

## ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งเมล็ดกาแฟ ด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

เจษฎา วิเศษมณี<sup>1</sup> และ สำรวม โกศลานันท์<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วลมและอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการอบแห้งเมล็ดกาแฟ (อาราบิก้า) ด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดที่ปรับปรุงจากเดิมที่ใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์เปลี่ยนเป็นการใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านเป็นแหล่งให้ความร้อน โดยตัวเบดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 100 cm ใช้โบลเวอร์ขนาด 1.25 kW มีไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 cm สูง 122 cm ใช้ท่ออกลวไนซ์ขนาด 4 in เป็นท่อส่งลมตลอดทั้งตัวเครื่องอบแห้ง ในส่วนเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการทดสอบเป็นสายพันธ์อาราบิก้า มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 52.76% (มาตรฐานแห้ง) การอบแต่ละครั้งใช้เมล็ดกาแฟครั้งละ 50 g อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบ 55 70 85 และ 100 °C ตามลำดับ ความเร็วของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากับ 5 6 และ 7 m/s และความชื้นสุดท้ายของเมล็ดกาแฟจะอบให้ได้ตามมาตรฐานตามท้องตลาดอยู่ที่ 12% (มาตรฐานแห้ง)

จากการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมเพิ่มขึ้นอัตราการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มลดลง โดยอัตราการอบแห้งสูงสุดมีค่า  $1.381 \pm 0.0061$  gWater/min ที่อุณหภูมิและความเร็วลม 100 °C และ 7 m/s ตามลำดับ และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุดมีค่า  $6345.25 \pm 50$  MJ/Kg ที่อุณหภูมิและความเร็วลม 100°C และ 5 m/s ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การอบแห้ง, ฟลูอิดไดซ์เบด, เมล็ดกาแฟ

<sup>1</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

E-mail: amorn04198511@gmail.com โทร 055-515900 ต่อ 256 ,257

<sup>2</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

E-mail: amorn04198511@gmail.com โทร 055-515900 ต่อ 256 ,257

## Effects of Drying Air Temperature and Drying Air Velocity On drying Coffee Bean from Biomass Heat using Fluidized Bed Technique

Jedsada Visedmanee<sup>1</sup> and Sumroum Kosalanun<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The purposes of this research were to investigate the factors consisted of a temperature and Velocity of air flow affected Arabica coffee beans drying biomass combustion with fluidization technique. The fluidized bed dryer, which was improved from the original heat from the heater to use the heat from the charcoal stove as the heat source. The fluidized bed dryer size of 20 cm diameter and 100 cm height was designed and constructed for this The heater and blower size of 1.25 kW. A cyclone size of 24 cm diameter and 122 cm height was used to separate the product from air. The galvanized steel pipe size of 4 inch diameter was used as air circulating pipe. The Arabica coffee beans initial moisture in this experiment 52.76 %d.b and size of 50 g was used for each experiment. The drying temperature conditions were controlled at 55, 70 85 and 100°C. The air velocity conditions in bed were controlled at 5, 6 and 7 m/s. The final moisture of coffee beans was 12% d.b.

From the result, it was found that the drying temperature was increased the also drying rate and specific moisture extraction rate trend to increase. while the specific energy consumption tends to decrease. The highest drying rate was  $1.381 \pm 0.0061 \text{ g}_{\text{Water}}/\text{min}$  that was occurred at 100 °C drying temperature and the 7 m/s air velocity. The highest Specific energy consumption, SEC rate was  $6345.25 \pm 50 \text{ MJ/Kg}$  that was occurred at 100 °C drying temperature and 5 m/s air velocity respectively.

**Keyword:** Arabica Coffee bean, Drying, Fluidized bed

---

<sup>1</sup> Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak  
E-mail: amorn04198511@gmail.com Tel. 055-515900 - 256 ,257

<sup>2</sup> Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak  
E-mail: amorn04198511@gmail.com Tel. 055-515900 - 256 ,257

