

การอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ Granular Organic Fertilizer Drying by Solar Energy

ธีรเดช ชีวนันทชัย^{1*} และ สมล แซ่เฮง²

^{1*} สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถนน พัฒนาการ เขต สวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

² ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*ติดต่อ: E-mail: theeradet.che@kbu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 02-321-6930-9 Ext. 1203, เบอร์โทรสาร 02-321-4444

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งปุ๋ยเม็ดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งนี้ประกอบด้วยแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และกล่องอบแห้งซึ่งรวมอยู่ในส่วนเดียวกัน โดยที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์อยู่ด้านบนและกล่องอบแห้งอยู่ด้านล่างของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมีขนาดความกว้าง 1.0 m ยาว 1.0 m และสูง 0.1 m ในการทดลองอบปุ๋ยได้ครั้งละ 8 kg ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดปุ๋ย 5 mm โดยทำการทดลองเปรียบเทียบอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับการตากแดดธรรมดา จากการทดลองพบว่ากล่องแผงรับรังสีแสงอาทิตย์สามารถทำอากาศร้อนให้มีอุณหภูมิประมาณ 65°C อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อน 0.10 kg/s การอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้งของปุ๋ย 75% d.b. ลดความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 21.21% d.b. ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 6 hr ซึ่งจะเห็นได้ว่าอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์ด้วยเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะอบแห้งได้ดีและเร็วกว่าการตากแดดโดยตรงเพียงอย่างเดียว

คำหลัก: การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, การอบแห้ง, ปุ๋ยเม็ดอินทรีย์

Abstract

This research aims to study the granular organic fertilizer drying by solar energy. Dryer set includes a flat plate solar collector and a box dryer within the same section. The flat plate solar collector was at the top and the dryer was under its solar collector. A size of flat plate solar collector was 1.0 m width, 1.0 m long and 0.1 m high. In the experiment, granular organic fertilizer was used 8 kg. The diameter of granular organic fertilizer was 5 mm. In this research, there was compared between drying by the solar collector set and natural sunlight. The results showed that the flat plate solar collector set can heat to a temperature of about 65°C. The mass flow rate of hot air was 0.10 kg/s. Granular organic fertilizer drying by the flat plate solar collector can reduce the initial moisture content from 75% d.b. and reduce average final moisture content to 21.21% d.b. for about 6 hours drying time. It can be seen that granular organic fertilizer drying by the flat plate solar collector was better and faster than direct sunlight.

Keywords: drying by solar energy, drying, granular organic fertilizer

1. บทนำ

เทคนิคการอบแห้งในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ [1-2] การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบหมุน [3] การอบแห้งโดยใช้ฟลูอิดไชน์เบด [4] และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การนำเทคนิคการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับพืชผลทางการเกษตรก็ยังเป็นที่ยอมรับอย่างมากในวงการวิจัยไทย ยกตัวอย่าง เช่นการอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อแก้ปัญหาคาการตากแห้งเส้นยาสูบของเกษตรกรที่ประสบกับภาวะความแปรปรวนของสภาวะแวดล้อมที่ทำให้เส้นยาสูบเสียหายในระหว่างการตากแห้ง โดยต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบที่สร้างขึ้นเน้นการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก พื้นที่ของหลังคาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำด้วยสังกะสีแผ่นลอน ผืนและพื้น รวมทั้งท่อนำความร้อนเข้าสู่โรงเรือนทำด้วยแผ่นยิปซัมแบบเรียบสองชั้น ส่วนโครงสร้างทำด้วยเหล็กกล่อง งานวิจัยดังกล่าวพบว่า การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ถึง 25.2 % [5]

การอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ [6] ชีรเดช ชีวนันทชัยได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางทางจลนศาสตร์ของการอบแห้งทุเรียนแผ่นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยอาศัยหลักการลอยตัวตามธรรมชาติของอากาศร้อน ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้ศึกษาปัจจัยของพารามิเตอร์ในการอบแห้งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบแห้งสัมพันธ์ถึงค่ารังสีแสงอาทิตย์ได้นำข้อมูลจากปัจจัยมาสร้างแบบจำลองในการทำนายการลดลงของความชื้นและสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนในการแห้งตัวของทุเรียนแผ่น

นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคการอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้อบกล้วยเล็บมือนาง โดยประยุกต์แบบเรือนกระจกขนาดกลางปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ออกแบบระบบระบายอากาศด้วยพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(Solar cell) เพื่อดูความชื้นออกจากระบบอบแห้งจากการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบกล้วยเล็บมือนางที่มีคุณภาพดีได้เร็วกว่าการตากแดดตามวิธีธรรมชาติถึง 2 วัน [7]

นอกจากผลผลิตทางการเกษตรแล้ว ปุ๋ยก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เป็นที่ต้องการควบคู่ไปกับการเติบโตของตลาดพืชผลผลิตทางการเกษตรไทย ดังจะเห็นได้ว่า ปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพงขึ้นมากและบางส่วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการแปรรูปของปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพสูงเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีจึงมีความสำคัญมากขึ้นตามลำดับ งานวิจัยก่อนหน้านี้ มีการศึกษาเพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งปุ๋ยแบบหมุนโดยใช้ความร้อนทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมกับก๊าซชีวภาพ โดยต้องใช้ความร้อนทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงถึง 400 °C ร่วมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง จากการออกแบบจะได้เครื่องอบแห้งปุ๋ยแบบหมุนที่กำลังการผลิตถึง 1 ตันต่อวัน ในขณะที่ต้องใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนท่ออบแห้งขนาด 5 HP จำนวน 2 ตัว และใช้พัดลม (Blower) สำหรับดูดลมร้อนและลมเย็นขนาด 2 แรงม้า จำนวน 2 ตัว โดยที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 66 % [3] แต่หากพื้นที่ใดไม่มีความร้อนทั้งก็ไม่สามารถทำระบบอบแห้งปุ๋ยในรูปแบบดังกล่าวได้ ดังนั้นถ้าปรับเปลี่ยนระบบอบแห้งมาเป็นแบบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอยู่อย่างไม่จำกัดในทุกพื้นที่ก็จะสามารถแก้ปัญหาได้ และยังสามารถลดขนาดเครื่องอบแห้งให้เหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของกระบวนการผลิตปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพสูงระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม โดยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างไม่จำกัดให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด แต่ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่มักเกิดขึ้นสำหรับกระบวนการอบแห้งคือเครื่องอบแห้งโดยทั่วไปสามารถใช้ได้เฉพาะในเวลากลางวันและวันที่มีแสงแดดเท่านั้น ยิ่งโดยเฉพาะในวันที่อากาศแปรปรวน หรือมีเมฆครึ้มสลับกับแดดอาจทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งปุ๋ยให้ได้คุณภาพ

ยาวนานขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งบู่เมตอินทรีย์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาในการอบแห้งบู่เมตอินทรีย์ให้เร็วขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการอบแห้งวัสดุ [8]

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยการให้พลังงานความร้อนแก่วัสดุที่จะนำมาอบแห้ง เพื่อให้ความชื้นออกโดยการระเหย การอบแห้งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายโอนความร้อนไปยังผิววัสดุที่ชื้น โดยอาศัยอากาศร้อนเป็นตัวกลางในการพาความร้อน ซึ่งกระบวนการการถ่ายโอนความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนมวลสารไปพร้อมๆ กัน กล่าวคือ เมื่อความร้อนถ่ายโอนจากอากาศร้อนไปยังผิวของวัสดุ ทำให้น้ำที่ผิววัสดุเกิดการระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่ออกจากผิววัสดุสู่อากาศที่อยู่รอบๆ วัสดุนั้น ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับมวลวัสดุชิ้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \quad (1)$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กับวงการค้า โดยทั่วไปจะอ้างในรูปของเปอร์เซ็นต์ (100 M_w)

2.1.2 ความมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \quad (2)$$

w คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลวัสดุแห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์ % d.b.

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, เปอร์เซ็นต์ % w.b.

2.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายอัตราการอบแห้ง [9] แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลง สำหรับช่วง

อัตราการอบแห้งคงที่ของการอบแห้งนั้น เป็นการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของไอน้ำไปยังวัสดุโดยมีผลต่างของอุณหภูมิเป็นตัวผลักดัน การถ่ายเทความชื้นเกิดขึ้นที่ผิวด้านนอกเท่านั้นไม่ได้เกิดจากการแพร่ (Diffusional mass transfer) อัตราส่วนความชื้นลดลงคงที่ เมื่อความชื้นของวัสดุลดลงจนถึงความชื้นวิกฤต (ขึ้นอยู่กับสภาวะในการทดลอง) เป็นช่วงที่ความชื้นภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมาที่ผิววัสดุโดยการแพร่แล้วระเหยสู่ตัวกลางอบแห้ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำภายในวัสดุมาช้ากว่าการพาความร้อนจากผิววัสดุไปยังตัวกลางอบแห้ง ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง สำหรับอัตราการอบแห้งช่วงนี้ได้ใช้แบบจำลองของทรงกลมทำนายอัตราการอบแห้งเพื่ออธิบายการถ่ายเทความชื้นภายในวัสดุ ดังสมการที่ 3

ดังนั้น สภาวะขอบเขตสำหรับวัสดุทรงกลม เขียนได้ว่า

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n^2} \right) \exp \left(-n^2 \frac{\pi^2 D_{eff}(t)}{r^2} \right) \quad (3)$$

$$D_{eff} = D_o \cdot \exp \left(-\frac{E_a}{RT} \right) \quad (4)$$

MR คือ อัตราส่วนความชื้น

D_{eff} คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ประสิทธิผล, m^2/s

D_o คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่คงที่, m^2/min

E_a คือ พลังงานที่ใช้ในการอบ, kJ/kmol

R คือ ค่าคงที่ของอากาศ 8.314 kJ/kmol.K

T คือ อุณหภูมิอบแห้ง, Kelvin

r คือ รัศมีของทรงกลม, m

t คือ เวลาเมื่อวัสดุถึงความชื้นวิกฤต, sec

n คือ Positive integer

2.2 ทฤษฎีตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ (Solar Flat Plate Collector) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับรังสีดวงอาทิตย์ [10] เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้วถ่ายโอนให้กับของไหล เช่น น้ำหรืออากาศ เพื่อนำความร้อนไปใช้งาน สำหรับกรณีตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานความร้อนที่นำไปใช้มีสมการสำคัญดังนี้

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_i - T_a)] \quad (5)$$

- Q_u คือ ความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
จริงที่สภาวะสม่ำเสมอ, W
- A_c คือ พื้นที่ตัวเก็บรังสี, m^2
- S คือ รังสีแสงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนที่แผ่น
ดูดกลืนรังสี, W/m^2
- U_L คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม,
 $W/m^2.K$
- T_i คือ อุณหภูมิของอากาศภายในตัวเก็บรังสี, $^{\circ}C$
- T_a คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม, $^{\circ}C$

2.3 การพาความร้อนแบบบังคับระหว่างแผ่นราบ สองแผ่นที่วางขนานกัน

อัตราการถ่ายโอนความร้อน ระหว่างแผ่นราบที่
วางเอียงทำมุมกับแนวราบ คือ สิ่งที่สำคัญที่บอกถึง
สมรรถนะของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ
ข้อมูลของการพาความร้อนแบบบังคับที่ใช้

ตัวเลขนัสเซลท์ (Nusselt Number) [11] การพา
ความร้อนแบบบังคับโดยการไหลแบบกระเจก 2 ชั้น

$$Nu = 0.0333 Re^{0.8} Pr^{1/3} \quad (6)$$

2.4 การหาค่าประสิทธิภาพช่วงขณะกับรังสีตรงซึ่ง ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับแผ่นดูดกลืนรังสี

$$\eta_c = \frac{\dot{m} C_{pa} (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c G_T} \quad (7)$$

