การศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ซีพี 888 ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด

A Study on The Effect of Drying of CP 888 Maize with Hybrid Solar Dryer

อรุชา คุณเจริญหิรัญ[1*], เจตน์สฤษฎ์ กันยาประสิทธิ์[2] , ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์[2] และ ภูกิจ คุณเจริญหิรัญ[3]

[1] สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพขอนแก่น อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น 40180

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีท่ออุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

*Corresponding Author: aruchaforwork@gmail.com, Telephone Number 094-2955890

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ซีพี 888 โดยใช้ไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมได้แก่ ความชื้น และ อุณหภูมิ ที่มีต่อการอบข้าวโพดแบบทั้งฝัก โดยมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 25-20% มาตรฐานเปียก อบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก ควบคุมอุณหภูมิอบแห้ง 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และควบคุมความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อย่างไรก็ดีในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียวจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และความเร็วลมได้ ซึ่งระบบไฮบริดจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่ออุณหภูมิในห้องอบต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนด ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 293 244 และ 160 นาที ตามลำดับ ผลวิเคราะห์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดน้อยลง ถึงแม้ความชื้นเริ่มต้นจะต่างกันเพียงเล็กน้อย

คำสำคัญ: การอบแห้ง, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ซีพี 888, ความชื้น, พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research presents to design and develop a of CP 888 maize dryer by using hybrid solar-electrical energy dryer. Drying characteristics were analyzed based on factors such as humidity and temperature. The initial moisture content was at 25-20% (wet basis) until the final moisture content of sample reached 14% (wet basis). The drying experiments were carried out at drying temperatures of 40°C, 50°C and 60°C, hot air velocity of 1 m/s by control cabinet with dryer. In the case of using only sunlight, the temperature cannot be controlled. The hybrid system starts working when the ambient temperature is lower than the setting temperature. The experimental results showed that the drying temperature of 40°C, 50°C and 60°C for the average drying time of 293, 244 and 160 minutes, respectively. The results revealed that the increases in drying temperature caused a decrease in drying time. Although, the initial moisture content differs slightly.

Keywords: drying, CP 888 maize, moisture content, solar energy

บทนำ

ข้าวโพด (Corn) เป็นพืชไร่ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย รองจากข้าวเจ้าและข้าวสาลี ในปี พ.ศ. 2554/55 – 2559/60 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตข้าวโพด 4.61 ล้านตัน อัตราการผลิตข้าวโพดลดลงร้อยละ 1.94 มีเนื้อที่เพาะปลูก 7.15 ล้านไร่ อัตราของเนื้อที่การเพาะปลูกลดลง 1.09 ล้านไร่ ซึ่งการใช้ข้าวโพดในประเทศ 5.72 ล้านตัน มีอัตราการใช้ข้าวโพดในประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.39 มีปริมาณการส่งออกข้าวโพด 0.22 ล้านตัน อัตราการส่งออกข้าวโพดเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.44 คิดเป็นมูลค่าการส่งออกข้าวโพด 1.88 ล้านบาท มูลค่าอัตราการส่งออกข้าวโพดเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.74 พันธุ์ข้าวโพดที่ปลูกขึ้นอยู่กับความต้องการของการนำใช้ประโยชน์ ถ้าปลูกเพื่อใช้เมล็ดต้องใช้พันธุ์ที่มีผลิตผลของเมล็ดสูง แต่ถ้าปลูกเพื่อตัดต้นสดไปหมักหรือให้สัตว์กินมักจะใช้พันธุ์ที่มีลำต้นสูงหรือพันธุ์ที่มีการแตกกอมาก เพื่อที่จะได้ปริมาณต้นและใบมาก ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนนิยมใช้พันธุ์ที่มีหลายฝักต่อต้น เช่น ข้าวโพดหวาน เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกข้าวโพดตามพฤกษศาสตร์ โดยการจำแนกแบบนี้จะถือเอาลักษณะของแป้งและเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นหลักสำคัญ ซึ่งจำแนกออกเป็น 7 ชนิด คือ 1.ข้าวโพดหัวบุบ (Dent corn) 2.ข้าวโพดหัวแข็ง (Flint corn) 3.ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) 4.ข้าวโพดคั่ว (Popcorn) 5.ข้าวโพดแป้ง (Flour corn) 6.ข้าวโพดป่า (Pod corn) และ 7.ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn) [1-2]