## บทนำ

กาแฟ เป็นเครื่องดื่มที่ทำจากเมล็ดซึ่งได้จากต้นกาแฟ หรือมักเรียกว่าเมล็ดกาแฟคั่ว มีการปลูกต้นกาแฟมากกว่า 70 ประเทศทั่วโลก กาแฟเขียว (กาแฟซึ่งยังไม่ผ่านการคั่ว) เป็นหนึ่งในสินค้าทางการเกษตรซึ่งมีการซื้อขายกันมากที่สุดในโลกกาแฟมีส่วนประกอบของคาเฟอีน ทำให้มีสรรพคุณชูกำลังและช่วยให้สมองตื่นตัว สดชื่น ปัจจุบันกาแฟเป็นเครื่องดื่มซึ่งได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก โดยขั้นตอนการผลิตเริ่มจากเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟสดแล้วจะนำเมล็ดกาแฟสดที่เก็บเกี่ยวได้ไปตากแดดจนกว่าเมล็ดกาแฟจะมีความชื้นที่เหมาะสมประมาณ 12% มาตรฐานแห่ง โดยการตากแดดตลอดทั้งวัน ประมาณ 7-10 วัน ซึ่งส่วนมากเกษตรกรจะนำเมล็ดกาแฟสดที่เก็บได้ไปตากไว้บนลานดิน หรือลานคอนกรีตแล้วรอจนกว่าเมล็ดกาแฟจะแห้ง หลังจากนั้นจึงนำไปทำการสีเพื่อเอาเปลือกเมล็ดกาแฟออก ปัญหาที่พบมากคือ เมื่อนำเมล็ดกาแฟแห้งไปทำการสีจะพบว่าเมล็ดกาแฟที่เสียมียจำนวนมาก ทำให้เกษตรกรขายกาแฟได้ในราคาต่ำ เมล็ดที่เสียมียส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากขั้นตอนการลดความชื้น ซึ่งก็คือขั้นตอนการตากนั่นเอง โดยส่วนมากเกิดจากสภาพของสิ่งแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย เช่นมีฝนตกลงมา ขณะกำลังตาก รวมถึงปริมาณแสงแดดไม่คงที่ และไม่เพียงพอเป็นต้น ทำให้เมล็ดกาแฟส่วนที่ไม่แห้งสนิทจะเกิดการหมักตัว ทำให้เกิดเชื้อรา มีกลิ่นราติดมาด้วย หรือในบางกรณีเมล็ดกาแฟจะเกิดเป็นสีดำหลังทำการสีเปลือกของเมล็ด นอกจากนั้นการตากกาแฟบนลานดินมักมีสิ่งแปลกปลอมติดมากับกาแฟด้วย เช่น กรวด หินดิน เป็นต้น

จากปัญหาที่พบดังกล่าวการใช้วิธีการอบแห้งจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญเนื่องจากอำนวยความสะดวก รวดเร็ว สะอาด และทำให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟมีคุณภาพสูง โดยรูปแบบที่นิยมใช้เพื่อการอบเมล็ดกาแฟมีหลากหลายรูปแบบ โดยหนึ่งในวิธีที่เป็นที่นิยมคือ รูปแบบการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน เนื่องจากข้อดีในด้านการอบแห้งที่รวดเร็ว ส่งผลให้ได้เมล็ดที่ขอบแห้งที่มีความชื้นสม่ำเสมอ โดยที่ผ่านมามีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเมล็ดพืชด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด อาทิเช่น เจษฎา วิเศษมณี และคณะ (2563) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมและอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งเมล็ดข้าวโพดพันธุ์อินทรี 2 ด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน จากการศึกษาพบว่า อัตราการอบแห้งและอัตราการระเหยของไอน้ำต่อพลังงานที่ใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราการอบแห้งสูงสุดมีค่า 0.294 kg/hr ที่สภาวะ ความเร็วลม 7.5 m/s อุณหภูมิ 90°C และอัตราการระเหยของไอน้ำต่อพลังงานที่ใช้สูงสุดมีค่า 0.06 kg/kWhr ที่สภาวะความเร็วลม 7.5 m/s อุณหภูมิ 70°C วรเมธ ทัดทอง และคณะ (2546) ได้ศึกษาเทคนิคการเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด สำหรับการอบแห้งเมล็ดกาแฟสดใหม่มีคุณภาพของผลผลิตดีขึ้น เทคนิคนี้จะช่วยลดเวลาการอบแห้งของเมล็ดกาแฟสดลงจากปกติ 2 อาทิตย์ เหลือเพียง 5 ชั่วโมง ในชุดการทดลองหอดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดทำจากท่ออะคริลิกใสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 140 mm และมีความสูง 1,000 mm ขณะที่แผ่นการกระจายอากาศจะถูกวางไว้ที่ปลายทางเข้าของหอดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดโดยมีสัดส่วนพื้นที่ว่างของลมที่ออกจากแผ่นกระจายอากาศเป็น 60% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของแผ่นการกระจายอากาศ ในการทดลองจะทำการอบที่ความจุ 0.6 ถึง 1.2 kg ของเมล็ดกาแฟสด ซึ่งอากาศที่เข้าสู่ชุดฟลูอิดไดซ์เบดจะถูกให้ความร้อนจากชุดฮีตเตอร์ขนาด 3 kW เป็นเวลา 30 min จนกระทั่งได้อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าได้ตามความต้องการในการ

ทดลองจะควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ไว้ ที่ 50 ถึง 90°C ค่าอัตราการไหลของอากาศจำเพาะ และความเร็วลมที่ทางเข้าชุดฟลูอิดไดซ์เบด 2 ถึง 4 m/s ซึ่งตัวแปรทั้งหมดได้ถูกนำมาศึกษาผลกระทบต่อ การลดลงของความชื้นของเมล็ดกาแฟสด จากผลการทดลองสามารถที่จะลดความชื้นของเมล็ดกาแฟสดจาก 68% เหลือเพียง 14% ในช่วงเวลา 5 ถึง 7 h และพบว่าในช่วง 1 ถึง 2 h แรก จะเกิดการลดลงของความชื้นของเมล็ดกาแฟอย่างมาก

จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีประเด็นในเรื่องผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ที่ส่งผลต่ออัตราการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเมล็ดกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อการอบแห้งเมล็ดกาแฟไทยโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มและรักษาคุณภาพรวมถึงการยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดกาแฟเพื่อให้สามารถแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดกาแฟ
2. เพื่อหาอัตราการอบแห้งในการอบแห้งเมล็ดกาแฟ
3. เพื่อหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งเมล็ดกาแฟ

### ขอบเขตของการวิจัย

1. อุณหภูมิที่อบแห้งคือ 55 70 85 และ 100°C
2. ความเร็วลมที่อบแห้งคือ 5 6 และ 7m/s
3. ความชื้นสุดท้ายของเมล็ดกาแฟสุดท้ายไม่เกิน 12% มาตรฐานแห้ง
4. การทดสอบใช้เมล็ดกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า
5. ใช้ถ่านไม้ตะคร้อเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน
6. การทดสอบแต่ละครั้ง ใช้เมล็ดกาแฟ 50 g

### วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ห้องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกทำด้วยสแตนเลส (Stainless steel) หนา 1.5 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm และสูง 100 cm

2. อุปกรณ์ให้ความร้อนแก่อากาศเป็นเตาเผาถ่าน มีขนาด 100x100x100 cm ภายในเตาจะมีถัง 200 L มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 59.5 cm สูง 89.5 cm ไว้สำหรับเผาถ่าน และจะมีท่อส่งลมขนาด 20x20 cm อยู่เหนือถัง 200 L

3. พัดลม (blower) แบบแรงเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งหน้า (Forward curve centrifugal) โดยใช้มอเตอร์ ขนาด 1.25 kW (220 V, 50 Hz) แรงดันสถิตสูงสุดที่พัดลมสร้างได้ 1300 Pa และมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศสูงสุดที่ 1000 m<sup>3</sup>/hr

