จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ วช. ประจำปีงบประมาณ 2561 จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามเป้าหมาย

ตารางที่ 2 รายละเอียดค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเปลือก

| ท่อความร้อน Heat Pipe | อุณหภูมิ 60°C | เปอร์เซ็นต์การงอก (%) | อุณหภูมิ 80°C | เปอร์เซ็นต์การงอก (%) |
|---|---|---|---|---|
| Without Wick | | 67 | | 57 |
| Wick | | 69 | | 60 |

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Dussadee, T. Punsaensri, and T. Kiatsiriroat. (2007). Temperature control of paddy bulk storage with aeration-thermosyphon heat pipe, *Energy Conversion and Management*, vol. 48, pp. 138-145.

[2] S. Rittidech, A. Donmaung and K. Kumsombut. (2009). Experimental study of the performance of a circular tube solar collector with closed-loop oscillating heat-pipe with check valve (CLOHP/CV), *Renewable Energy*, vol. 34, pp. 2234-2238.

[3] P. Kongboon, et al. (2003). Ethanol Distillation with Heat Pipe Solar Collector, *Thesis M.Eng*. Chiang Mai University.

[4] S. Rittidech, A. Boonyaem, and P. Tipnet. (2005). CPU cooling of desktop PC by closed-end oscillating heat pipe (CEOHP), *American Journal Applied Science*, vol. 2, no. 12, pp. 1574-1577.

[5] P. Naphon. (2010). On the performance of air conditioner with heat pipe for cooling air in the condenser, *Energy Conversion and Management*, vol. 51, pp. 2362-2366.

[6] P. Supirattanakul, S. Rittidech, and B. Bubphachot. (2011). Application of a closed-loop oscillating heat pipe with check valves (CLOHP/CV) on performance enhancement in air conditioning system, *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 1531-1535.

[7] S. Sinsang, et al. (2010). Thermal Characteristics of Heat Pipe with Optimized Sintered Porous Media for Portable Computer Cooling, *Thesis M.Eng*, Chiang Mai University.