

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2560

1. **แผนงานวิจัย** แผนงานวิจัยและพัฒนาด้านเมล็ดพันธุ์พืช
2. **โครงการวิจัย** โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์
กิจกรรม วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์
3. **การทดลองที่ 2.1** รูปแบบโรงตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

Study of solar dryer models for decreasing optimum seed moisture in soybean
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
หัวหน้าการทดลอง นางสาวสุพรรณณี เป้งคำ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน นายประพัฒน์ ทองจันทร์ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
 นางสาวละอองดาว แสงหล้า ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
 นางสาวปัทมพร วาสนาเจริญ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

5. บทคัดย่อ

จากการทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์หลังคาจั่ว และทรงโค้ง การตากด้วยชั้นตะแกรงเหล็ก เปรียบเทียบกับกระบวนการวิธีของเกษตรกร ซึ่งทำการทดสอบที่สถานีแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลืองฤดูฝน วันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยโรงตากแบบหลังคาหน้าจั่ว โรงตากแบบหลังคาทรงโค้ง และการตากด้วยตะแกรงเหล็ก สามารถลดความชื้นเมล็ดที่เหมาะสม 12 เปอร์เซ็นต์ ได้ภายใน 1 วัน ส่วนการลดความชื้นด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ ต้องใช้เวลา ประมาณ 2 วัน ซึ่งการลดความชื้นทุกกรรมวิธี มีอุณหภูมิของเมล็ดเฉลี่ยสูงไม่เกิน 40-42 องศาเซลเซียส ได้แก่ 40.85 40.79 37.09 และ 37.32 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดลงแต่ละชั่วโมง เท่ากับ 0.71 0.97 0.89 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาหน้าจั่ว มีค่าความงอกที่สูงสุด เท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงโค้ง และการตากด้วยตะแกรงเหล็ก มีค่าความงอกสูงไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 88.5 และ 87.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ มีค่าความงอกน้อยที่สุด เท่ากับ 83.8 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของทั้ง 4 กรรมวิธี อยู่ระหว่าง 87.5-90.30 เปอร์เซ็นต์ ในด้านความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในโรงตาก และอุณหภูมิในเมล็ดถั่วเหลือง พบว่า โรงตากทั้ง 2 แบบ มีอุณหภูมิของโรงตาก และอุณหภูมิของเมล็ดถั่วเหลืองมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกัน ช่วงอุณหภูมิของโรงตากเมล็ดพันธุ์หลังคาโค้งทั้งอุณหภูมิของเมล็ดและภายในโรงตาก มีช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าโรงตากเมล็ดหลังคาหน้าจั่ว เท่ากับ 1 องศาเซลเซียส

6. คำนำ

การตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เป็นขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวในระบบการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความชื้นในแปลงในช่วงสุกแก่ วิธีการลดความชื้น และระยะเวลาที่ใช้ การลดความชื้นมีการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังการนวด เมื่อดันถั่วเหลืองมีความชื้นมากกว่า 15

เปอร์เซ็นต์ จะมีการลดความชื้นก่อนการนวด โดยตากไว้ในแปลงซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกก่อนเก็บเกี่ยว หรือในระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว (นงลักษณ์, 2528) ถึงแม้เกษตรกรจะมีการวางแผนการผลิตให้สามารถเก็บเกี่ยวและตากต้นถั่วเหลืองในช่วงไม่มีฝน แต่ปัญหาสำคัญในการลดความชื้น คือ ความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยเฉพาะการมีฝนตก ความชื้นในอากาศสูง และแสงแดดไม่เพียงพอในการลดความชื้นแต่ละครั้ง ความชื้นที่เหมาะสมต่อการนวดด้วยเครื่อง คือ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 350-500 รอบต่อนาที การนวดต้นถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้เมล็ดได้รับความเสียหายจากการบอบช้ำหรือการแตกหัก รวมไปถึงการสูญเสียเมล็ดติดไปกับเศษซากถั่วเหลือง (อนุสร, 2534) และหลังจากการนวด ความชื้นที่เหมาะสมต่อการคัดเมล็ดด้วยเครื่อง คือ 12-13 เปอร์เซ็นต์ กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้วิจัยพัฒนาการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบถั่วเหลืองทั้งต้นก่อนนวด สามารถลดความชื้นจาก 34-40 เปอร์เซ็นต์ให้เหลือ 15-17 เปอร์เซ็นต์ จำนวนครั้งละ 250 กิโลกรัม ในเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่าย 1 บาทต่อกิโลกรัมถั่วเหลืองแห้ง แต่ปริมาณของผลผลิตที่สามารถลดความชื้นต่อครั้งยังคงทำได้ในปริมาณที่น้อยและมีต้นทุนสูง และการพัฒนาใช้เครื่องอบที่มีถังอบบรรจุถั่วเหลืองแห้งได้ 1 ตัน จำนวน 12 ถังต่อเครื่อง ใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 45 เซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความชื้นลดลงเหลือ 10-13 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการอบ 0.20-0.24 บาทต่อเมล็ดพันธุ์แห้ง 1 กิโลกรัม (กองเกษตรวิศวกรรม : อ้างโดย นิลุบลและละอองดาว, 2550) ซึ่งเหมาะกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ในปริมาณมากและมีการลงทุนที่สูง มีการศึกษาวิธีการลดความชื้นแบบอื่นๆ ที่มีต้นทุนต่ำกว่า ได้แก่ การใช้โรงลดความชื้นแสงอาทิตย์ ในพืชสมุนไพรและพืชผักบางชนิด ซึ่งใช้เวลาสั้นและประหยัดพลังงาน มีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์ ลักษณะภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ และความยากง่ายในการสร้างโรงเรือน (อาภรณ์ และธงชัย, 2549) จากการศึกษาชนิดของโครงสร้างโรงเรือนที่มีการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนมากที่สุดคือ แบบหลังคาแนวเอียง และชนิดของโรงเรือนที่มีการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากที่สุดคือ แบบหลังคาโค้ง ที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และจะมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์ความร้อนลดลง (ประพันธ์พงษ์ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ มีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการลดความชื้น คืออายุเก็บเกี่ยว โดยช่วงเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีผลต่อการลดความชื้น โดยปกติการเก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา(ระยะที่ฝักมีสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดและมีคุณภาพดีที่สุดและคุณภาพจะลดลงไปหลังจากระยะนี้ แต่เมล็ดจะมีความชื้นสูง(จวง จันทร, 2529) ในทางปฏิบัติจึงนิยมเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักเป็นสีน้ำตาล 95 เปอร์เซ็นต์ (R8) และตากให้แห้งคาแปลงซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียคุณภาพการเป็นเมล็ดพันธุ์จากสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะความแปรปรวนฝนและอุณหภูมิ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการลดความชื้นโดยใช้โรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้ในระบบการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง จึงเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบโรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและรูปแบบโรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องและผลงานวิจัยที่ผ่านมา

การตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เป็นขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวในระบบการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความชื้นในแปลงในช่วงสุกแก่ วิธีการลดความชื้น และระยะเวลาที่ใช้ การลดความชื้นมีการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังการนวด เมื่อต้นถั่วเหลืองมีความชื้นมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีการลดความชื้นก่อนการนวด โดยตากไว้ในแปลงซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกก่อนเก็บเกี่ยว หรือในระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลัง

การเก็บเกี่ยว (นงลักษณ์, 2528) ถึงแม้เกษตรกรจะมีการวางแผนการผลิตให้สามารถเก็บเกี่ยวและตากต้นถั่วเหลืองในช่วงไม่มีฝน แต่ปัญหาสำคัญในการลดความชื้น คือ ความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยเฉพาะการมีฝนตก ความชื้นในอากาศสูง และแสงแดดไม่เพียงพอในการลดความชื้นแต่ละครั้ง ความชื้นที่เหมาะสมต่อการนวดด้วยเครื่อง คือ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 350-500 รอบต่อนาที การนวดต้นถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้เมล็ดได้รับความเสียหายจากการบอบช้ำหรือการแตกหัก รวมไปถึงการสูญเสียเมล็ดติดไปกับเศษซากถั่วเหลือง(อนุสร, 2534) และหลังจากการนวด ความชื้นที่เหมาะสมต่อการคัดเมล็ดด้วยเครื่อง คือ 12-13 เปอร์เซ็นต์ กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้วิจัยพัฒนาการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบถั่วเหลืองทั้งต้นก่อนนวด สามารถลดความชื้นจาก 34-40 เปอร์เซ็นต์ให้เหลือ 15-17 เปอร์เซ็นต์ จำนวนครั้งละ 250 กิโลกรัม ในเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่าย 1 บาทต่อกิโลกรัมถั่วเหลืองแห้ง แต่ปริมาณของผลผลิตที่สามารถลดความชื้นต่อครั้งยังคงทำได้ในปริมาณที่น้อยและมีต้นทุนสูง และการพัฒนาใช้เครื่องอบที่มีถังอบบรรจุถั่วเหลืองแห้งได้ 1 ตัน จำนวน 12 ถังต่อเครื่อง ใช้ลมร้อน อุณหภูมิ 45 เซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความชื้นลดลงเหลือ 10-13 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการอบ 0.20-0.24 บาทต่อเมล็ดพันธุ์แห้ง 1 กิโลกรัม (กองเกษตรวิศวกรรม : อ้างโดย นิลุบลและละออดาว, 2550) ซึ่งเหมาะกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ในปริมาณมากและมีการลงทุนที่สูง มีการศึกษาวิธีการลดความชื้นแบบอื่นๆ ที่มีต้นทุนต่ำกว่า ได้แก่ การใช้โรงลดความชื้นแสงอาทิตย์ ในพืชสมุนไพร และพืชผักบางชนิด ซึ่งใช้เวลาสั้นและประหยัดพลังงาน มีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์ ลักษณะภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ และความยากง่ายในการสร้างโรงเรือน (อาภรณ์ และธงชัย, 2549) จากการศึกษาชนิดของโครงสร้างโรงเรือนที่มีการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนมากที่สุดคือ แบบหลังคาแนวเอียง และชนิดของโรงเรือนที่มีการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากที่สุดคือ แบบหลังคาโค้ง ที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และจะมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์ความร้อนลดลง (ประพันธ์พงษ์ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ มีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการลดความชื้น คืออายุเก็บเกี่ยว โดยช่วงเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีผลต่อการลดความชื้น โดยปกติการเก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา(ระยะที่ฝักมีสีน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดและมีคุณภาพดีที่สุดและคุณภาพจะลดลงไปหลังจากระยะนี้ แต่เมล็ดจะมีความชื้นสูง(จวงจันทร , 2529) ในทางปฏิบัติจึงนิยมเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักเป็นสีน้ำตาล 95 เปอร์เซ็นต์ (R8) และตากให้แห้งคาแปลง ซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียคุณภาพการเป็นเมล็ดพันธุ์จากสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะความแปรปรวนฝนและอุณหภูมิ