รูปที่ 1 ข้าวโพดพันธุ์ ซี.พี. 888

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ ซีพี 888 มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Zea mays Linn พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฯ เป็นพันธุ์ของบริษัท กรุงเทพอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ จำกัด ความสูงต้น 215 เซนติเมตร ความสูงฝัก 125 เซนติเมตร อายุถึงวันออกไหม 56 วัน ผลผลิต 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด 81 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งคุณค่าด้านโภชนาการจะให้พลังงานสูง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกรและสัตว์ปีเท่ากับ 3,168 และ 3,370 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม มีโปรตีนต่ำประมาณ 8-9 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดอะมิโนไลซีน ทริฟโตเฟนและเมทไธโอนีนต่ำ และมีระดับแคลเซียมต่ำแต่ฟอสฟอรัสสูง [3]

ข้าวโพดสามารถปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง และมีช่วงการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงต้นฤดูฝนกับปลายฤดูฝน ข้าวโพดที่ถูกเก็บเกี่ยวใหม่จะมีความชื้นสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดให้มีความชื้นที่เหมาะสม ปลอดภัยจากการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยเฉพาะเชื่อ อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งมีพิษต่อผู้บริโภค เมล็ดข้าวโพดควรมีความชื้นไม่เกิน 14% มาตรฐานเปียก จะช่วยให้ปลอดภัยต่อการปนเปื้อนของเชื้ออะฟลาทอกซินได้

ในอดีตเกษตรกรจะใช้วิธีการทำแห้งด้วยการตากแดด (Sun Drying) ซึ่งมีต้นทุนต่ำแต่วิธีนี้มีการสูญเสียเนื่องมาจาก นก หนู แมลง การตกหล่น เป็นต้น และต้องใช้พื้น 2 ที่ ระยะเวลา และแรงงานคนมาก รวมถึงอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาวะอากาศทำให้ไม่สามารถตากให้ผลผลิตแห้งได้ ต่อมาได้พัฒนานำเทคโนโลยีมาใช้ โดยการทำแห้งด้วยความร้อน (Hot Air Drying) ซึ่งวิธีการทำให้แห้งด้วยความร้อนจะใช้ตู้อบที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำที่อยู่ในผลผลิตระเหยไปกับลมร้อนทางช่องระบายลมภายในตู้อบ [4] ซึ่งทำให้ผลผลิตมีความชื้นลดลงตามที่ต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ

ผลผลิตที่ทำแห้งโดยวิธีนี้จะมีคุณภาพที่ดีและสะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดดซึ่งในการอบแห้งหรือการลดความชื้นมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพืชทั้ง ทางกายภาพ ทางเคมี และชีวภาพ คุณภาพทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความชื้นและการหดตัวของเมล็ดพืชระหว่างการอบแห้ง ซึ่ง

ส่งผลให้เกิดการแตกร้าวหรือแตกหักในเมล็ดพืช คุณภาพทางเคมีในเมล็ดพืชบางชนิด ได้แก่ กลิ่น สี ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) และคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น คุณภาพทางชีวภาพ ได้แก่ ความสามารถในการงอกของเมล็ดพืช [5]

รูปที่ 2 การนำข้าวโพดตากแดด

จากที่กล่าวมาข้างต้นทางคณะผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งจะมีเป็นฤดูกาล แต่การบริโภคมีตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเก็บรักษาที่ดีเพื่อรักษาทั้งคุณภาพและปริมาณซึ่งความชื้นที่เหมาะสม [6] สำหรับการเก็บรักษามีค่าไม่เกิน 14 % มาตรฐานเปียก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการอบแห้งหรือการลดความชื้นผลผลิตทางการเกษตร ที่เป็นกระบวนการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสียและสามารถเก็บรักษาผลิตผลได้เป็นระยะเวลานานขึ้น โดยเฉพาะการอบแบบไฮบริดที่ใช้ไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ทำงานร่วมกัน [7] และราคายังไม่สูงเหมือนเครื่องอบแบบลมร้อน (Hot Air Drying) อีกทั้งระบบไฮบริดสามารถอบแห้งได้ในขณะที่ฝนตกและมีความชื้นสูง อีกทั้งการใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียวก็ให้ความร้อนสูงกว่าการตากแดดแบบธรรมดา [8]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบข้าวโพดโดยใช้ไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ และเพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ที่มีต่อการอบข้าวโพดแบบทั้งฝัก [9-11]