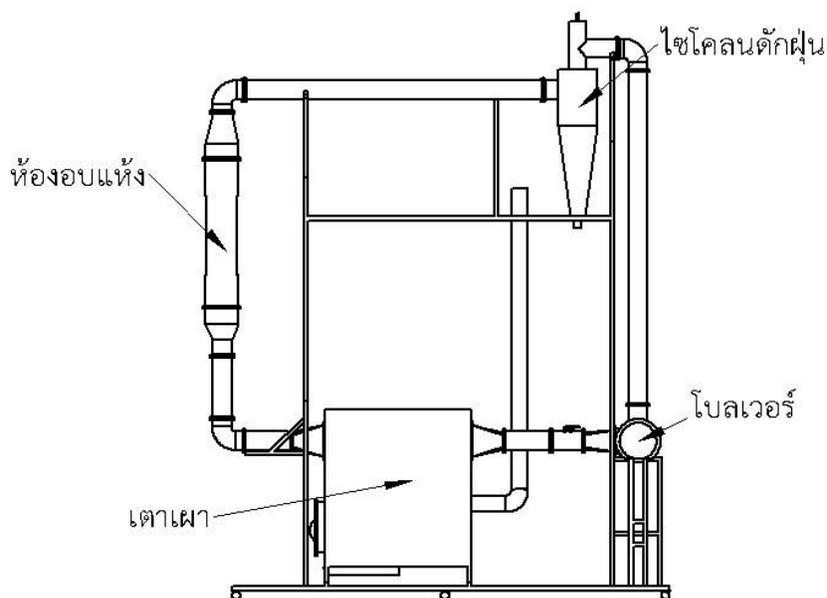
4. เครื่องดักฝุ่น (Cyclone) แบบ Reverse flow ทำด้วยเหล็กชุบสังกะสีตั้ง

5. อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control)

6. อุปกรณ์วัดความเร็วลมแบบขดลวดร้อน (Hot wire)

7. เครื่องวัดความดันลดคร่อมเบต (Manometer)

8. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 0.001g



รูปที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เบต

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล จะทำการทดสอบหาความชื้นทั้งก่อนอบและหลังอบโดยนำตัวอย่างของเมล็ดกาแฟไปหาความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้าย (ความชื้นเริ่มต้นเป็นความชื้นของเมล็ดกาแฟปกติที่ยังไม่ได้ผ่านการอบ ส่วนความชื้นสุดท้ายเป็นค่าความชื้นของเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบ) โดยวิธีการหาความชื้นเริ่มต้นหาได้จากการนำ

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟมาบรรจุลงในภาชนะปิดแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ซึ่งตัวเครื่องสามารถรับรองน้ำหนักสูงสุดได้ที่ 1000 g และมีค่าความละเอียด 0.001 g หลังจากชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วจะนำไปคำนวณโดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักเมล็ดกาแฟคงที่

โดยใช้สมการที่ 1 คำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง  $M_d$  (Dry basis)

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (1)$$

$w$  = น้ำหนักก่อนอบแห้ง, kg

$d$  = น้ำหนักหลังอบแห้ง, kg

จากนั้นจะหาน้ำหนักสุดท้ายโดยเปรียบเทียบกับค่าความชื้นมาตรฐานแห้งตามท้องตลาดของเมล็ดกาแฟซึ่งอยู่ที่ 12% มาตรฐานแห้ง ซึ่งในการหาน้ำหนักสุดท้ายนี้จะนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบตามเงื่อนไขการทดลองแล้ว มาใส่ไว้ในภาชนะปิด (เพื่อป้องกันความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่เมล็ดกาแฟ) รอทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเย็นตัวลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับสภาวะแวดล้อมแล้วนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความชื้นและทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละการทดลอง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทดลองอบแห้งเมล็ดกาแฟ ด้วยเครื่องอบแห้งเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเพื่อทดสอบหาอุณหภูมิและความเร็วที่เหมาะสมและศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่มีต่อการอบแห้ง เงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. การทดลองใช้เมล็ดกาแฟสด 50 g ความชื้นเริ่มต้น 55 %d.b. ทำการอบแห้งให้เหลือความชื้นประมาณ 12%d.b.
2. ความเร็วลมในการศึกษาทดลองจะควบคุมโดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับความเร็ว คือ 5, 6 และ 7 m/s
3. อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่ 55 70 85 และ 100 °C

วิเคราะห์ความสามารถเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดจากความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) ด้วยสมการที่ (2) อัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) ด้วยสมการที่ (3)

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC)

$$SEC = \frac{\Sigma((2.6 \times 3.6)E_b + (m_{charcoal})(HHV))}{m_{water}} \quad (2)$$