การผลิตเมล็ดพันธุ์ในปริมาณมากมีทางเลือก คือ การใช้เครื่องอบลมร้อนในการลดความชื้น ซึ่งคุณภาพของเมล็ดจะขึ้นกับความชื้นเบื้องต้นของเมล็ดและอุณหภูมิที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งควรใช้อุณหภูมิในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาใช้อุณหภูมิต่ำในการอบหากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงจะได้รับความเสียหาย จากการลดความชื้นอย่างรวดเร็ว (desiccation damage) มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำ การอบโดยใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 45 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดพันธุ์ตาย เสื่อมความงอกและความแข็งแรง ส่วนการใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้ลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองได้ช้า ทำให้เมล็ดเสียหายจากกระบวนการทางชีวเคมี เช่น การหายใจ และทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ อย่างไรก็ตามการอบความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองยังต้องคำนึงถึงชนิดของถั่วอบด้วย เนื่องจากถั่วอบขนาดใหญ่อาจทำให้ชั้นของเมล็ดพันธุ์ในถั่วอบที่หนาเกินไปจะเป็นอุปสรรคในการกระจายความร้อนในถั่วอบ ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ แต่การใช้เครื่องอบที่มีถังอบบรรจุถั่วเหลืองแห้งได้ 1 ตัน จำนวน 12 ถังต่อเครื่อง โดยใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะลดปัญหาดังกล่าวได้ โดยมีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการอบลดความชื้น 0.20-0.24 บาทต่อเมล็ดพันธุ์แห้ง 1 กิโลกรัม (นิลุบล และละออดาว ,2550)

การสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน มีหลายรูปแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ ลักษณะภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ และความยากง่ายในการสร้างโรงเรือน (อาภรณ์ และธงชัย , 2549) จากการศึกษาชนิดของโครงสร้างโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ ด้วยการใช้วิธีคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหลภายในโรงเรือน พบว่า ชนิดของโรงเรือนที่มีการ

ไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนมากที่สุดคือ แบบหลังคาแนวเอียง และชนิดของโรงเรือนที่มีการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากที่สุดคือ แบบหลังคาโค้ง ที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m^2 และจะมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์ความร้อนลดลง (ประพันธ์พงษ์ และคณะ, 2555)

หลักการทางวิชาการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบหลังคาผลิตทางการเกษตรมีรายละเอียดดังนี้

1. สมบัติของวัสดุชื้น (properties of moist materials)

1.1 ความชื้นวัสดุชื้น

วัสดุชื้นประกอบด้วยของแข็ง (Solid material) และความชื้น โดยทั่วไปเป็นน้ำในสถานะของเหลว เราสามารถบอกปริมาณความชื้นของวัสดุในรูปของความชื้นมาตรฐานเปียกหรือมาตรฐานแห้ง ซึ่งความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในการค้า ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งมักใช้ในการคำนวณ

1.1.1 ลักษณะการเกาะตัวของน้ำบนวัสดุชื้น น้ำที่เกาะตัวกับของแข็งในวัสดุชื้นสามารถแบ่งได้ 4

ชนิด คือ น้ำอิสระ (free water) น้ำสารละลาย (solvent water) น้ำที่เกาะตัวโดยแรงแวนเดอร์วาลส์ (water attached with Van de Waal force) และน้ำโมเลกุลเดี่ยว (mono-molecule water) ซึ่งการเกาะของน้ำบนน้ำอิสระจะอยู่ที่ชั้นนอกสุดของผิวของของแข็ง ส่วนการเกาะตัวของน้ำแบบอื่นจะอยู่ถัดลงมาจนถึงการเกาะตัวของน้ำแบบโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งอยู่บริเวณผิวสัมผัสของของแข็ง และพบว่าในการแยกน้ำแบบอิสระจะใช้พลังงานน้อยที่สุด ส่วนน้ำแบบโมเลกุลเดี่ยวจะใช้พลังงานในการแยกน้ำออกจากวัสดุชื้นมากที่สุด

1.1.2 ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) วัสดุชื้นจะมีการรับและดูดความชื้นจากอากาศรอบ ๆ จนกระทั่งความชื้นมีค่าคงที่หรืออยู่ในสภาวะสมดุลกับอากาศแวดล้อม เรียกความชื้นนี้ว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) ความชื้นสมดุลจะขึ้นกับธรรมชาติของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งสามารถหาได้โดยการทดลอง โดยทั่วไปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่ จะเรียกว่า sorption isotherm ของผลผลิตการเกษตรส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นกราฟรูป sigmoid (Sodha M.S., 1987)

1.2 ความร้อนแฝง (Latent heat) ความร้อนแฝง คือปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุชื้นซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดและความชื้นของวัสดุ นอกจากนั้นมีสมบัติความร้อนอื่น ๆ ของวัสดุชื้นที่มีผลต่อการออกแบบ เช่น ความร้อนจำเพาะ (specific heat) สภาพนำความร้อน (heat conductivity) สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (convective heat transfer coefficient) และพื้นที่ผิวต่อปริมาตรวัตถุ เป็นต้น

2. สมบัติของอากาศชื้น (Properties of moist air)

อากาศซึ่งใช้เป็นตัวกลางในการพาความร้อน ไปสู่วัสดุชื้นและพาความชื้นจากวัสดุนั้นออกมาภายนอก จะประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยแปด 7 ตัว ดังนี้ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{ab}) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew-point temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, rh) ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute humidity) หรืออัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) เอนทัลปี (Enthalpy) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะสมในอากาศชื้น และปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) เป็นปริมาตรอากาศชื้นต่อน้ำหนักอากาศแห้ง (Sodha M.S., 1987) ในกระบวนการอบแห้งอากาศชื้นและสมบัติของอากาศจะเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศจะลดลงเข้าหาอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ในขณะที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะมีค่าคงที่เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยไม่มีการเพิ่มหรือลดปริมาณไอน้ำ อัตราส่วนความชื้นจะมีค่าคงที่ ถ้านำอากาศร้อนนี้ไปใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะแห้งจะลดลง และความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอากาศถ่ายเทความร้อนกับวัสดุชื้นและรับความชื้นจากวัตถุ

3. ทฤษฎีการอบแห้ง เป็นการแยกน้ำออกจากวัสดุชื้น (moist material) โดยการให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอโดยอาศัยความร้อน สำหรับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรมักเป็นการอบแห้งแบบการพาความร้อน

(convective drying) โดยเป่าอากาศร้อนผ่านผลิตภัณฑ์เป็นวัตถุดิบ ความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทไปยังวัตถุ ทำให้วัตถุดิบแห้งขึ้น ทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในวัตถุดิบจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและระเหยออกมา การถ่ายเทมวลของน้ำจากวัตถุดิบไปยังอากาศจะหยุดเมื่อความดันไอน้ำที่ผิววัตถุเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศ ส่วนตัวอย่างการเคลื่อนตัวของน้ำจากภายในวัตถุดิบออกมาที่ผิว ได้แก่ การแพร่(diffusion) การไหลจากความดันออสโมติก(Osmotic pressure) เป็นต้น

4. ผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อการอบแห้ง ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการลดลงของความชื้นของวัตถุ ได้แก่