วิธีดำเนินงาน

1. การเตรียมวัสดุดูดซับเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหาความชื้นเริ่มต้น

1) ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)

2) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยความละเอียดในการอ่านได้ 0.01 กรัม

3) ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

1.2 ขั้นตอนการวัดปริมาณความชื้นเริ่มต้น

1) ทดลองที่ตึก 14 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2) การวัดปริมาณความชื้นเริ่มต้นทำตามวิธีการมาตรฐานของ AOAC (1990) Association of Official Agricultural Chemists. [12]

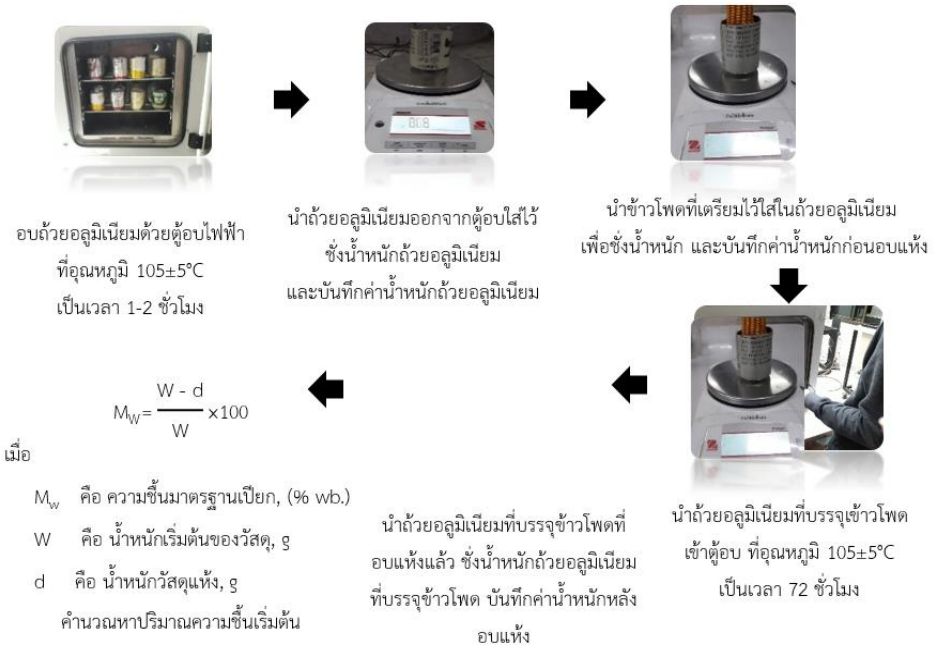
3) อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง นำถ้วยอลูมิเนียมออกจากตู้อบปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของถ้วยอลูมิเนียมลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง

4) ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมที่เตรียมไว้แล้วนำข้าวโพดที่เตรียมไว้ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม เพื่อชั่งหาน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักก่อนอบแห้ง

5) นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุข้าวโพดที่ต้องการหาค่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นเข้าตู้อบ เพื่ออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

6) นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุข้าวโพดที่อบแห้งแล้วปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของถ้วยอลูมิเนียมลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุข้าวโพด บันทึกค่าน้ำหนักหลังอบแห้ง

7) ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 5 และ 6 จนได้ผลต่างของน้ำหนักแห้งที่ชั่งทั้งสองครั้ง แล้วนำไปคำนวณดังสมการที่ (1) และ (2) [13]



รูปที่ 3 การวัดปริมาณความชื้นเริ่มต้น

การคำนวณหาปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพด ดังสมการ [14]

ความชื้นมาตรฐานเปียก (% Wb.)

$$M_w = \frac{W - d}{W} \times 100 \qquad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% db.)

$$M_d = \frac{W - d}{d} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, (% Wb.)
M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, (% db.)
W คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุ, g
d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง, g

1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองในการทดลองกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด

1) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2) เครื่องวัดค่าแสงอาทิตย์

3) เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger)