- เมื่อ η_c คือ ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสี ขณะใด
ขณะหนึ่ง, เศษส่วนไร้หน่วย
- A_c คือ พื้นที่เก็บรังสีเฉพาะส่วนที่สามารถ
ดูดกลืนรังสีอาทิตย์, m^2
- G_T คือ รังสีรวมที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บ
รังสี, W/m^2
- $T_{f,o}$, $T_{f,i}$ คือ อุณหภูมิอากาศที่ทางออกและเข้า
ของเครื่องอบแห้ง, $^{\circ}C$
- C_{pa} คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ,
 $kJ/kg.K$
- $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1) เม็ดปุ๋ยอินทรีย์ขนาด 5 mm ดังตารางที่ 1
แสดงข้อมูลของวัตถุดิบในการหมักปุ๋ยและนำมา
อัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ 2) เครื่องอบเม็ดปุ๋ย ดังแสดงในรูป
ที่ 1 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์
พลังงานแสงอาทิตย์ 3) ตาชั่งวัดน้ำหนัก 4) นาฬิกา
จับเวลา 5) เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ รุ่น
HIOKI8422-51 Memory Hilogger 6) Portable Air
Velocity Meter เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบ Hot
wire รุ่น 8347A สามารถวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์
ความเร็วลม และอัตราการไหลของอากาศ 7) พัดลม
ใบแบน รุ่น Sanyo Model 109-025 UL 230 V 50/60
Hz 17/94 W 8) ไพรานอมิเตอร์แบบ Eppley
precision วัดความเข้มแสงอาทิตย์วัดค่าความต่าง
ศักย์ไฟฟ้ามีความแม่นยำ $\pm 1\%$ แรงดันไฟฟ้า
5-10 mV/cal.cm².min

3.2 การหมักปุ๋ยและการอัดเม็ดปุ๋ย

3.2.1 การหมักปุ๋ย

เตรียมวัตถุดิบในการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์ โดย
จัดหาวัตถุดิบที่จำพวก หนึ่งสัตว์ มูลสัตว์ มูลวัว
มูลเป็ด กระดุก และขี้เถ้า แล้วส่งไปตรวจหาค่าแร่ธาตุ
ของอาหารพืช ไนโตรเจน ฟอสเฟส และโพแทส ที่มี
อยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนทำการหมัก นำเอา
วัตถุดิบมาทำการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันตาม
ส่วนประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 1 ตวงวัตถุดิบตาม
สัดส่วนในการผสมวัตถุดิบตามน้ำหนัก โดยรวม
น้ำหนักทั้งหมดให้ได้ 10 kg นำจุลินทรีย์เพื่อเร่งการ
ย่อยสลาย คือสารเร่ง พด.1 จากกรมพัฒนาที่ดิน
ปริมาณ 100 g ละลายในน้ำ 2 ลิตร แล้วฉีดพรมปุ๋ย
ให้ทั่วและทำการหมักทิ้งไว้ประมาณ 2-3 เดือน แล้ว
ทุกสัปดาห์เช็คเปิดถังหมักเพื่อดูความชื้นของปุ๋ย พรอม
นำให้ชุ่มทุกสัปดาห์ และกลับกองปุ๋ยให้ทั่วเพื่อคาย
ความร้อนจากกองปุ๋ยหมักโดยปุ๋ยหมักจะสิ้นสุดการ
หมักต้องใช้เวลา 3 เดือน

3.2.2 การอัดเม็ดปุ๋ย

เมื่อปุ๋ยหมักที่ผึ่งไว้แห้งได้ที่ตามต้องการแล้ว ให้ทำการเตรียมเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย นำกากน้ำตาล 1 kg มาผสมกับน้ำตาม 4 ลิตร คนให้เข้ากัน ทำการฉีดพรมน้ำที่ผสมกากน้ำตาลให้กับปุ๋ยแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันทั่วทั้งเนื้อปุ๋ย โดยควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นไว้ที่ 75-78 ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%d.b.) แล้วทำการบ้อนปุ๋ยหมักเข้าสู่เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดปุ๋ย 5 mm ปริมาณปุ๋ยเม็ดที่อัดได้ครั้งละ 8 kg

ตารางที่ 1 ข้อมูลของวัตถุดิบในการหมักปุ๋ย 10 kg

วัตถุดิบ	สัดส่วนในการผสม	จำนวน กิโลกรัม
1. หนัสดั้ว	22 %	2.2 kg
2. กระดุก	25 %	2.5 kg
3. มูลวัว	15 %	1.5 kg
4. มูลเป็ด	20 %	2.0 kg
5. ขี้เถ้า	18 %	1.8 kg

3.3 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูลการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งปุ๋ย

3.3.1 อบในช่วงเวลา 10:00–16.30 น.

3.3.2 เตรียมเม็ดปุ๋ยให้ได้ขนาด 5 mm น้ำหนักของเม็ดปุ๋ยเริ่มต้นที่ 8 กิโลกรัม

3.3.3 เตรียมเครื่องอบแห้งโดยการเปิดพัดลมระบายความชื้น ดังรูปที่ 1

3.3.4 ในการอบแต่ละครั้งจะใช้ 4 ถาด และตักอบมีขนาด 100 x 120 x 10 cm ดังรูปที่ 2

3.3.5 หลังจากนั้นทำการ ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ แล้วบันทึกค่าการทดลองเพื่อเป็นค่าเริ่มต้นของการอบแห้ง และตรวจวัดค่าต่างๆ ทุกๆ 30 นาทีแล้วบันทึกค่าการทดลอง ดังรูปที่ 3

3.3.6 ทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยใส่ถ้วยแล้วนำไปชั่งหาค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปตามเวลาและนำไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าเพื่อหาค่าความชื้นสุดท้ายและแล้วบันทึกค่าการทดลอง



รูปที่ 1 ลักษณะของเครื่องอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์พร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ รุ่น HIOKI8422-51 Memory Hilogger