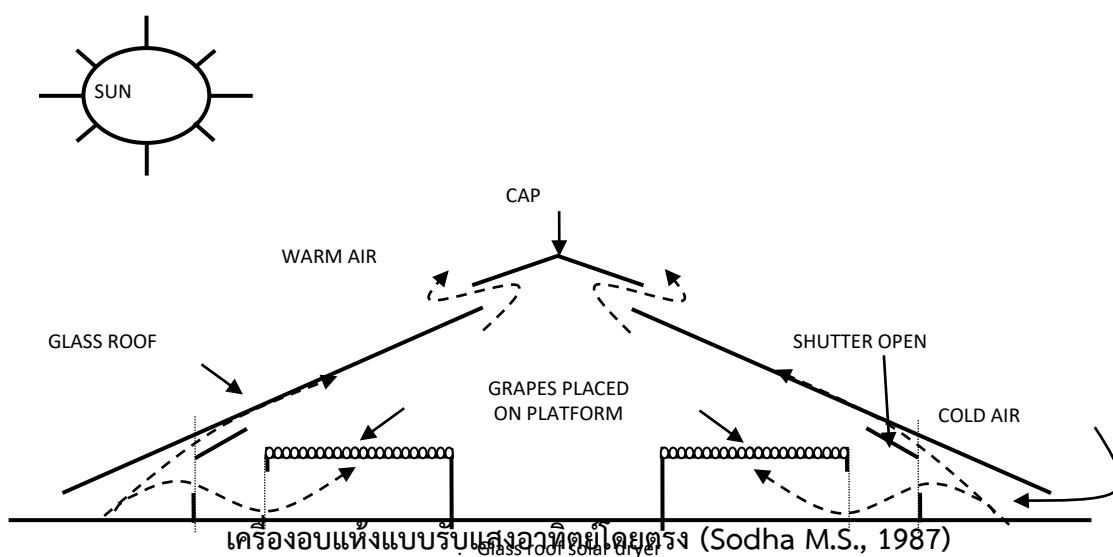
4.1 อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าสูง อัตราการแห้ง(Drying rate) จะมีค่าสูงกว่ากรณีของอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ

4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะสามารถรับความชื้นที่ถ่ายเทจากวัตถุดิบได้มากกว่าอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

4.3 ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านวัตถุดิบ ถ้าความเร็วอากาศมีค่าสูง ความชื้นจากวัตถุดิบจะถ่ายเทออกมาสู่อากาศได้ดีกว่ากรณีอากาศที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

5. ประเภทของการอบแห้ง แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การอบแห้งชั้นบาง(Thin layer drying) การอบแห้งแบบนี้ วัตถุดิบจะเรียงเป็นชั้นบาง ๆ หรือเพียงหนึ่งชั้นของเมล็ดพืชกรณีที่อบแห้งเมล็ดพืช ส่วนการอบแห้งชั้นหนา(deep bed drying) เป็นการอบแห้งที่วัตถุดิบซ้อนกันหลายชั้น ตัวอย่าง เช่น การอบแห้งข้าว ในเครื่องอบแห้งแบบใช้อากาศแวดล้อม (in-bed drying) ในการคำนวณการลดลงของความชื้นในเครื่องอบแห้ง

6. การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar drying) เป็นการลดความชื้นผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะอาศัยการพาความร้อน (Conventional heat transfer) แบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบการไหลตามธรรมชาติ (Natural convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการนำพาความร้อน และแบบการไหลเป็นการบังคับอากาศ(Forced-convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการนำพาความร้อน นอกจากนี้ยังอาจแบ่งชนิดของการอบแห้งหรือลดความชื้น ตามวิธีการรับรังสี สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบการรับรังสีโดยตรง (direct) แบบการรับรังสีโดยอ้อม (indirect) และแบบผสม(direct- indirect)



เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural convection solar dryer) และรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงนี้ รังสีอาทิตย์จะตกลงบนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง โดยตรง ความชื้นจากผลิตภัณฑ์จะถูกพาขึ้น

ไปด้านบน โดยการไหลของอากาศที่เกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ รังสีอาทิตย์จะส่งผ่านวัสดุโปร่งแสง ซึ่งอาจเป็นพลาสติกหรือกระจก แผ่นโปร่งแสงดังกล่าว ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน โดยการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ทั้งยังป้องกันฝุ่นละออง ฝน เป็นต้น

จากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีปริมาณมาก และขาดเครื่องอบที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นถั่วเหลือง เพื่อปรับสภาพความชื้นก่อนเข้าเครื่องนวดเมล็ดพันธุ์ จึงได้ทำการศึกษาชนิดของโรงตากลดความชื้นเมล็ดที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในขั้นตอนการสร้างเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่อไป

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา

Lutz and et. al (1989) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ขึ้นเพื่อใช้ในการอบแห้งสมุนไพร เครื่องอบแห้งนี้คลุมหลังคาด้วยแผ่นพลาสติก และสามารถใช้งานได้ 5 ปี โดยโครงสร้างจะแบ่งเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนได้ติดตั้งพัดลมเพื่อทำให้อากาศภายในเกิดการไหลเวียน เครื่องอบมีขนาด 4x5 ตารางเมตร และมีความยาวตามความเหมาะสมในการใช้งาน นอกจาก Kammruddin and et. Al (1996) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกรีนเฮาส์ โดยใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสงขึ้นสองรูปแบบ คือ แบบที่มีแผงดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ และแบบไม่มีแผงดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ และได้ทำการทดลองอบแห้งกับกาแฟ โกโก้ เมล็ดวานิลลา ซึ่งพบว่าเครื่องอบดังกล่าวสามารถใช้ลดความชื้นได้ดีและคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ โดยเครื่องอบแบบที่มีแผงดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์มีราคาเครื่องที่สูงกว่า และเครื่องอบดังกล่าวนี้มีพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ 107 ตารางเมตร สามารถอบกาแฟได้ปริมาณมากถึง 1.1 ตันจากความชื้น 63.2 % เมื่ออบเสร็จเมล็ดกาแฟมีความชื้นเหลือ 11.3% และมีอัตราการไหล 0.57 กิโลกรัมต่อวินาที kurlu and et. al (2003) ได้ออกแบบและสร้างแบบอุโมงค์แบบกรีนเฮาส์โดยใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสงและหนา 0.2 มิลลิเมตร มีพื้นที่รวม 15 ตารางเมตรซึ่งพื้นบรรจุด้วย rock bed เพื่อดูดกลืนและสะสมพลังงานแสงอาทิตย์แล้วคายความร้อน เครื่องอบแบบอุโมงค์นี้มีพัดลม 1.1 กิโลวัตต์ และมีอัตราการไหล 1,100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในได้ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 10 องศาเซลเซียส ในช่วงเย็น และรับรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบมีประสิทธิภาพ 34% Janjai and et. al. (2006) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งกรีนเฮาส์โดยโครงสร้างรูปทรงพาราโบลา และปิดคลุมทุกด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 12 วัตต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร มีอัตราการไหล 90 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดูดความชื้นภายในเครื่องอบออกมาภายนอก เครื่องอบมีพื้นที่ฐานขนาด 2x5 ตารางเมตร สูง 2.5 เมตร พื้นบรรจุด้วย rock bed เพื่อดูดกลืนและสะสมพลังงานแสงอาทิตย์แล้วคายความร้อน นิรุช (2549) ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของพัดลมระบายอากาศจากด้านหน้าไปอยู่ด้านหลังของเครื่องอบเพื่อลดรอยรั่วของอากาศ ทำการทดสอบการอบแห้งกล้วยน้ำว้าสด 100 กิโลกรัม ที่ความชื้น 70 % พบว่า อุณหภูมิของอากาศภายในมีค่า 40-60 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 8.00-17.00 นาฬิกา ในวันท้องฟ้าแจ่มใส ใช้เวลาอบแห้ง 4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งตามธรรมชาติต้องใช้เวลา 6-7 วัน

7.วิธีดำเนินการ

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

- 1.ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

2.โรงตากเมล็ดพันธุ์พลังงานแสงอาทิตย์ทรงหลังคาหน้าจั่ว และทรงหลังโค้ง ชั้นตากเมล็ดพันธุ์แบบยกพื้น และลานตาก

3.อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง เช่น เชือก ถูตาข่าย ป้าย

4.สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12

5.เครื่องหยอดเมล็ดพืช และเครื่องนวดเมล็ดพันธุ์

6.อุปกรณ์ที่ใช้ในโรงตากเมล็ดพันธุ์พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ data logger พัดลมระบายอากาศ และแผงโซลาเซลล์ ขนาด 12 โวลท์ และนาฬิกา

7.ตูบเมล็ดพืช เครื่องวัดความชื้น ตู้เพาะความงอก

8.อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น กระดาษเพาะ ป้าย ถาดนับเมล็ด ถูกระดาษ ทราย กล้องพลาสติก

แบบและวิธีการทดลอง

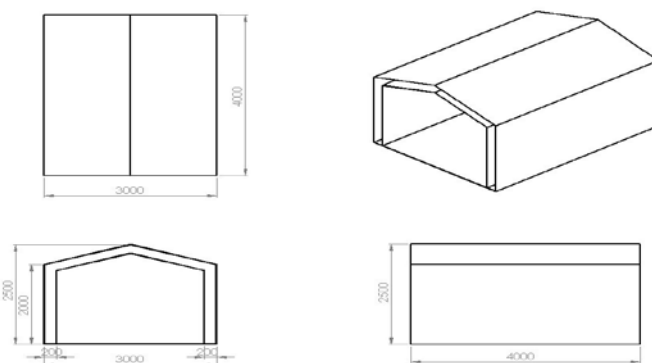
1.ในระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ดำเนินงานแบบไม่มีแผนการทดลอง กรรมวิธี คือ ชนิดของโรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์ มี 4 แบบ คือ แบบที่ 1 โรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาหน้าจั่ว แบบที่ 2 โรงตากลดความชื้นพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาทรงโค้ง แบบที่ 3 การตากเมล็ดพันธุ์แบบยกพื้น และแบบที่ 4 การตากเมล็ดพันธุ์บนลานตากพื้นปูนซีเมนต์

2.ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากโรงตาก มีจำนวน 3 การทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ กรรมวิธี คือ อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ 0 2 4 6 8 และ 10 เดือน