4) เทอร์โมคัปเปิล

5) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง (1) ฮีตเตอร์ (Heater) ขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ ให้ความร้อนภายในห้องอบแห้ง (2) ชุดระบบควบคุม ทำหน้าที่ ควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วลม (3) พัดลม ขนาด 350 วัตต์ 2 ตัว และขนาด 120 วัตต์ 2 ตัว ทำหน้าที่ เป่าลมให้หมุนเวียนภายในห้องอบแห้ง ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด

1.4 ขั้นตอนการทดลองกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด ดังรูปที่ 5

1) ทดลองในสาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

2) เตรียมข้าวโพดก่อนอบแห้ง ชั่งน้ำหนักข้าวโพด 10 กิโลกรัม

3) ตั้งค่าเครื่องอบแห้งก่อนการทดลอง ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง คือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากต้องการศึกษาและวิเคราะห์ผลต่างของระดับอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิปานกลาง และอุณหภูมิสูง

4) กำหนดควบคุมความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที เนื่องจากความเร็วลมมีผลค่อนข้างน้อยในการอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากอุณหภูมิ และเพื่อต้องการศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิกับเวลาของการอบแห้ง

5) เปิดเครื่องอบแห้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้เครื่องอบแห้งอยู่ในสภาวะคงที่ก่อนทำการทดลอง

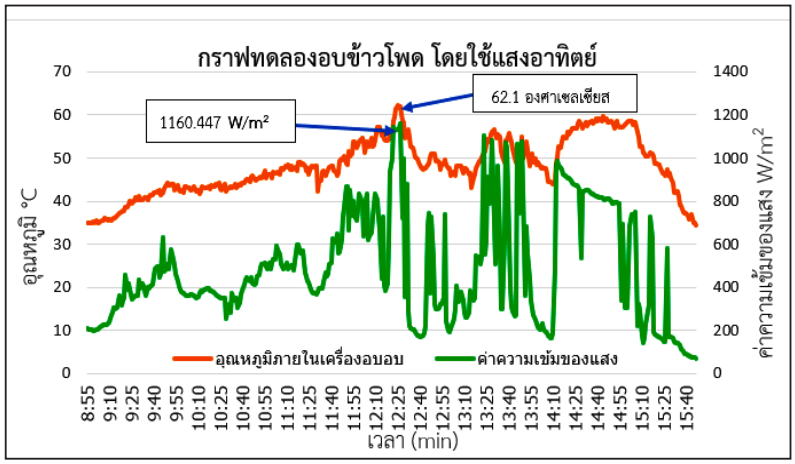
6) นำข้าวโพดเข้าเครื่องอบแห้ง ตั้งค่าบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ ทุก ๆ 1 นาที และทำการชั่งน้ำทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตลอดการอบแห้งจนกระทั่งได้น้ำหนักข้าวโพดหลังอบแห้งที่ความชื้นสุดท้าย 14% มาตรฐานเปียก ซึ่งได้จากการคำนวณ

หมายเหตุ: ทำการอบแห้งในแต่ละเงื่อนไขซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

เนื่องจากผู้จัดทำได้ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไฮบริด โดยทดสอบอยู่ 3 สภาพอากาศ โดยวันที่มีแดดแจ่มใสท้องฟ้าแจ่มใสใช้เฉพาะแสงอาทิตย์ และวันที่อากาศแจ่มใสโดยใช้ระบบไฮบริดและวันที่ฟ้าครึ้มและฝนเกือบทั่วไป ท้องฟ้าแจ่มใส (Fine) ท้องฟ้าไม่มีเมฆหรือมีแต่น้อยกว่า 1 ส่วนของท้องฟ้ามีอุณหภูมิต่ำสุด 23-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 28-34 องศาเซลเซียส ฝนเกือบทั่วไป (Almost Widespread) หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 60% ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่ : กรมอุตุนิยมวิทยา (19/8/2020) จากรูปที่ 6 เครื่องอบมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 62.1 องศาเซลเซียสที่เวลา 12.27 น. และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 35 องศาเซลเซียส ที่เวลา 08.56 น. แกนตั้งฝั่งซ้ายสีเขียวจะเป็นค่าความเข้มของแสง มีหน่วยเป็น W/m^2 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1160.447 W/m^2 ที่เวลา 12.27 น. และมีค่าแสงต่ำสุดที่ 66.81564 W/m^2 ที่เวลา 15.47 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อค่าของแสงลดลง