ลักษณะของเครื่องอบแห้งปุ๋ยเม็ดอินทรีย์พลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 1 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับรังสีจากแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในรูปการแผ่รังสีและการพาความร้อนแบบบังคับแล้วถ่ายเทให้กับอากาศที่ไหลภายในแต่ละชั้นของแผงรังสีอาทิตย์ เพื่อนำความร้อนไปใช้งานในการอบแห้ง ซึ่งด้านบนของห้องอบแห้งลักษณะของกระจก 2 ชั้น ปิดด้านบนของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ ทาด้วยสีดำด้าน ขนาด 1.0 x 1.0 x 0.1 m และมีระยะห่างช่องว่างให้อากาศไหลระหว่างกระจกทั้งสองและแผ่นรับรังสีอาทิตย์ 15 cm จะเจาะช่องติดตั้งพัดลมดูดอากาศร้อนไหลจากด้านบนของกระจกไหลลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง



รูปที่ 2 แสดงห้องอบแห้งและถาดใส่เม็ดปุ๋ยอินทรีย์ใส่ได้จำนวน 4 ถาด ปริมาณปุ๋ยเม็ดอบได้ครั้งละ 8 kg



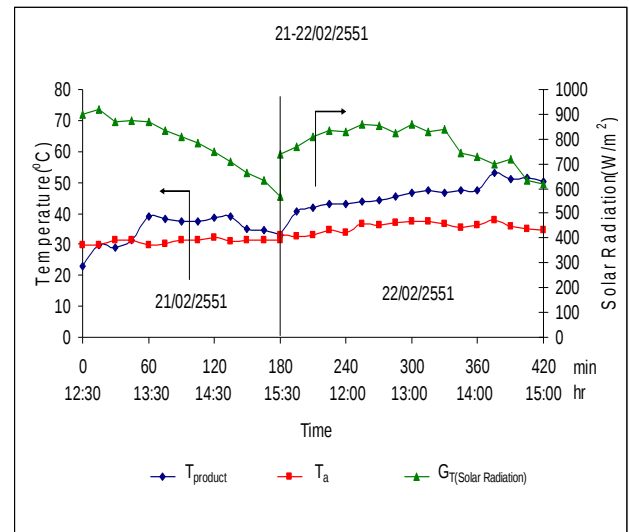
รูปที่ 3 ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ แล้วบันทึกค่าการทดลอง

4. ผลการทดลอง

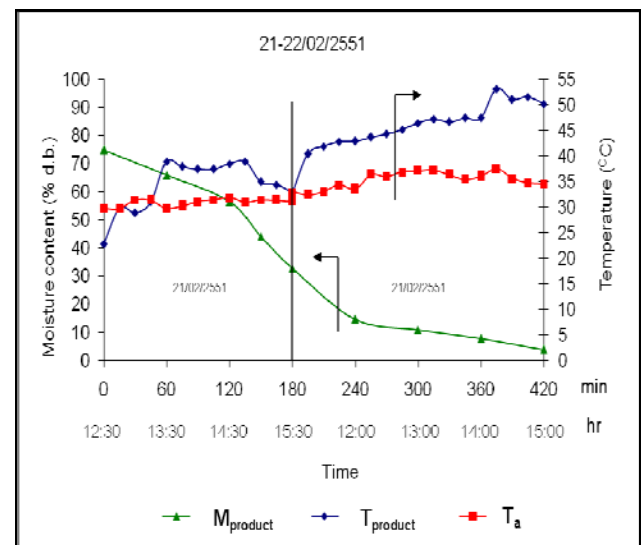
4.1 ผลของการทดลองการตากแห้งปุ๋ยด้วยแดดโดยตรง

ค่ารังสีแสงอาทิตย์ (G_T) มีความเข้มของแสงตกกระทบของวันที่ 21 กุมภาพันธ์ และวันที่ 22 กุมภาพันธ์ เฉลี่ยตลอดทั้งวัน 783.7 W/m^2 และ 775.5 W/m^2 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อตากแห้งปุ๋ยด้วยแดดโดยตรงในวันที่ 21 กุมภาพันธ์ ช่วงเวลา 12:30-15:00 น. อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยจะเพิ่มขึ้นตามค่ารังสีแสงอาทิตย์ โดยช่วงเริ่มต้นมีอุณหภูมิ 22.9°C ซึ่งเป็นช่วงที่เม็ดปุ๋ยยังมีความชื้นสูงอยู่มากทำให้อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยเพิ่มขึ้นเป็น 39°C ทั้งนี้เนื่องจากมวลของน้ำที่เกาะอยู่บริเวณผิวนอกของเม็ดปุ๋ยเป็นจำนวนมากเกิดการกระเหยออกสู่อากาศร้อนส่งผลให้อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยเพิ่มขึ้นได้ไม่มากนัก และในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ ช่วงเวลา 12:00-14:00 น. รังสีแสงอาทิตย์มีมากทำให้อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้นจาก 36°C เป็น 50°C เนื่องจากมวลน้ำที่ผิวนอกของเม็ดปุ๋ยแห้งหมดแล้วซึ่งความชื้นจะหลงเหลืออยู่แต่ภายในเม็ดปุ๋ยเท่านั้น จึงทำให้อุณหภูมิเม็ดปุ๋ยแห้งสูงขึ้น ดังนั้นค่ารังสีแสงอาทิตย์จึงมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในเม็ดปุ๋ย เนื่องจากเม็ดปุ๋ยจะดูดกลืนพลังงาน

แสงอาทิตย์โดยการสะสมพลังงานความร้อนเข้าสู่ภายในเม็ดปุ๋ยซึ่งเป็นผลให้อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยสูงขึ้น



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่ารังสีแสงอาทิตย์ (G_T) เทียบกับเวลาในการตากแห้งปุ๋ยด้วยแดดโดยตรง