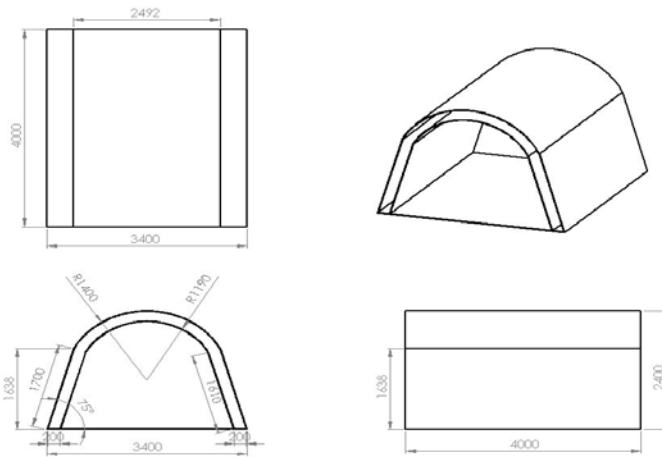
วิธีปฏิบัติการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมโรงตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พลังงานแสงอาทิตย์

ดำเนินการสร้างโรงตาก 2 รูปแบบและเตรียมลานตากแบบปรกติ โดยโรงตาก แบบที่ 1 มีหลังคาแบบหน้าจั่ว และแบบที่ 2 มีหลังคาทรงโค้งขนาดของโรงตาก $3.0 \times 4.0 \times 2.5$ เมตร ประกอบด้วยหลังคาจำนวน 2 ชั้น เพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงตากให้ไม่เกิน 50°C มีผนัง หลังคาปิดคลุมหลังคาด้วยพลาสติกใสหนา 200 ไมครอน ด้านหน้าโรงตากมีประตูสำหรับปิด-เปิด เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงตาก มีทางเดินตรงกลางกว้าง 1 เมตร ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ data logger พัดลมระบายอากาศ และแผงโซลาเซลล์ ขนาด 12 โวลท์ มีชั้นวางเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายในโรงเรือนยกสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร ขนานยาวทั้ง 2 ด้านของโรงตาก โรงตากทั้ง 3 แบบมีพื้นที่วางเมล็ดพันธุ์รวม $1 \times 4 \times 0.05$ เมตร



รูปแบบที่ 1 โรงตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบหลังคาหน้าจั่ว



รูปแบบที่ 2 โรงตากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบหลังคาทรงโค้ง

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 จากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ ที่มีการปลูกและดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ตากและนวดด้วยเครื่องนวดเมล็ดพันธุ์ ที่ความเร็วรอบ 350-500 รอบต่อนาที จากนั้นตรวจสอบความชื้น และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ไปวางบนชั้นวางในโรงตากลดความชื้นทั้ง 4 แบบให้มีปริมาตรเท่ากัน คือ 7.5x4x0.05 เมตร บันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงตาก ตลอดระยะเวลาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ โดยใช้ data logger ทุก 10 นาทีจนกว่าจะลดความชื้นให้เหลือ 12 เปอร์เซ็นต์ บันทึกระยะเวลาในการลดความชื้นในแต่ละโรงตาก จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไปตรวจสอบความงอกและความแข็งแรง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดเสีย และเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ละ 30 กิโลกรัมต่อซ้ำ บรรจุใส่ถุงพลาสติกใส นำไปเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 20 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 66-67 เปอร์เซ็นต์) สุ่มวัดคุณภาพทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน

การบันทึกข้อมูล

1. วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 % และวันเก็บเกี่ยว
2. ปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ทั้งก่อน และหลังการลดความชื้น
3. ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากลดความชื้นเมล็ด
4. ระยะเวลาการลดความชื้นเมล็ดต่อครั้ง
5. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ ความงอก ความแข็งแรง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดเสียหลังการนวด ก่อนและหลังการการเกรต และอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน
6. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก

เวลาและสถานที่ 1 ตุลาคม 2559 สิ้นสุด 30 กันยายน 2560 รวม 2 ปี และดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบครั้งที่ 1

จากการทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ด้วยโรงตากของหลังคาหน้าจั่ว พบว่า การทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงตากสำหรับผึ่งลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า การนำเมล็ด

พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงมาพึ่งเมล็ดในโรงตาก อุณหภูมิภายในโรงตากที่สามารถเพิ่มได้มากกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถไล่ความชื้นออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ดี และถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ก็สามารถทำได้ ด้วยการใช้เพิ่มจำนวนพัดลม เพื่อช่วยดึงความร้อนและความชื้นออกจากกองเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการลดความชื้นวัสดุได้เร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำการปรับแก้รูปแบบ โรงตากหลังคาจั่วที่ เพื่อแก้ไขปัญหามันภายในโรงตากที่สูง ซึ่งจำเป็นต้องการรื้อถอนและประกอบโรงตากใหม่ ด้วยการเพิ่มฝ้าผนังภายในโรงตาก ชั้นที่ 2 เพื่อเกิดช่องว่างระหว่างผนังสำหรับการระบายอากาศและการไหลเวียนอากาศร้อนภายในโรงตาก พร้อมกับติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มเติม และคาดว่าจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงตากอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (รูปภาพที่ 1)

ส่วนการศึกษาอุณหภูมิการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเบื้องต้นด้วยโรงตากแบบหลังคาจั่ว เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การงอก โดยทดสอบอุณหภูมิที่ 38-42 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อทำการลดความชื้นในช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นค่าความชื้นเฉลี่ยของถั่วเหลืองในแต่ละอุณหภูมิมีค่าลดลง และมีความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นในแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 1 ใช้เวลาในการลดความชื้น 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 38, 40 และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าความชื้นเฉลี่ยของถั่วเหลืองลดลงเท่ากับ $11.50 \% \pm 0.26$, $9.67 \% \pm 0.11$ และ $12.20 \% \pm 0.70$ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด 5.9 % (รูปภาพที่ 2)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกและช่วงเวลาของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเสียงใหม่ 60 โดยลดความชื้นที่เวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง และนำไปทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอก พบว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์เสียงใหม่ 60 ที่ลดความชื้นเมล็ดในระดับอุณหภูมิ 38-42 องศาเซลเซียส ทุกช่วงเวลาการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความงอกสูง ระหว่าง 98-99 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 3)

การทดสอบครั้งที่ 2

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์หลังคาจั่ว และทรงโค้ง การตากด้วยชั้นตะแกรงเหล็ก เปรียบเทียบกับกับกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งทำการทดสอบที่สถานีแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (พร้าว) อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลืองฤดูฝน ระหว่างวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

จากการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยในโรงตากแบบหลังคาหน้าจั่ว ดำเนินการทดสอบในวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 30.10-45.60 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 30.10 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 45.60 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 นาฬิกา อุณหภูมิของเมล็ดเฉลี่ย เท่ากับ 40.85 องศาเซลเซียส และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสม เท่ากับ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 16.00 นาฬิกา โดยมีอัตราของความชื้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความชื้นที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 0.71 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 4)

การทดสอบอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยในโรงตากแบบหลังคาทรงโค้ง ดำเนินการทดสอบในวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 31.10-45.70 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 30.10 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 45.70 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 นาฬิกา อุณหภูมิของเมล็ดเฉลี่ย เท่ากับ 40.79 องศาเซลเซียส และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสม

เท่ากับ 12.50 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 15.00 นาฬิกา โดยมีอัตราของความขึ้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความขึ้นที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 0.97 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 5)

การทดสอบอุณหภูมิและความขึ้นของเมล็ดถั่วเหลือง ระหว่างการลดความขึ้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยการตากบนชั้นตะแกรงเหล็ก ดำเนินการทดสอบใน 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 30.10-41.10 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 30.10 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 41.10 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 นาฬิกา อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 37.09 องศาเซลเซียส และความขึ้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสม เท่ากับ 12.30 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 16.00 นาฬิกา โดยมีอัตราของความขึ้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความขึ้นที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 0.89 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 6)

การทดสอบอุณหภูมิและความขึ้นของเมล็ดถั่วเหลือง ระหว่างการลดความขึ้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ ดำเนินการทดสอบช่วงวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 28.20-41.80 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 37.32 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 41.80 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 นาฬิกา อุณหภูมิของเมล็ดเฉลี่ย เท่ากับ 37.32 องศาเซลเซียส และความขึ้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสม เท่ากับ 12.10 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 12.00 นาฬิกา ในวันที่ 2 ของการลดความขึ้น โดยมีอัตราของความขึ้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความขึ้นที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7)

การทดสอบอุณหภูมิและความขึ้นสัมพัทธ์ภายในโรงตาก

จากการทดสอบอุณหภูมิและความขึ้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว ระหว่างการลดความขึ้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า อุณหภูมิชั้นบนของโรงตาก ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 36.80 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 51.90 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 14.00 นาฬิกา อุณหภูมิชั้นบนของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 47.60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)

อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตาก ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 35.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 49.00 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 14.00 นาฬิกา อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 45.68 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)

อุณหภูมิขเหนือกองถั่วเหลือง ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 27.9 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.30 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 14.00 นาฬิกา อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 35.94 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)