รูปที่ 5 ขั้นตอนการอบแห้ง



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความเข้มของแสง

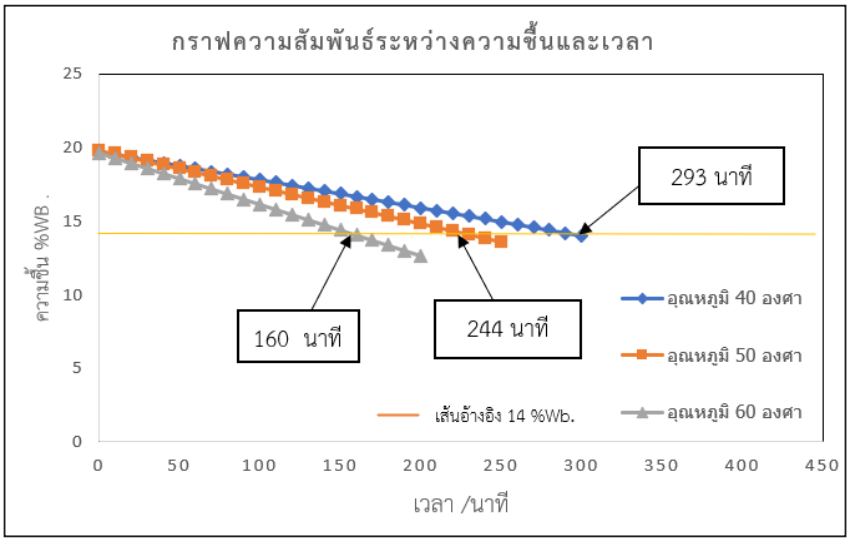
อุณหภูมิในเครื่องอบจะลดลงตามไปด้วยและอุณหภูมิจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับแสงอาทิตย์ซึ่งบ่ายของวันที่19/8/2563 โดนพายุระดับ 4 (โซนร้อนกำลังแรง “ฮีโกส”) : กรมอุตุนิยมวิทยา ในวันที่ 19 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาของการอบแห้งข้าวโพดที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยกำหนดควบคุมความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที และอบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยนานที่สุด ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลหรือการระเหยน้ำออกจากข้าวโพดได้ดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดได้สอดคล้องกับผลการทดลองอบแห้งของนักวิจัยหลายท่าน อาทิ เช่น Ibrahim Doymaz, (2005) [15, 16] ได้ศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งของถั่วเขียว โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้งทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง จากผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาของการอบแห้งข้าวโพด จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดน้อยลง ถึงแม้ความชื้นเริ่มต้นจะต่างกันเพียงเล็กน้อย และ L. Kocsis et al, (2011) [17] ได้ศึกษาทดลองการอบแห้งข้าวโพด โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบนำร่อง ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิหรือความเร็วของอากาศ จะสามารถลดเวลาการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของข้าวโพดกับเวลาที่อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ และอบจนความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่าผลการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ข้าวโพดมีความชื้นเริ่มต้น 19.72% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 293 นาที หรือประมาณ 5 ชั่วโมง ผลการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ข้าวโพดมีความชื้นเริ่มต้น 19.84% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 244 นาที หรือประมาณ 4 ชั่วโมง และผลการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ข้าวโพดมีความชื้นเริ่มต้น 19.67% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 160 นาที หรือประมาณ 2 ชั่วโมง ข้อมูลการทดลองอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาของการอบแห้งข้าวโพดที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยกำหนดควบคุมความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที และอบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของข้าวโพด

องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยนานที่สุด ในขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลหรือการระเหยน้ำออกจากข้าวโพดได้ดีกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดน้อยลง ถึงแม้ความชื้นเริ่มต้นจะต่างกันเพียงเล็กน้อย

สรุปผลการทดลอง

1) ผลวิเคราะห์การทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด ทำการทดลองอยู่ 3 สภาพอากาศ คือ มีแสงอาทิตย์ ไม่มีแสงอาทิตย์ และฝนตก พบว่า ในกรณีที่มีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิถึง 35 องศาเซลเซียส ฮีตเตอร์จะยังไม่ทำงาน ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส ฮีตเตอร์จะทำงานเพื่อให้อุณหภูมิในตู้อบร้อนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องแม้มีฝนตก

