

การประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับแหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากการเผาไหม้ถ่านหุงต้มจากถ่านหิน

Evaluation of Thermal Performance of a Solar Paddy Dryer with Auxiliary Heat from Coal Briquette Combustion

สรญา ยงประยูร¹ ศิรินุช จินดารักษ์² จอมภพ แวตักดี³

¹ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันราชภัฏลำปาง

119 หมู่ 9 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

โทร 054-217050-1 ต่อ 265, 266 โทรสาร 054-217539 E-mail: SAURAYA_Y@hotmail.com

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

99 หมู่ 9 ถ.พิษณุโลก-นครสวรรค์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

โทร 055-261000-4 ต่อ 3502-3 โทรสาร 055-261000-4 ต่อ 3501 E-mail: sirinuch_goi@yahoo.com

³สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน(ฟิสิกส์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

126/1 ถ.วิภาวดี-รังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

โทร 02-6976000 ต่อ 6519 โทรสาร 02-2777007 E-mail: jompob_wae@utcc.ac.th

Soraya Yongparyun¹ Sirinuch Chindaruksa² Jompob Waewsak³

¹Science Center, Rajaphat Institute Lampang

Tel: 054-217050-1 Ext. 265, 266 Fax: 054-217539 E-mail: SAURAYA_Y@hotmail.com

²Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University

Tel: 055-261000-4 Ext. 3502-3 Fax: 055-261000-4 Ext. 3501 E-mail: sirinuch_goi@yahoo.com

Basic Science Division (Physics), School of Science, The University of the Thai Chamber of Commerce

Tel: 02-6976000 Ext. 6519 Fax: 02-2777007 E-mail: jompob_wae@utcc.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนเสริมจากการเผาไหม้ถ่านหุงต้มจากถ่านหิน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 250 กิโลกรัม ประกอบด้วยตัวทำอากาศร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบโรงเรือน ห้องอบแห้งและปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีพัดลมหมุนแบบธรรมชาติเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง และเตาเผาที่ออกแบบให้ใช้กับถ่านหุงต้มจากถ่านหินเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริม ในเวลากลางวันจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำอากาศร้อนเพื่อใช้ในห้องอบแห้ง ส่วนในเวลากลางคืนอากาศได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านหุงต้มจากถ่านหิน ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งเพื่อประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งในรูปของอัตราการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง โดยทำการทดสอบเครื่องอบแห้งภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่าเมื่อทำการอบแห้ง

ข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแห้งดังกล่าวที่ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกประมาณ 35% มาตรฐานแห้ง จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 8-12 ชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการตากกลางแจ้งแล้วจะต้องใช้เวลาประมาณ 2-3 วันโดยเฉลี่ย นอกจากนั้นอัตราการอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ $1.67 \text{ kgH}_2\text{O}_{\text{evap}}/\text{h}$ และอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 41 องศาเซลเซียส โดยที่ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าประมาณ 10.17 %

Abstract

Natural convection solar dryer is one of the conventional types and widely used to dehydrate agricultural products in Thailand. However, the operation is limited due to the inconsistency of solar radiation intensity. Consequently, the aim of this paper is twofold: the first is to develop the new design of paddy dryer and the second is to evaluate its thermal

performance. Solar hybrid paddy dryer of 250 kg capacity with an auxiliary heat from coal briquette combustion is designed in order to operate all day. It consists of a greenhouse-type solar air heater, a drying chamber as well as a solar chimney with a ventilation fan at the top. Combustion stove with an electrical axial fan acts as an auxiliary heater. During daytime, solar energy is used to generate hot air in a drying chamber. In nighttime, the major heat source provided only by coal briquette combustion. Thermal performance in terms of drying time, drying rate and dryer efficiency has been investigated based upon field testing conditions. Experimentation were carried out in December 2002-February 2003 in Phitsanulok, Thailand. The qualitative analysis showed that the drying time of traditional sun drying of paddy was 2-3 days in average while drying by a solar paddy dryer with an auxiliary heat from coal briquette combustion spent 8-12 hours with 35 %db of initial moisture content. Furthermore, drying rate was about $1.67 \text{ kgH}_2\text{O}_{\text{evap}}/\text{h}$ and the temperature of drying air was maximum about 41°C depending on the outdoor condition. Dryer efficiency was about 10.17 % approximately.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาธรรมชาติอยู่ค่อนข้างมาก ทำให้ประสบปัญหาในเรื่องของ ความชื้นของผลผลิตที่สูงทำให้ราคาสินค้าตกต่ำและไม่สามารถเก็บผล ผลิตนั้นได้นาน ดังนั้นกระบวนการลดความชื้นโดยการตากผลผลิตกลาง แดดก่อนการจัดเก็บจะช่วยลดความรุนแรงของปัญหาเหล่านี้ได้ระดับ หนึ่ง แต่ยังคงประสบปัญหาเรื่องของความไม่แน่นอนของรังสีอาทิตย์จึง ทำให้ต้องอาศัยเทคโนโลยีการอบแห้งเข้ามาช่วยซึ่งต้องพึ่งพาพลังงาน มาใช้ในกระบวนการดังกล่าว ได้แก่ น้ำมัน ฟืน ไฟฟ้า และแสงอาทิตย์ โดยประเทศไทยมีพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ $17 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ ซึ่งมีศักยภาพต่อการลดความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เวลา ที่ใช้สำหรับการตากแห้งจะขึ้นอยู่กับชนิด ความชื้นของผลผลิต ความ หนาของชั้นตากแห้งและสภาวะอากาศแวดล้อม