ความขึ้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากหลังคาหน้าจั่ว อยู่ระหว่าง 77-39 เปอร์เซ็นต์ โดยโรงตากมีความขึ้นสัมพัทธ์เริ่มต้น เท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 9.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นช่วงที่มีความขึ้นสัมพัทธ์สูงสุด และโรงตากมีความขึ้นสัมพัทธ์ต่ำสุด เท่ากับ 39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 15.00 นาฬิกา ความขึ้นสัมพัทธ์ของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 51.73 เปอร์เซ็นต์ จากเส้นแนวโน้มแสดงให้เห็นว่า ความขึ้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มที่ลดลง และมีทิศทางผกผันกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ที่ R^2 เท่ากับ 0.83 (ภาพที่ 8) ความขึ้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีอัตราความขึ้นเมล็ดที่ลดลงสอดคล้องกัน (ภาพที่ 4)

ส่วนการทดสอบอุณหภูมิและความขึ้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากหลังคาทรงโค้ง ระหว่างการลดความขึ้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า อุณหภูมิชั้นบนของโรงตาก ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 34.8 องศา

เซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที และเมื่อเวลา 15.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 50.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิชั้นบนของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 44.95 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 9)

อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตาก ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 34.00 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 48.00 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 15.00 นาฬิกา อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 43.59 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 9)

อุณหภูมิเหนือกองถั่วเหลือง ที่เวลา 9.00 นาฬิกา มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 28.90 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 20 นาที อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 39.40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 15.00 นาฬิกา อุณหภูมิชั้นล่างของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 35.53 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 9)

ความสัมพันธ์ภายในโรงตากหลังคาโค้ง อยู่ระหว่าง 67.00-33.00 เปอร์เซ็นต์ โดยโรงตากมีความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้น เท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 9.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด และโรงตากมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด เท่ากับ 39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 15.00 นาฬิกา ความชื้นสัมพัทธ์ของโรงตากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 46.41 เปอร์เซ็นต์ จากเส้นแนวโน้มแสดงให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มที่ลดลง และมีทิศทางผกผันกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ที่ R^2 เท่ากับ 0.81 (ภาพที่ 9) ซึ่งความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองก็มีอัตราความชื้นเมล็ดที่ลดลงสอดคล้องกัน (ภาพที่ 5)

การศึกษาข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการลดความชื้นเมล็ดภายนอกโรงตาก

จากการศึกษาข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมภายนอกโรงตาก ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของและตากบนพื้นปูนซีเมนต์ ที่ดำเนินการทดสอบ ระหว่างวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีทิศทางผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีแนวโน้มที่ลดลง

การตากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยตะแกรงเหล็ก ซึ่งดำเนินการทดสอบในวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22.50-36.80 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 22.50 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 36.80 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 16.00 นาฬิกา อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 31.63 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงสุด เท่ากับ 96.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ ที่เวลา 9.00 นาฬิกา และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำสุด เท่ากับ 38.00 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราของความชื้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 8.29 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 10)

ส่วนการตากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองบนพื้นปูนซีเมนต์ ซึ่งดำเนินการทดสอบในวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 เป็นเวลา 2 วัน พบว่า อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22.30-37.00 องศาเซลเซียส โดยเวลา 9 นาฬิกา อุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 22.50 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 36.80 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 16.00 นาฬิกา อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 29.11 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงสุด เท่ากับ 96.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ ที่เวลา 9.00 นาฬิกา และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำสุด เท่ากับ 33.00 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราของความชื้นที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง สัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และอัตราของความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงเฉลี่ย เท่ากับ 11.31 เปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 10)

การประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

จากการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เกี่ยวกับความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง จากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยกรรมวิธีต่างๆ พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 83.80-89.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นความงอกที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว มีค่าความงอกที่สูงที่สุด เท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงโค้ง และการตากด้วยตะแกรงเหล็ก มีค่าความงอกสูงไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 88.5 และ 87.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ มีค่าความงอกน้อยที่สุด เท่ากับ 83.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 87.5-90.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว การตากด้วยตะแกรงเหล็ก และการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ มีค่าความแข็งแรงสูงสุด เท่ากับ 90.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงโค้ง มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด เท่ากับ 87.5 (ตารางที่ 1)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองครั้งที่ 1 จากการทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ด้วยโรงตากของหลังคาหน้าจั่ว พบว่า สรุปผลการทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงตากสำหรับฝั่มลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า การนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงมาฝั่มในโรงตาก อุณหภูมิภายในโรงตากที่สามารถเพิ่มได้มากกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถไล่ความชื้นออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ดี และถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ไม่ใหเกิน 40-42 องศาเซลเซียส ก็สามารถทำได้ ด้วยการใช้เพิ่มจำนวนพัดลม เพื่อช่วยดึงความร้อนและความชื้นออกจากกองเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการลดความชื้นวัสดุได้เร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำการปรับแก้รูปแบบ โรงตากหลังคาจั่วที่ เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษภายในโรงตากที่สูงซึ่งจำเป็นต้องการรื้อถอนและประกอบโรงตากใหม่ ด้วยการเพิ่มฝ้าผนังภายในโรงตาก ชั้นที่ 2 เพื่อเกิดช่องว่างระหว่างผนังสำหรับใช้ในการระบายอากาศและการไหลเวียนอากาศร้อนภายในโรงตาก พร้อมกับติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มเติม ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงตากอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลการทดลองครั้งที่ 2 จากการทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์หลังคาจั่ว และทรงโค้ง การตากด้วยชั้นตะแกรงเหล็ก เปรียบเทียบกับกับกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งทำการทดสอบที่สถานีแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (พร้าว)อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลืองฤดูฝน ระหว่างวันที่ 18-19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยในโรงตากแบบหลังคาหน้าจั่ว โรงตากแบบหลังคาทรงโค้ง และการตากด้วยตะแกรงเหล็ก สามารถลดความชื้นเมล็ดที่เหมาะสม 12 เปอร์เซ็นต์ ได้ภายใน 1 วัน ส่วนการลดความชื้นด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ ต้องใช้เวลาประมาณ 2 วัน ซึ่งการลดความชื้นทุกกรรมวิธี มีอุณหภูมิของเมล็ดเฉลี่ยสูงไม่เกิน 40-42 องศาเซลเซียส ได้แก่ 40.85 40.79 37.09 และ 37.32 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดลงแต่ละชั่วโมง เท่ากับ 0.71 0.97 0.89 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากงานวิจัยของกระทรวงพลังงาน (ปี 2550) พบว่า กระจายความร้อนของโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาทรงพาราโบลา หรือหลังคาทรงโค้ง มีการกระจายความร้อนที่สม่ำเสมอว่าโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาหน้าจั่ว เนื่องจากมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์กับหลังคาทรงโค้ง สามารถรับแสงได้ตลอดวัน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาพาราโบลามีค่าคงที่ และการลดความชื้นของวัตถุดิบมีความสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการอบ (ภาพที่ 4-10)

เมื่อทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว มีค่าความงอกที่สูงที่สุด เท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงโค้ง และการตากด้วยตะแกรงเหล็ก มีค่าความงอกสูงไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 88.5 และ 87.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ มีค่าความงอกน้อยที่สุด เท่ากับ 83.8 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของทั้ง 4 กรรมวิธี อยู่ระหว่าง 87.5-90.30 เปอร์เซ็นต์ การลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว การตากด้วยตะแกรงเหล็ก และการตากบนพื้นปูนซีเมนต์ มีค่าความแข็งแรงที่สูงที่สุด เท่ากับ 90.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดความชื้นด้วยโรงตากหลังคาทรงโค้ง มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด เท่ากับ 87.5 เปอร์เซ็นต์ ถึงอย่างไรก็ตาม ทั้งค่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 1)

จากการผลการทดสอบความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในโรงตาก และอุณหภูมิในเมล็ดถั่วเหลือง พบว่า โรงตากทั้ง 2 แบบ มีอุณหภูมิของโรงตาก และอุณหภูมิของเมล็ดถั่วเหลืองมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกัน ช่วงอุณหภูมิของโรงตากเมล็ดพันธุ์หลังคาโค้งทั้งอุณหภูมิของเมล็ดและภายในโรงตาก มีช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าโรงตากเมล็ดหลังคาหน้าจั่ว โดยช่วงอุณหภูมิของโรงตากเมล็ดพันธุ์หลังคาโค้ง ในระดับอุณหภูมิเหนือกองถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 28.90-39.40 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงอุณหภูมิของโรงตากเมล็ดหลังคาหน้าจั่ว มีอุณหภูมิเหนือกองถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 27.90-39.30 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8-9)

ช่วงอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากโรงตากเมล็ดพันธุ์หลังคาโค้ง มีช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าโรงตากเมล็ดหลังคาหน้าจั่ว ช่วงอยู่ระหว่าง 31.10-45.70 องศาเซลเซียส กับ 30.10-45.60 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่สูงแตกต่างกัน 1 องศาเซลเซียส อาจส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้ของโรงตากหลังคาโค้งให้มีความน้อยกว่าได้ (ภาพที่ 4-5) และหากสังเกตผนังด้านข้างชั้นในของโรงตากหลังคาจั่วมีสีเข้ม ลดโอกาสที่แสงอาทิตย์ทะลุผ่าน และตกกระทบโดยตรงกับเมล็ดถั่วเหลือง อาจมีผลให้อุณหภูมิของเมล็ดถั่วเหลืองไม่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผนังของโรงตากหลังคาโค้งที่ใสทุกด้าน ทำให้ได้รับแสงอาทิตย์ และการสะสมอุณหภูมิที่นาน และมากกว่าโรงตากหลังคาจั่ว ดังนั้นในการพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงตากในครั้งต่อไป ควรศึกษาถึงความเข้มสีของผนังโรงตาก หรือความทึบแสง เพื่อการรักษาและควบคุมอุณหภูมิทั้งภายในโรงตากและเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นักวิชาการที่เกี่ยวข้องได้ข้อมูลเบื้องต้นและดำเนินการวิจัยพัฒนาต่อไปในปี 2561