เมื่อ	$SEC$	คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)
	$\Sigma E_b$	คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่เริ่มจนถึงเวลาใด ๆ (kWh)
	$m_{charcoal}$	คือ มวลของถ่านที่ใช้ (kg)
	$HHV$	คือ ค่าความร้อนสูงสุด (Higher heating value) (kJ/kg)
	$m_{water}$	คือ น้ำที่ออก (kg)
	2.6	คือ ค่าคงที่สำหรับเปลี่ยนรูปพลังงานเป็นพลังงานของไฟฟ้า
	3.6	คือ ค่าคงที่เปลี่ยนหน่วย kWh เป็น MJ

อัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR)

$$DR = \frac{m_{ob}}{t_D} \quad (3)$$

เมื่อ	$m_{ob}$	คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ (kg)
	$t_D$	คือ ระยะเวลาการอบแห้ง (h)

### การอภิปรายผล

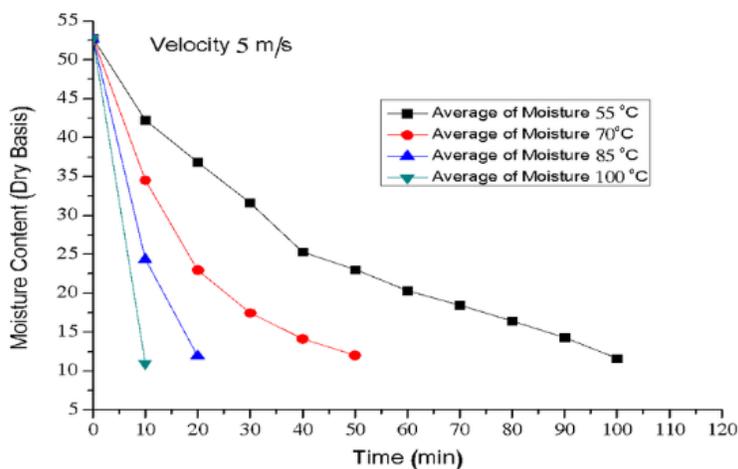
การทดลองอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเพื่อทดสอบหาอุณหภูมิและความเร็วที่เหมาะสมรวมถึงศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศที่มีต่อการอบแห้ง โดยใช้เมล็ดกาแฟในการอบแห้ง ปริมาณ 50 g ความชื้นเริ่มต้น 55 %d.b. ทำการอบแห้งให้เหลือความชื้นประมาณ 12 %d.b. ตามค่ามาตรฐานในท้องตลาด และควบคุมความเร็วลมโดยแบ่งออกเป็นช่วง คือ 5, 6, 7 m/s และอุณหภูมิลมร้อนในการทดสอบแต่ละช่วงคือ 55 70 85 และ 100°C ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงดังนี้

### ผลของความเร็วอากาศที่มีต่อการลดลงของความชื้นเมล็ดกาแฟ

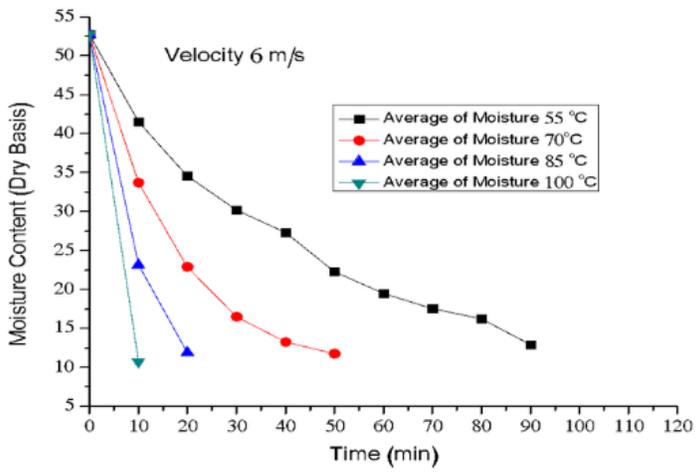
ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ลดลงของเมล็ดกาแฟกับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ความเร็วลมต่างๆ ตามที่กำหนด จากผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงอุณหภูมิอบแห้ง 70 85 และ 100 °C ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วภายในช่วงเวลา 10 นาทีแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆในเวลาต่อมา ในส่วนของอุณหภูมิ 55 °C การเปลี่ยนแปลงความชื้นจะลดลงค่อนข้างช้า โดยช่วงเวลาที่ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วจะใช้เวลาประมาณ 40 นาที ในส่วนของความเร็วลมที่ต่างกัน ส่งผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งอย่างชัดเจน โดยสังเกตได้ว่า ที่ความเร็วลมที่สูงจะดึงความชื้นออกได้เร็วกว่าความเร็วลมที่ต่ำ เนื่องจากที่ความเร็วลมสูงจะทำให้เกิดความปั่นป่วนอย่างหนาแน่นระหว่างเมล็ดกาแฟกับอากาศร้อนภายในเบด มากกว่าความเร็วลมอากาศที่ต่ำ ส่งผลให้อัตราการถ่ายโอนมวลของความชื้นทำได้มากและดีกว่าที่ความเร็วลมที่ต่ำ โดยผลการทดลองแสดงในรูปแบบที่ 2-4 ตามลำดับ

### ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการลดลงของความชื้นเมล็ดกาแฟ

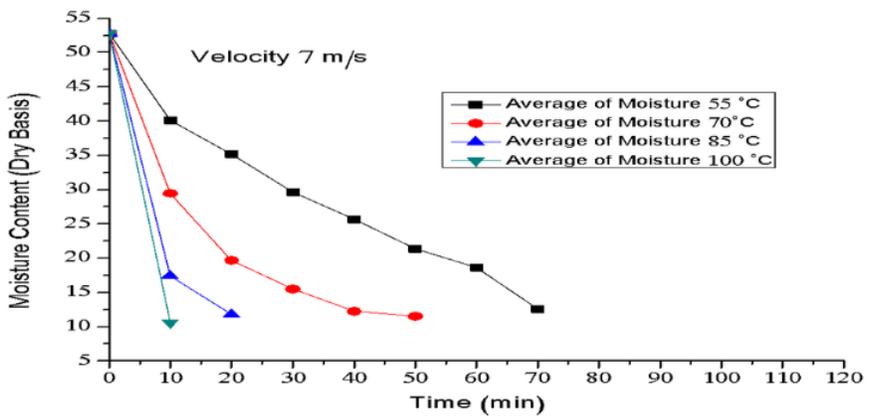
ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดกาแฟกับระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 70 85 และ 100 °C จากกราฟเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นมีแนวโน้มลดลงที่อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงมากกว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่ต่ำ และความชื้นสุดท้ายของเมล็ดกาแฟที่อบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาลดลงเร็วกว่าอุณหภูมิอบแห้งที่ต่ำ เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากอุณหภูมิที่สูงสามารถถ่ายเทความร้อนไปสู่เมล็ดกาแฟได้รวดเร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ความชื้นถูกดึงออกจากเมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปแบบ 2-4 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ความชื้นที่ลดลงเทียบเวลาที่ความเร็วลม 5 m/s