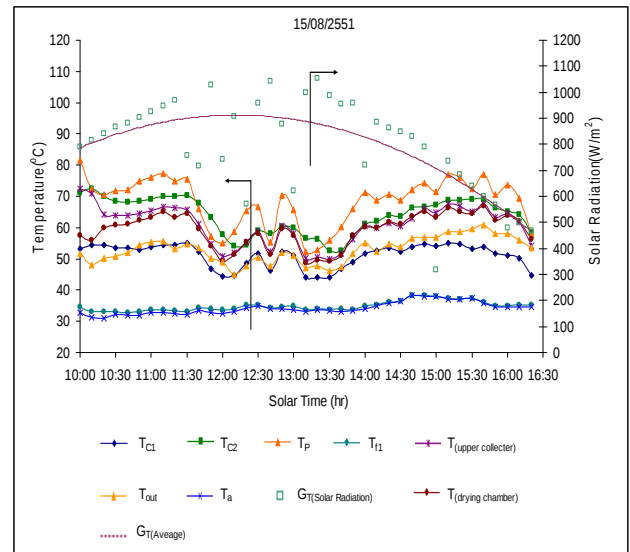
รูปที่ 5 ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งและอุณหภูมิ เทียบกับเวลาในการตากแห้งปุ๋ยด้วยแดดโดยตรง

วันที่ 21 กุมภาพันธ์ เวลา 12:30–15:30 น. อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยสูงสุดเฉลี่ย 38°C สามารถลดความชื้นจากค่าเริ่มต้น $75\% \text{ d.b.}$ ลงมาเหลือ $32.8\% \text{ d.b.}$ ดังรูปที่ 5 ในวันแรกความชื้นที่ลดลงในช่วงนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลน้ำและการถ่ายโอนความร้อนซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวนอกของเม็ดปุ๋ย โดยน้ำ

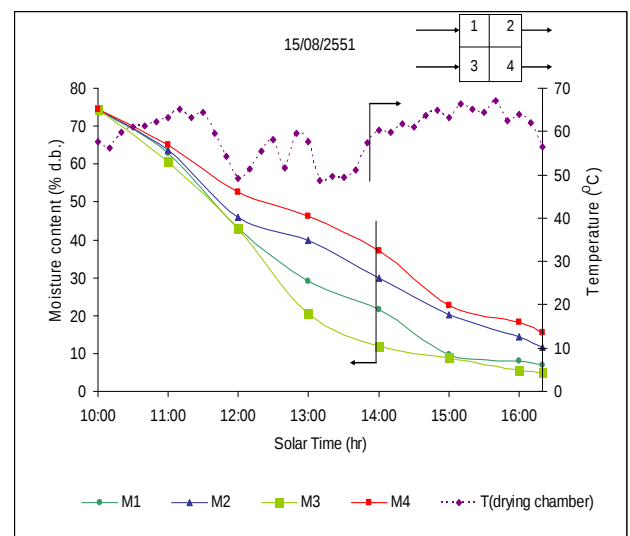
จะระเหยอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้น จะเห็นได้ว่า การตากแดดโดยตรงกับแสงอาทิตย์ในรูปแบบนี้มีผลต่ออัตราการระเหยน้ำออกจากเม็ดปุ๋ย อันเนื่องมาจากผลของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในเม็ดปุ๋ยกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมจนทำให้ความชื้นมาตรฐานแห้งในเม็ดปุ๋ยลดลงเหลือ 32.87 % d.b. เพียงในวันแรกเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ความชื้นที่ต้องการให้ลดลงควรอยู่ที่ประมาณ 10 % d.b. ดังนั้นจึงต้องมีการตากแห้งปุ๋ยด้วยแดดต่อในวันถัดมาคือ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ ในเวลา 12:00-15:00 น. จากค่าความชื้นเริ่มต้นของเม็ดปุ๋ยในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ สามารถลดความชื้นจากค่าเริ่มต้น 32.8 % d.b. ลงมาเหลือ 8 % d.b. อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยสูงสุด 47.5°C ในเวลา 14:00 น.

4.2 ผลของการทดลองการอบแห้งปุ๋ยด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในวันที่ 15 สิงหาคม ท้องฟ้ามีแดด มีความเข้มของแสงตกกระทบบนแผงรับรังสี (G_T) เฉลี่ยเท่ากับ 796.2 W/m^2 ความเร็วลมแวดล้อม 0.77 m/s โดยมีพัดลมบ่อนอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.10 kg/s จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่า ในเวลา 10:00-11:30 น. และ 14:00-16:00 น. อุณหภูมิอากาศร้อนจะเพิ่มขึ้นตามค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการสะสมพลังงานความร้อนภายในห้องอบ ทำให้อุณหภูมิในห้องอบสูงถึง 67°C แต่ในช่วงเวลา 12:00-14:00 น. อุณหภูมิจะเริ่มลดลงตามค่ารังสีอาทิตย์เนื่องจากท้องฟ้ามีเมฆมาก จะเห็นได้ชัดเจนว่า ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เริ่มลดลงส่งผลน้อยมากต่ออุณหภูมิภายในห้องอบ เนื่องจากเกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนที่สะสมภายในแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ให้กับอากาศในห้องอบแห้ง ดังนั้น ค่ารังสีแสงอาทิตย์จะมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิความร้อนภายในห้องอบเนื่องจากแผงรับรังสีอาทิตย์จะเก็บสะสมพลังงานโดยแปรรูปจากรังสีแสงอาทิตย์เป็นอุณหภูมิของอากาศในห้องอบแห้งที่ร้อนขึ้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่ารังสีแสงอาทิตย์ (G_T) เทียบกับเวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 7 ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งและอุณหภูมิเทียบกับเวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

วันที่ 15 สิงหาคม ตั้งแต่เวลา 10:00-16:30 น. จากรูปที่ 7 ที่อุณหภูมิภายในห้องอบเท่ากับ 65°C อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.10 kg/s เมื่อนำปุ๋ยไปอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดความชื้นจากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 74.84 % d.b. ในเวลา 10:00 น. โดยที่ตะแกรงที่ 3 จะมีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งลดลงดีที่สุดเท่ากับ 20.47 % d.b. ในเวลา 13:00 น. ตะแกรงที่ 1 มีค่าความชื้นมาตรฐาน

แห้งเท่ากับ 21.70% d.b. ในเวลา 14:00 น. ตะแกรงที่ 2 มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 21.21% d.b. ในเวลา 15:00 น. และตะแกรงที่ 4 มีค่าความชื้นมาตรฐานแห้งเท่ากับ 22.78% d.b. ในเวลา 15:00 น.