11. คำขอขอบคุณ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความร่วมมือ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และความช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน จากบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ นายสนอง อมฤกษ์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ และ นายประพัฒน์ ทองจันทร์ ตำแหน่ง นายช่างเครื่องกลชำนาญงาน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม เชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษางานวิจัย ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อชี้แนะ ร่วมปฏิบัติงานวิจัยในการสร้างออกแบบโครงสร้างต่างๆ ให้ความช่วยเหลือต่างๆ รวมทั้งอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือในการปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาการทำงานโครงการ

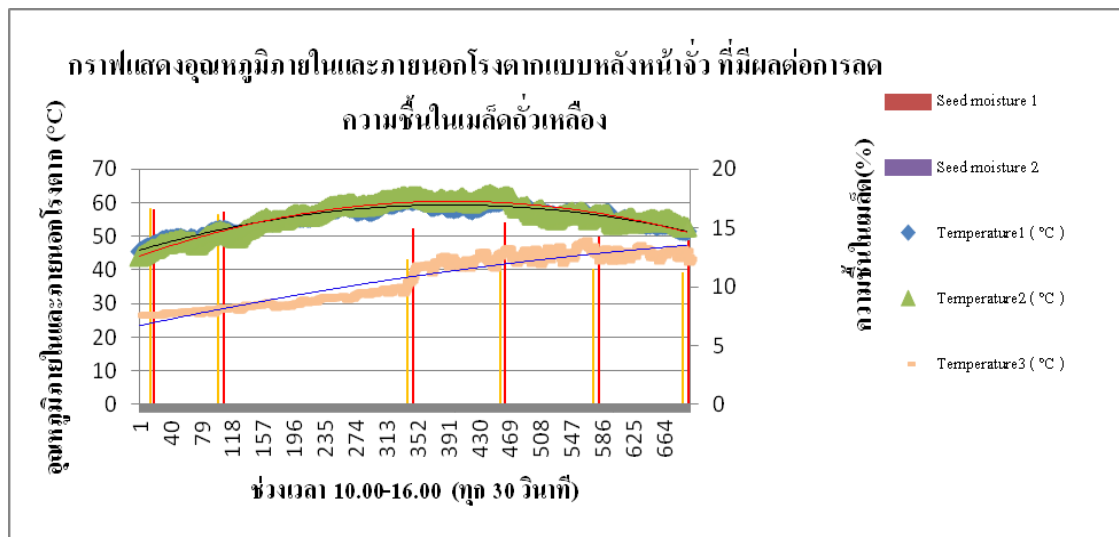
ขอขอบพระคุณ นายสุทัต ปินตาเสน ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือในการปฏิบัติงานในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นักวิชาการและศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ สำหรับทำงานวิจัยครั้งนี้

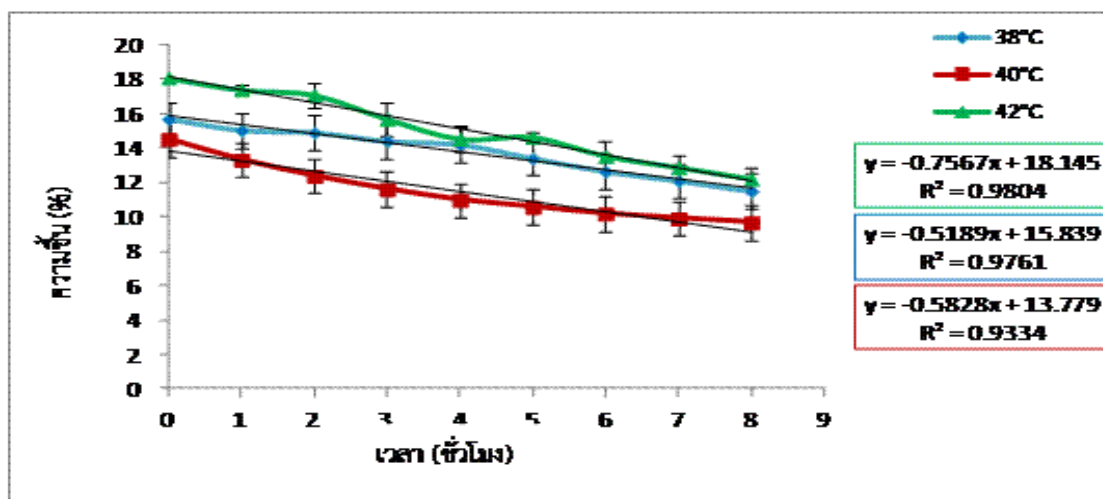
12.เอกสารอ้างอิง

- จวงจันทร ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ :210 หน้า
- นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528.การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 316 หน้า.
- นิรุธ ลำเลิศ, 2549. วิทยานิพนธ์เรื่องการปรับปรุงสมรรถนะและพัฒนาแบบจำลองการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต. สาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยศิลปากร
- นิลุบล ทวีกุล และละอองดาว แสงหล้า, 2550. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- ประพันธ์พงษ์ สมศิลา อำไพศักดิ์ ทีบุญมา ประทีป ตุ่มทอง สุรียา อุดด้วง และมานะ วิชางาม. 2555. ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43: 3 (พิเศษ): 212-215(2555)
- วิบูลย์ เทเพนท์.(2 กุมภาพันธ์ 2557). เครื่องอบความชื้นเมล็ดพืช.(Online) Available URL:http://www.doa.go.th/aeri/files/_/vb_grain%20dryer.pdf
- อนุสร เวชสิทธิ์. 2534. เครื่องนวดถั่วเหลืองใช้ระบบชนิดเดียวกับเครื่องนวดข้าว ซึ่งพัฒนาโดยเพื่อนนวดถั่วเหลือง : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- อาภรณ์ ศรีสระคู และธงชัย ฟองสมุทร. 2549. การจำลองการอบแห้งลำไยโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายทอดผลงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน. วันที่ 6-7 เมษายน 2549 โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
- Sodha, M.S., 1978. Solar Crop Drying. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Janjai, S. And Kaepersert, T. Design and performance of a solar tunnel dryer with a polycarbonate cover. Internation Energy Journal 7, pp. 187-194, 2006
- Lutz, K. Muhlbauer, W., Muller, J., Reisinger, G., 1987. Development of Multi-purpose solar crop dryer for arid zones. Solar Wind Technology 4, 417-424.

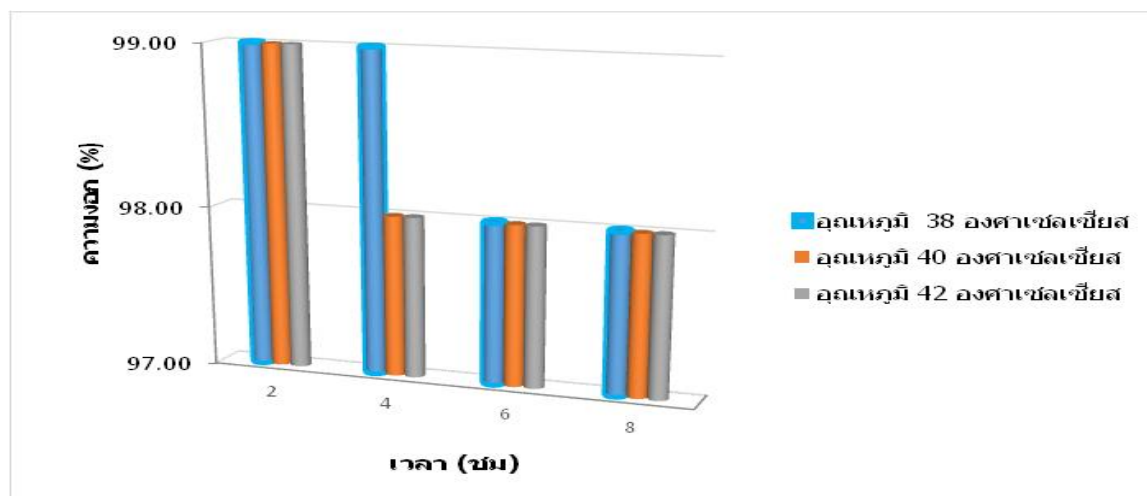
13. ภาคผนวก



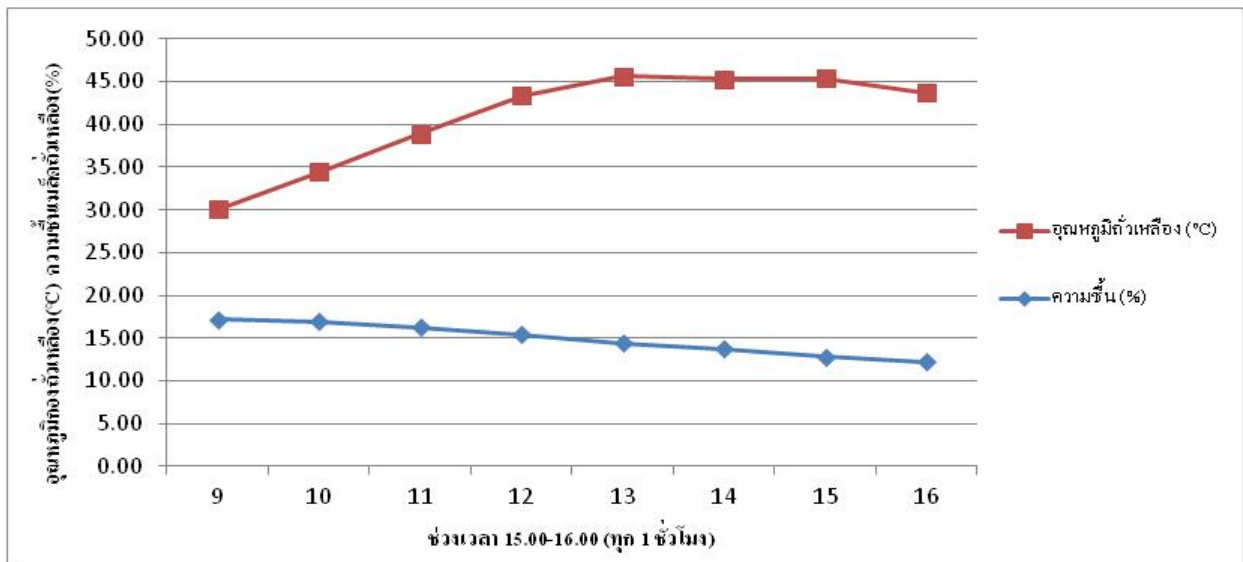
ภาพที่ 1 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงตากแบบหลังคาหน้าจั่ว ที่มีผลต่อการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง



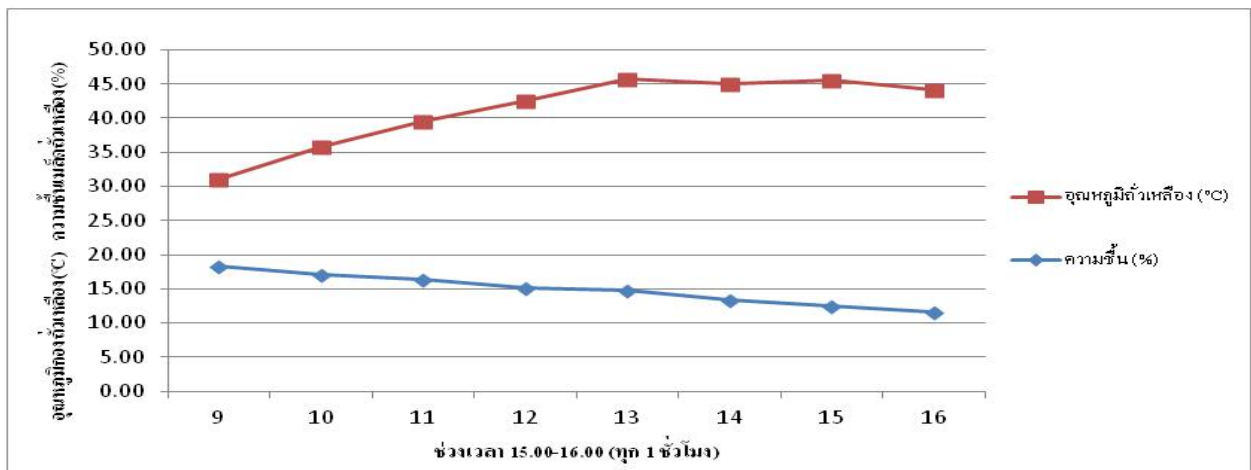
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ชม60 และระยะเวลาในการอบที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ



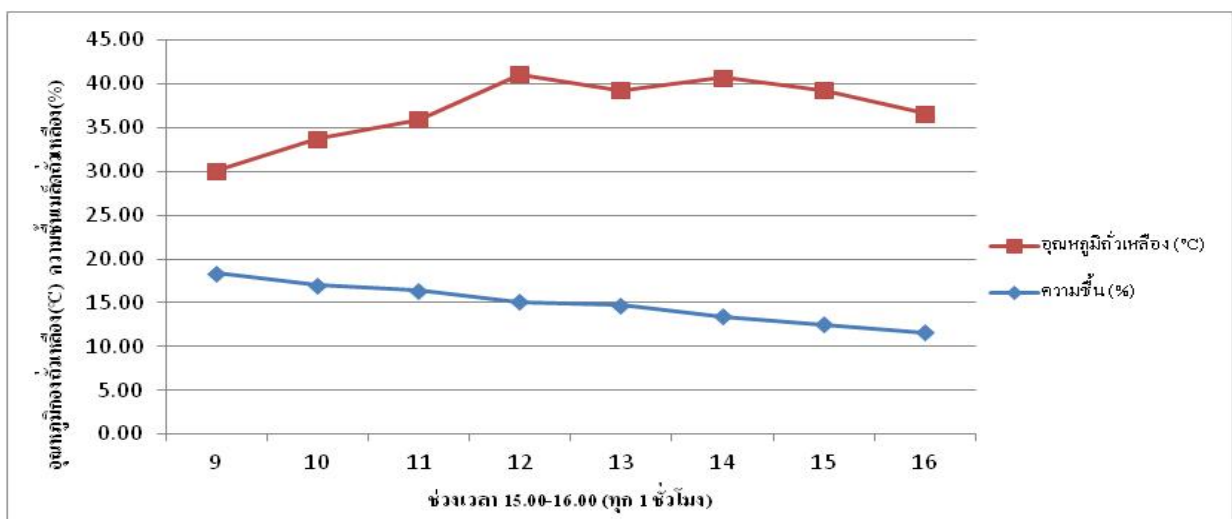
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกและช่วงเวลาของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60



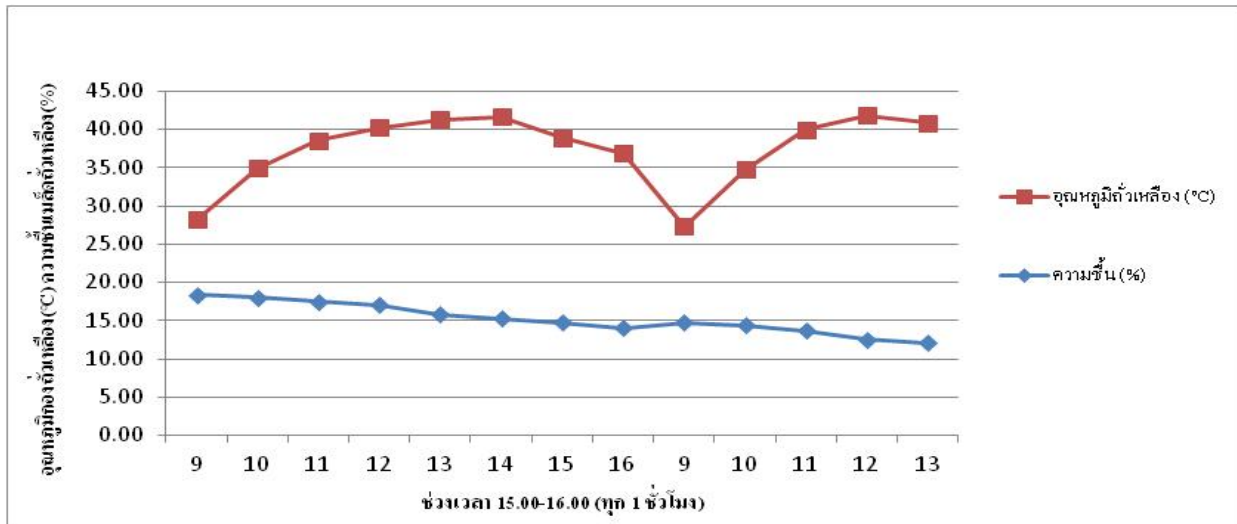
ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดข้าวเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองด้วยในโรงตากแบบหลังคาหน้าจั่ว



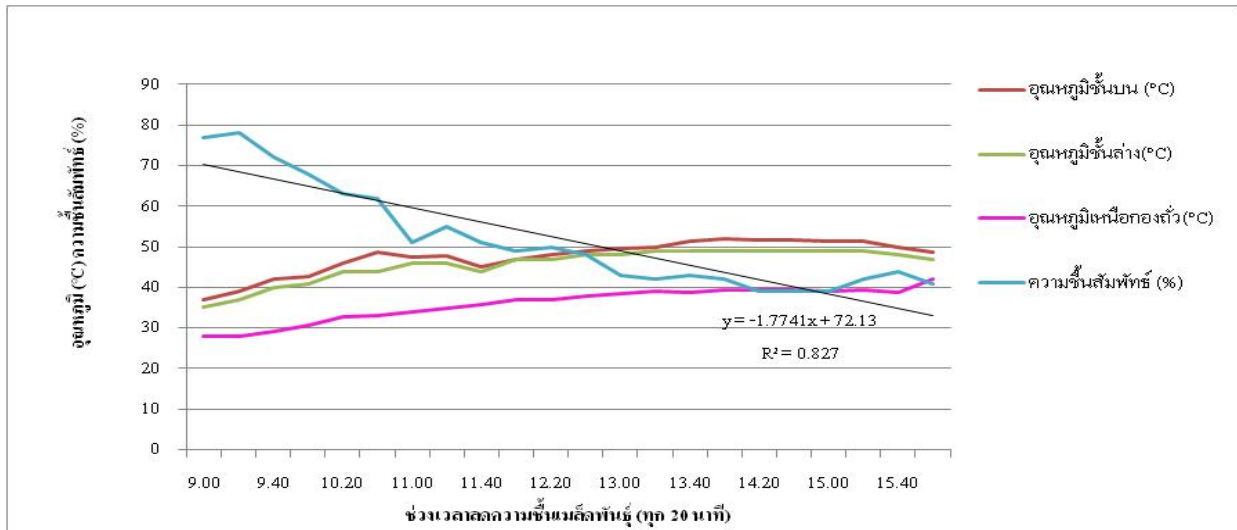
ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดข้าวเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองด้วยในโรงตากแบบหลังคาทรงโค้ง