รูปที่ 3 ความชื้นที่ลดลงเทียบเวลาที่ความเร็วลม 6 m/s

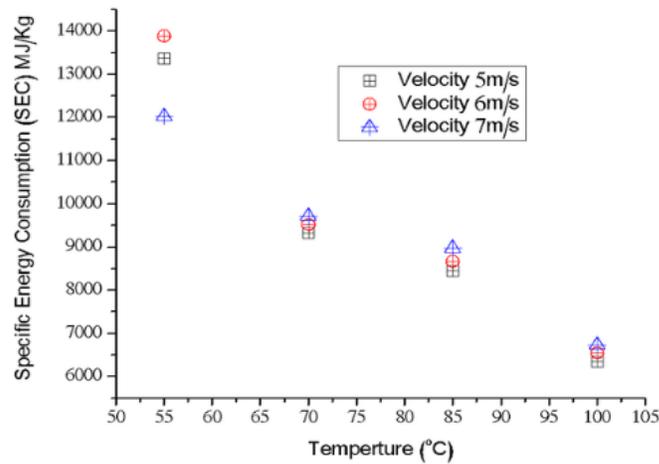


รูปที่ 4 ความชื้นที่ลดลงเทียบเวลาที่ความเร็วลม 7 m/s

**สมรรถนะการอบแห้ง**

**1. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)**

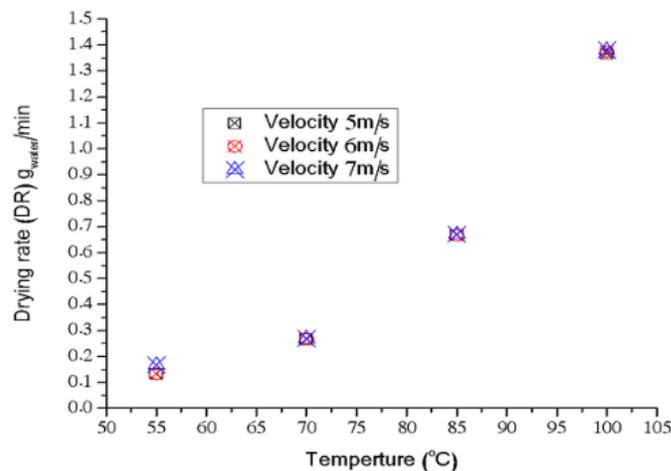
จากกราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) การอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆพบว่า การใช้ความเร็วลมสูงในช่วงอุณหภูมิต่ำจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงกว่าช่วงการใช้ความเร็วลมต่ำในช่วงอุณหภูมิสูง เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิต่ำนั้น ใช้เวลาในการอบแห้งที่นานกว่าการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิสูง ถึงแม้ว่าการใช้ช่วงอุณหภูมิสูงจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากก็ตาม แต่ช่วงเวลาที่ใช้ออบแห้งรวดเร็วกว่าการใช้พลังงานจึงน้อยกว่า โดยค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะใช้สูงสุดอยู่ที่ความเร็วลม 6 m/s ที่อุณหภูมิ 55°C และต่ำสุดอยู่ที่ความเร็วลม 5 m/s ที่อุณหภูมิ 100 °C ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)

## 2. อัตราการอบแห้ง (DR)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิจะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และความเร็วลม ในการอบแห้งมากขึ้นอัตราการระเหยของน้ำที่ออกจากเมล็ดกาแฟยิ่งทำได้ดีและจะลดลงตามลำดับเมื่ออุณหภูมิ และความเร็วลมลดลง โดยอัตราการอบแห้งจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ความเร็วลม 7 m/s อุณหภูมิ 100°C และมีค่าต่ำสุด อยู่ที่ความเร็วลม 5 m/s อุณหภูมิ 55°C ตามลำดับ ดังแสดงใน



รูปที่ 6 อัตราการอบแห้ง (DR)

## สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการอบแห้งเมล็ดกาแฟโดยด้วยความร้อนจากชีวมวลโดยการใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด แสดงให้เห็นว่าการความเร็วลมและอุณหภูมิที่สูงส่งผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งเป็นอย่างมากกล่าวคือยิ่งความเร็วลมสูง อุณหภูมิสูง จะส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะ ที่ความเร็วลมและอุณหภูมิอบแห้งที่สูงจะทำให้ความชื้นในเมล็ดพริกไทยลดลงอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิ 100 °C ความเร็วลม 7 m/s จะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดอยู่ที่ 70 นาที ซึ่งเร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C และความเร็วลม 5 m/s ซึ่งใช้เวลา 100 นาที อยู่ถึง 1.4 เท่า แต่ถ้าพิจารณาในแง่ของการสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C และความเร็วลม 5 m/s จะให้ความคุ้มค่ามากที่สุด

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดมีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีค่าใช้จ่ายในการสร้างสูง ควรนำไปใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงในท้องตลาดเพื่อให้คุ้มค่าต่อการลงทุน

1.2 การอบด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเหมาะสำหรับการอบผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงขนาดเล็กและมีน้ำหนักไม่มาก

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาช่วงการทดสอบประเด็นอุณหภูมิและความเร็วลมที่เหมาะสมในแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการหาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตภาคเหนือตอนล่างทั้งหมด

## เอกสารอ้างอิง

เจษฎา วิเศษมณี และ สำรวม โกศลานันท์ (2563). อิทธิพลของความเร็วลมและอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี. 18(2), 169-176.

วรเมธ ทัดทอง, สมิต์ เอี่ยมสะอาด และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. (2546). การศึกษาคูณลักษณะการอบแห้งเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17, 15-17 ตุลาคม 2546. ปราชินบุรี: สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย.

BeansHerb. (2017). ส่วนประกอบของเชอร์รี่กาแฟ. <https://beanshere.com/posts/coffee-cherry-physiology-3/>