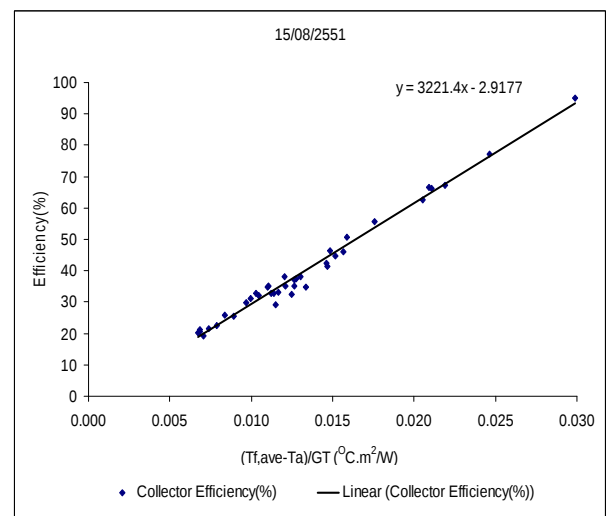
สังเกตเห็นได้ว่าตะแกรงที่ 3 จะมีค่าความชื้นลดลงดีที่สุดและรองลงมาคือตะแกรงที่ 1 เนื่องจากตะแกรงที่ 3 และ 1 อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ ทางเข้าของอากาศร้อนเป็นตะแกรงที่ได้รับความร้อนเป็นจุดแรกก่อนที่จะถ่ายโอนความร้อนไปยังตะแกรง 2 และ 4 ตามลำดับ จากการทดลองอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะสังเกตได้ว่า ความชื้นลดลงในช่วงแรกตั้งแต่เวลา 10:00–12:00 น. นี้ เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลน้ำและการถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของเม็ดปุ๋ยอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะเห็นได้ว่ามีผลต่อการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดีขึ้น เนื่องมาจากผลของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ของวัสดุกับอากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีมากขึ้น ส่งผลทำให้ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นในเนื้อเม็ดปุ๋ยมีค่าเพิ่มขึ้น และมีผลโดยตรงทำให้การถ่ายโอนความร้อนและมวลของน้ำดีขึ้น

ในช่วงเวลา 10:00 – 14:00 น. อุณหภูมิ อากาศร้อนที่อบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเนื่องจากท้องฟ้ามีเมฆมาก ทำให้มีการระเหยน้ำออกจากเม็ดปุ๋ยได้ไม่ดีนัก และในช่วงเวลา 14:00–16:00 น. เป็นช่วงที่มีแดดดีขึ้น ทำความชื้นของเม็ดปุ๋ยนั้นถูกระเหยจนแห้งลงทำให้ผิวเม็ดปุ๋ยนั้นแห้ง ชั้นฟิล์มอากาศรอบเม็ดปุ๋ยจึงมีความหนาลดลง ส่งผลให้ความต้านทานการไหลของความร้อนและมวลของน้ำลดลง กระแสอากาศจึงไหลได้อย่างอิสระมากขึ้นเป็นผลให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลน้ำได้ดีขึ้น

จากรูปที่ 8 เมื่อเปิดพัดลมในการอบแห้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีของระบบลมร้อน โดยมีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.1 kg/s ความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่าเฉลี่ย 796.2 W/m² อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย 34.15 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 45.50 % RH โดยสมมติฐานว่า U_L , F_R และ $\tau\alpha$

มีค่าคงที่ พบว่าค่าประสิทธิภาพชั่วขณะของเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (η_i) เมื่ออุณหภูมิอากาศเข้าแผงเก็บรังสีเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม ซึ่งคือจุดตัดแกน y ค่า $(F_R \cdot \tau\alpha)_n$ เท่ากับ 0.029 โดย F_R คือแฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวเก็บรังสีของเครื่องอบแห้ง ส่วนค่า $(\tau\alpha)$ คือค่าการส่งผ่านและการดูดกลืนของรังสีเข้าสู่ตัวเก็บรังสี และค่าความชันของกราฟ เป็นผลมาจาก ค่า F_R และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม (U_L) ซึ่งคือความชันของกราฟ (U_L , F_R) เท่ากับ 32.212 W/m² K ดังนั้นประสิทธิภาพชั่วขณะของเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (η_i) มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 8

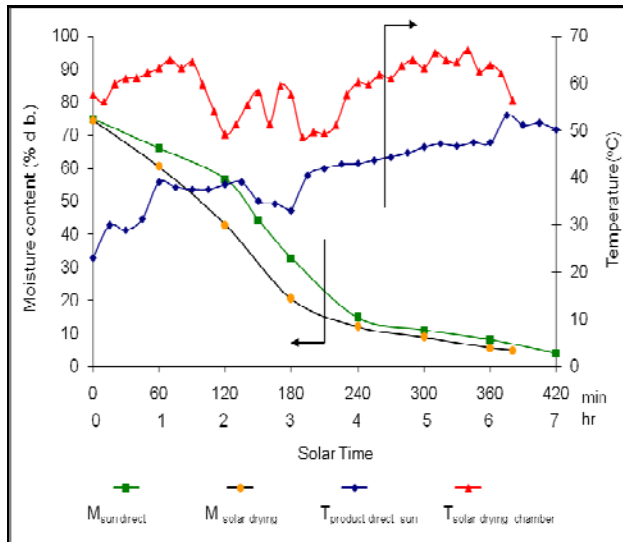
$$\eta_i = F_R (\tau\alpha)_n - \frac{F_R U_L (T_{f,av} - T_a)}{G_T} \quad (8)$$