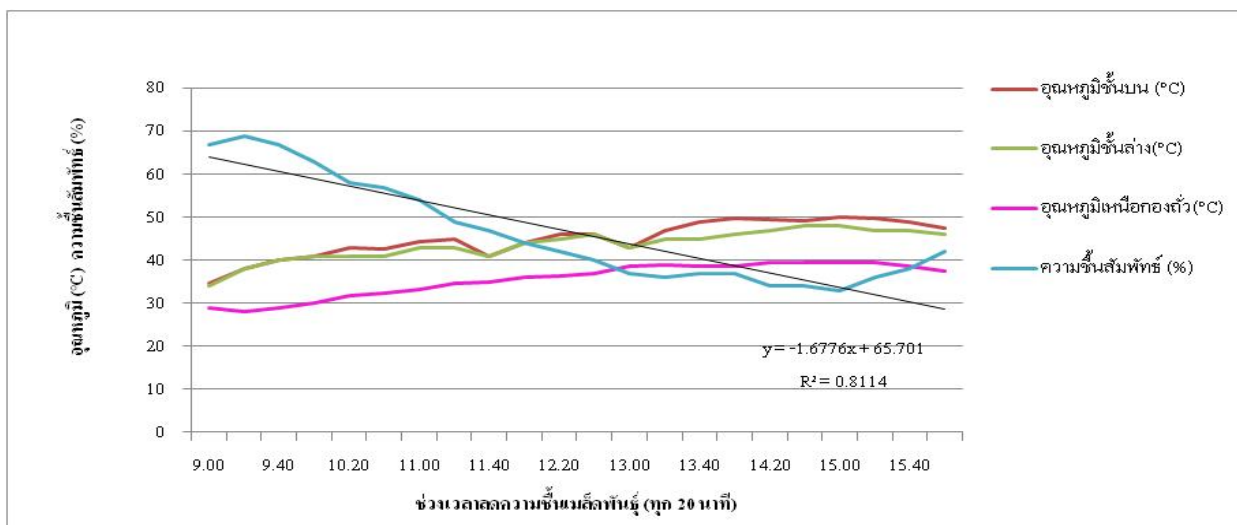
ภาพที่ 6 แสดงอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดข้าวเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองด้วยชั้นตะแกรงเหล็ก



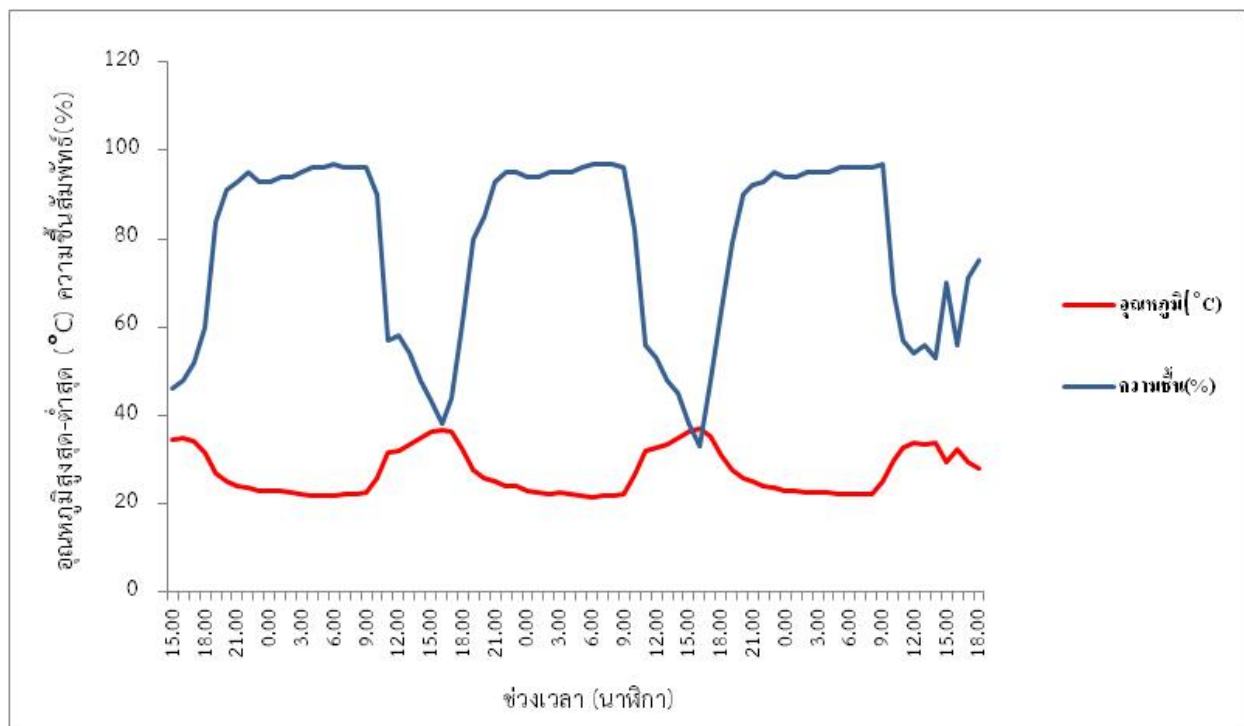
ภาพที่ 7 แสดงอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดแก้วเหลือง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แก้วเหลืองด้วยการตากบนพื้นปูนซีเมนต์



ภาพที่ 8 แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากหลังคาทรงหน้าจั่ว ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แก้วเหลือง



ภาพที่ 9 แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงตากหลังคาทรงโค้ง ระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แก้วเหลือง



ภาพที่ 10 แสดงสภาพภูมิอากาศในช่วงการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 17-20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

ตารางที่ 1 แสดงความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์) ที่ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธีลดความชื้น	ความงอก (%)	ความแข็งแรง (%)
โรงตากหลังคาหน้าจั่ว	89.0 a	90.3 a
โรงตากหลังคาทรงโค้ง	88.5 ab	87.5 b
ตากบนตะแกรง (ชั้นวาง)	87.3 ab	90.3 a
ตากบนลานพื้นปูนซีเมนต์	83.8 b	90.3 a
ค่าเฉลี่ย	87.1	89.6
CV (%)	2.2	3.3
หมายเหตุ ในสดมภ์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT		



ภาพที่ 11 แสดงโรงตากทรงหลังคาหน้าจั่วที่ทำการประกอบในครั้งที่ 1 เพื่อทำการศึกษาระบบติดตั้งการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงตากที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งผลระหว่างการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิภายในโรงตากที่สามารถเพิ่มได้มากกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถไล่ความชื้นออกจากเมล็ดถั่วเหลืองได้ดี แต่ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการลดความชื้นสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะสมใหม่

ขั้นตอนการสร้างและปรับปรุงโรงตากรูปแบบหลังคาทรงหน้าจั่ว และหลังคาทรงโค้งในครั้งที่ 2 ได้ดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วในเดือนตุลาคม 2560 โดยได้ทำการเคลื่อนย้ายจากศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ และนำไปติดตั้งในสถานีทดลองพรวัว จ.เชียงใหม่ เพื่อบรรเทาเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเหลือง ในเดือนพฤศจิกายน 2560 และเตรียมดำเนินการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในฤดูฝนปี 2560 ต่อไป (รูปที่ 12-17)



ภาพที่ 12 แสดงโรงตากทรงหลังคาหน้าจั่วที่ทำการปรับปรุงระบบ และประกอบโรงตากใหม่ เพื่อแก้ไขปัญหาอุณหภูมิภายในโรงตากที่สูง ด้วยการเพิ่มฝาผนังภายในโรงตาก ชั้นที่ 2 เพื่อเกิดช่องว่างระหว่างผนังสำหรับการระบาย อากาศและการไหลเวียน อากาศร้อนภายในโรงตาก พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มเติม



ภาพที่ 13 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในโรงตาก ที่เชื่อมต่อกับพัดลมดูดอากาศ และแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่ใช้กับโรงตาก เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงตาก ไม่เกิน 42-45 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 14 แสดงโรงตากทรงหลังคาโค้ง ที่ทำการประกอบพร้อมติดตั้งกับอุปกรณ์แผงโซล่าเซลล์ อุปกรณ์เก็บพลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดเตรียมไว้ใช้รวมทั้งเชื่อมต่อกับพัดลมดูดอากาศ และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในโรงตาก เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในฤดูฝนต่อไป



ภาพที่ 15 แสดงโครงสร้างภายในโรงตาก และ โรงตากทั้ง 2 แบบดำเนินการประกอบเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 16 แสดงโครงสร้างภายในโรงตากทั้งทรงหลังคาหน้าจั่ว และทรงหลังคาโค้ง ที่ดำเนินการประกอบเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจัดตั้งชั้นตากถั่วเหลืองภายในโรงตาก สำหรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้วที่สถานีแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (พรวัว) อ.พรวัว จ.เชียงใหม่ เพื่อเตรียมทดลองในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตปลายฤดูฝน ปี 2560



ภาพที่ 17 แสดงชั้นตากเมล็ดพันธุ์แบบชั้นตะแกรงยกพื้น และลานตากปูนซีเมนต์ สำหรับเปรียบเทียบการทดสอบประสิทธิภาพโรงตากทั้ง 2 รูปแบบ