2) ผลวิเคราะห์การทดลองอบแห้งข้าวโพด ทดลองด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด โดยควบคุมความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที โดยใช้ฟ้าฟ้าในการอบแห้ง ข้าวโพดชุดที่จะทดลองอบแห้งของอุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 19.72% 19.84% และ 19.67% มาตรฐานเปียก และอบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% มาตรฐานเปียก พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 293 นาที 244 นาที และ 160 นาที โดยใช้ระบบไฮบริด จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดน้อยลง ถึงแม้ความชื้นเริ่มต้นจะต่างกันเพียงเล็กน้อย

3) ผลวิเคราะห์การทดลองอบแห้งข้าวโพด ทดลองด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด โดยทดสอบอบแห้ง 3 สภาพอากาศ

4) แบบที่ 1 อากาศแจ่มใสมีแดด มีความชื้นเริ่มต้นที่ 19.72% มาตรฐานเปียกใช้เวลาที่ 260 นาทีได้ความชื้น 14% มาตรฐานเปียกอุณหภูมิเฉลี่ยที่ใช้อบอยู่ที่ 45 องศาเซลเซียสเนื่องจากการใช้แสงแดดไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบได้

จากผลการวิเคราะห์ทดลองอบแห้งข้าวโพดข้าว จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวโพดข้าวในทุกด้านและอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งข้าวโพดคืออุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการอบแบบไฮบริดในสภาพอากาศที่แตกต่างกันยังทำได้ไม่ดี

เท่าที่ควร เพราะกรณีที่มีฝนตกจะมีความชื้นที่สูงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร, 2547. **เอกสารวิชาการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** ลำดับที่ 11 หน้า 86. อ้างถึง USDA. 1968.

[2] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552. **กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: ข้าวโพดเมล็ดแห้ง.** มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4002-2552, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

[3] การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพด, 2015. **การจำแนกชนิดของข้าวโพด.** สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] เดชสุวรรณ คำอ้อ, 2562. **การศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง.** หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[5] พิมล วุฒิสินธ์ และนิทัศน์ ตั้งพินิจ, 2536. **ทดสอบการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดข้าวโพดที่รักษาไว้นาน.** กรุงเทพมหานคร: การวิจัย กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[6] ยรรยง ศรีสม, 2550. **เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ระบบลมแห้ง.** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] วิบูลย์ เทเพนทร์, 2009. **เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชที่ผลิตในประเทศ.** สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร.

[8] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 7.

[9] เสริม จันทร์ฉาย, 2560. **เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครปฐม: เพชรเกษมพริ้นติ้ง.

[10] เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2561. **เคล็ดลับเลือกเมล็ดพันธุ์ ช่วยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ได้ผลดี.** สืบค้น 11 มิถุนายน2565, จาก https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_90220

[11] เกษตรก้าวไกล, 2559. **กรมวิชาการเกษตรเสริมแกร่งเกษตรกร "ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม" ใช้เอง**. สืบค้น 11พฤษภาคม 2566, จาก https://www.kasetkaoklai.com/home/2017/09

[12] A.O.A.C., 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, **Association of Official Analytical Chemist.** Washington DC.

[13] Lingayat, A., Chandramohan, V. P., and Raju, V. R. K. (2017). Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying**.** *Energy Procedia*, vol. 109, March 2017, pp. 409-416.

[14] Gulcimen, F., Karakaya, H., and Durmus, A. (2016). Drying of sweet basil with solar air collectors. *Renewable Energy,* vol. 93, August 2016, pp. 77-86.

[15] Doymaz, I. (2005). Drying behaviour of green beans**.** *Journal of Food Engineering*, vol. 69(2), July 2005, pp. 161-165.

[16] Doymaz, I. and Pala, M.(2002). Hot-air drying characteristics of red pepper, *Journal of Food Engineering,* vol. 55(4), December 2002, pp. 331-335.

[17] Kocsis, L. Herdovics, M. Deákvári, J. and Fenyvesi, L. (2011).Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue*, vol. 1, pp. 91-97.