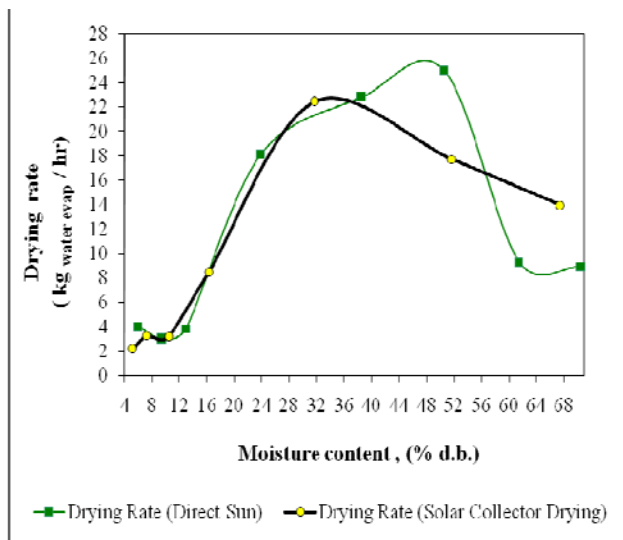
รูปที่ 8 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของตัวเก็บรังสีของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 9 จากการเปรียบเทียบทดลองการอบแห้งด้วยทั้งสองวิธี พบว่า ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้น โดยที่ความชื้นมาตรฐานแห้งของการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงเริ่มต้นเท่ากับ 93.64 % d.b. แล้วลดลงเหลือ 3.99 % d.b. ที่เวลาตากแห้งเท่ากับ 420 นาที อุณหภูมิในเม็ดปุ๋ยเฉลี่ยเท่ากับ 45.6 °C ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งของการอบแห้งปุ๋ยด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เริ่มต้นเท่ากับ 74.84 % d.b. แล้วลดลงเหลือ 4.87 % d.b. ที่เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 380 นาที อุณหภูมิในห้องอบเฉลี่ยเท่ากับ 65 °C



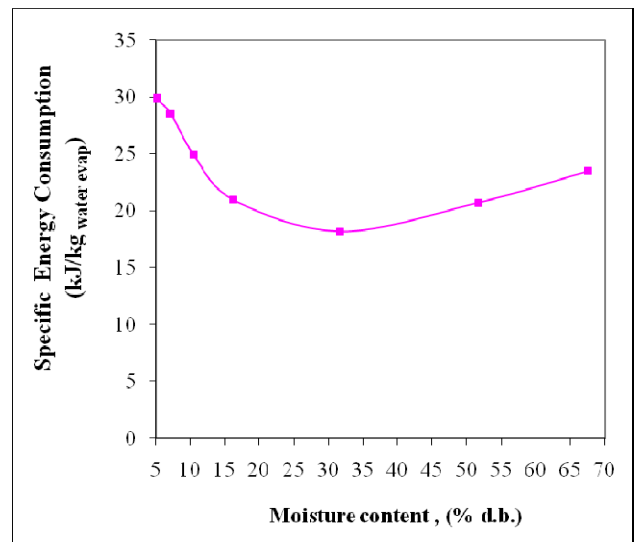
รูปที่ 9 ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจากการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและความชื้นของปุ๋ยเม็ด

จากรูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งและความชื้นของปุ๋ยเม็ดจากการตากแห้งโดยตรง เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพบว่าที่ความชื้นสูงๆ ในช่วงแรก อัตราการอบแห้งจะยังต่ำทั้งสองกรณี เพราะเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวล

น้ำภายในเม็ดปุ๋ยและการถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของเม็ดปุ๋ย ยังถ่ายเทได้อย่างช้าๆ แต่เมื่อรังสีอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลา 12.00 น. เป็นผลทำให้อุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้งลดลง ความชื้นเม็ดปุ๋ยเฉลี่ยของการตากแดดอยู่ที่ 50.31% d.b. และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอยู่ที่ 32 % d.b. พบว่ามีผลต่ออัตราการอบแห้งสูงขึ้นทั้งสองกรณี การอบแห้งด้วยเครื่องพลังงานแสงอาทิตย์จะมีอัตราการอบแห้งสม่ำเสมอและอัตราการระเหยน้ำในเม็ดปุ๋ยคงที่มากกว่าการตากแดดโดยตรง เนื่องมาจากผลของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเม็ดปุ๋ยกับอากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่างมากขึ้น ส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นในเนื้อเม็ดปุ๋ยมีค่าเพิ่มขึ้น และมีผลโดยตรงทำให้การถ่ายโอนความร้อนและมวลของน้ำดีขึ้น และเมื่อเวลาที่ 15.00-16.00 น. เป็นช่วงที่รังสีอาทิตย์มีค่าลดลง และความชื้นในเม็ดปุ๋ยระเหยออกไปเหลือน้อยลง เป็นผลทำให้อัตราการอบแห้งลดลงน้อยลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและความชื้นเม็ดปุ๋ยของการอบแห้งด้วยเครื่องพลังงานแสงอาทิตย์

จากความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากข้อมูลของอุปกรณ์พัดลมใบแบนแสดงไว้ที่ 60 Hz 94 W แต่จากการวัดค่า

แรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจริงขณะใช้งาน ทำให้คำนวณกำลังไฟฟ้าช่วงที่ 91 W ดังนั้นการใช้พลังงานของพัดลมตามเวลาในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้แปรเปลี่ยนเป็นความสัมพันธ์ของพลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานจากพัดลมได้ดังแสดงในรูปที่ 11 พบว่าในช่วงเริ่มต้นการอบแห้งความชื้นของปุ๋ยเม็ดยังสูงอยู่ แต่อุณหภูมิของอากาศร้อนยังไม่สูงมาก เนื่องจากอยู่ในช่วงการสะสมพลังงานความร้อนและดูดกลืนรังสีเข้าสู่ห้องอบแห้ง ยังต้องอาศัยปัจจัยจากค่าพลังงานของรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งยังไม่สูงมากนัก ทำให้การอบแห้งในช่วงแรก 10.00 -11.00 น. นั้นยังใช้พลังงานสัมพันธ์สูงอยู่ที่ $23.50 \text{ kJ/kg}_{\text{water evap}}$ ที่ความชื้น 67.51 % d.b. แต่เมื่อเวลา 12.00-13.00 น. พบว่า การใช้พลังงานของพัดลมลดลงอย่างมาก ทำให้เห็นความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับความชื้นของน้ำที่ระเหยออกไป อยู่ที่ $18.20 \text{ kJ/kg}_{\text{water evap}}$ ที่ความชื้น 31.66 % d.b. และณ เวลาที่ 15.00-16.00 น. ความชื้นในเม็ดปุ๋ยได้ระเหยเหลือน้อยลง ทำให้ค่าความสัมพันธ์พลังงานของพัดลมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับความชื้นที่อยู่ภายในเม็ดปุ๋ย เพราะว่าการระเหยนํ้าออกไปทำได้ช้าลง เป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบแห้งและภายในเม็ดปุ๋ยแตกต่างกันน้อยลง เพราะเป็นช่วงเวลาที่รังสีแสงอาทิตย์ลดลงในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ทำให้ให้เกิดการถ่ายโอนมวลนํ้าออกจากเม็ดปุ๋ยทำได้ยากเป็นผลทำให้ต้องใช้พลังงานความสัมพันธ์จำเพาะของพัดลมเพิ่มสูงขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา และทำการทดลอง การอบแห้งเม็ดปุ๋ย ด้วยวิธีตากแห้งเม็ดปุ๋ย ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงเปรียบเทียบกับ การอบแห้งเม็ดปุ๋ย โดยการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อนำเม็ดปุ๋ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm มีความชื้นเริ่มต้นที่ 74.48 - 75 % d.b. โดยต้องการออกแบบเครื่องอบแห้งให้สามารถลดความชื้นในเม็ดปุ๋ยให้ความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10% d.b. จากผลการทดลองพบว่า

1) การตากแห้งเม็ดปุ๋ย โดยการใช้การตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง สามารถลดความชื้นได้ตามที่ต้องการแต่ต้องใช้เวลามากถึง 2 วัน (ในวันที่มีรังสีแสงอาทิตย์ดี)

2) การอบแห้งเม็ดปุ๋ย โดยการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดความชื้นได้ตามที่ต้องการ โดยใช้เวลาในการอบแห้งรวมเพียง 6 ชั่วโมง

ตัวแปรสำคัญที่ทำให้การอบแห้งสามารถลดความชื้นได้ตามที่ต้องการนั้น คือ รังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในเม็ดปุ๋ย และความเร็วลมซึ่งมีผลต่อการลดความชื้นและการสะสมพลังงานความร้อนภายในห้องอบแห้ง ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ส่งผลให้เกิดข้อดี-ข้อเสียในการอบแห้งเม็ดปุ๋ย คือ

1) การตากแห้งเม็ดปุ๋ย โดยการใช้การตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง มีข้อดีคือเสียค่าใช้จ่ายน้อย ข้อเสียคือต้องตากแห้งในวันที่มีรังสีแสงอาทิตย์เพียงพอและใช้เวลามากกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงเวลากลางคืนหรือในวันที่อากาศมีความชื้นสูงเม็ดปุ๋ยจะดูดความชื้นจากอากาศ ทำให้การตากแห้งทำได้ยาก หรือต้องใช้เวลามาก ต้องใช้พื้นที่ในการตากแห้งมาก และต้องใช้คนนำออกตากและเก็บ ก่อให้เกิดความยุ่งยากและเสียเวลา

2) การอบแห้งเม็ดปุ๋ย โดยการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อดีคือการใช้รังสีแสงอาทิตย์ไม่ต้องเสียค่าพลังงานเชื้อเพลิง ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ข้อเสียคือไม่สามารถอบแห้งเม็ดปุ๋ยได้ในวันที่ไม่มีรังสีแสงอาทิตย์ และในเวลากลางคืน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วันชนะ ยิงยืน, สโรชา เจริญวัย, สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย และ ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (2555). การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้งแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง

ประเทศไทย ครั้งที่ 26, ดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย

[2] สวัสดิ์ คำหอม, ฐราวุธ บุญน้อม, ณัฐพงษ์ ประภากร, พรธชา ลิบลับ และ วีรชัย อจาหาญ (2555). การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตพริกแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย*

[3] กฤษฎา นามวงษ์, รัชพล สันติวรารกร และ วศกร ตริเดช (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งปุ๋ยแบบหมุนโดยใช้ความร้อนทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมกับก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งความร้อนในฟาร์มสุกร, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย*

[4] สมล แชนเฮง และ ธนิต สวัสดิ์เสวี (2555). การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของการถ่ายโอนมวลสารภายในฟลูอิดซ์เบดแบบสองมิติด้วยแบบจำลองซีเอฟดี-ดีอีเอ็ม, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย*

[5] เชนัญ จันทรสา, ถวัลย์ มะลิซ้อน และ ปรีชา มะหะหมัด (2555). ต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย*

[6] ชีรเดช ชีวนันทชัย และ ธานีรินทร์ หฤทัยสิริรัตน์ (2548). การพัฒนาแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของการอบแห้งทุเรียนแผ่นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, จังหวัดภูเก็ต, 19-21 ตุลาคม 2548 ,ETM008*

[7] เอกพบ ขจรไพศาล, เสริม จันทรฉาย และ ยงยุทธ์ สวัสดิ์สนีย์ (2556). การศึกษาสมรรถนะของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาด

กลางสำหรับอบกล้วยเล็บมือนาง, *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, ชลพฤกษ์ รีสอร์ท จังหวัดนครนายก*

[8] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[9] ชีรเดช ชีวนันทชัย และ ชีรยุทธ จันทรแจ่ม (2549). แบบจำลองทางจลนศาสตร์การอบแห้งข้าวสุกด้วยลมร้อนจากพลังงานความร้อนห้องไต้หลังคา, *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา , 27-29 กรกฎาคม 2549, ENETT49-059-2*

[10] จงจิตร หิรัญลาม (2541). กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[11] A. A. Mohamad (1997). High efficiency solar air heater, *Solar Energy*, vol. 60, Issue2, February 1997, pp. 71-76.