การตากเมล็ดพืชกลางแดดใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน แต่ในบาง ครั้งเกษตรกรประสบปัญหาผลผลิตเปียกชื้นและไม่สามารถทำให้แห้งได้ ทันเวลาทำให้ผลผลิตเสียหาย เช่น มีเชื้อรา ปัญหาผลผลิตเปียกชื้นมัก เกิดในช่วงฤดูฝนซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องอบแห้ง [1] การแบ่ง ประเภทของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามลักษณะการไหลของ อากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การไหลของอากาศ แบบธรรมชาติ ซึ่งการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งจะไหลโดย อาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในเครื่อง และการไหลของอากาศแบบบังคับ จะมีพัดลมที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงาน จากภายนอกเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของอากาศ การอบแห้งด้วย แสงอาทิตย์มีความคล้ายคลึงกับการอบแห้งโดยใช้เชื้อเพลิงแต่จะต่างกัน ตรงที่ระดับของอุณหภูมิที่ใช้ออบแห้งซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสีแสง อาทิตย์แต่สามารถเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบนี้ได้โดยการ

เลือกใช้พลังงานเสริมจากพลังงานรูปแบบอื่นเพื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิให้ เหมาะสมกับการนำไปใช้ในลักษณะต่าง ๆ ช่วงเวลาที่ผ่านมานงานวิจัย ด้านเครื่องอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ส่วน มากจะเน้นไปที่สเกลขนาดเล็กสำหรับใช้ในไร่นาโดยมีแนวความคิดที่จะ ลดต้นทุนและคำนึงถึงความทนทานในการใช้งานตลอดจนสามารถ ประยุกต์ใช้ได้ตรงตามลักษณะกับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและเหมาะสม กับวัตถุประสงค์การใช้งานต่างๆ

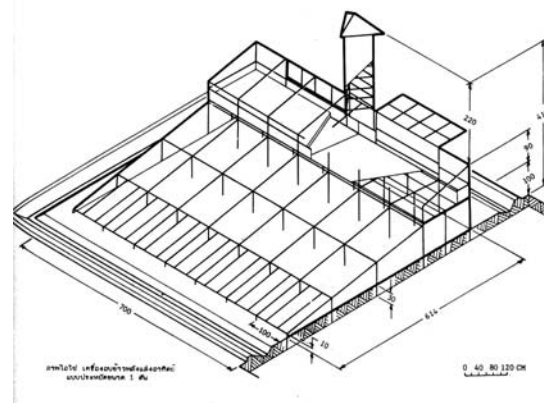
1.1 หลักการของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง $0.3\text{-}3.0 \mu\text{m}$ ซึ่งเรียกว่า รังสีคลื่นสั้น โดยรังสีคลื่นสั้นนี้สามารถทะลุ ทะลวงผ่านวัสดุใสไปได้ แต่เมื่อตกกระทบกับวัสดุสีดำแล้วรังสีคลื่นสั้น จะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวหรือรังสีความร้อนที่มีความ ยาวคลื่นมากกว่า $3.0 \mu\text{m}$ โดยรังสีคลื่นยาวดังกล่าวไม่สามารถ ทะลุทะลวงผ่านวัสดุใสได้หรือผ่านได้น้อยมาก ดังนั้นถ้านำวัสดุใสตั้ง กล้ามมาคลุมวัสดุสีดำแล้วนำไปไว้กลางแดด วัสดุทั้ง 2 ประเภทนี้จะ กลายเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน ความร้อนได้

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศ เป็นแบบธรรมชาติมีความเหมาะสมกับเครื่องอบแห้งขนาดเล็กที่ ต้องการการลงทุนต่ำ Exell et al (1979) [2] ได้ทำการออกแบบเครื่อง อบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศเป็นแบบ ธรรมชาติ ดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

- 1) ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ทำจากกลบดำหรือพลาสติกสีดำ
- 2) กระบะใส่ข้าวเปลือกทำจากไม้ไผ่หรือโครงสร้างอื่นที่สามารถหาได้ ภายในท้องถิ่น
- 3) ปล่องลมทำจากไม้ไผ่คลุมด้วยพลาสติกสีดำ

เครื่องอบแห้งนี้มีความจุประมาณ 1 ตัน ข้าวเปลือกจะ ถูกอบให้แห้งเพื่อลดความชื้นจาก 20% ให้เหลือ 13% มาตรฐานเปียก ในระยะเวลา 1-2 วัน [3]

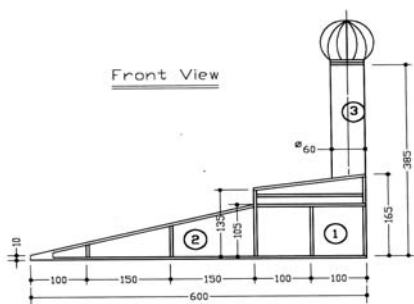


รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งที่ออกแบบโดย Exell et al

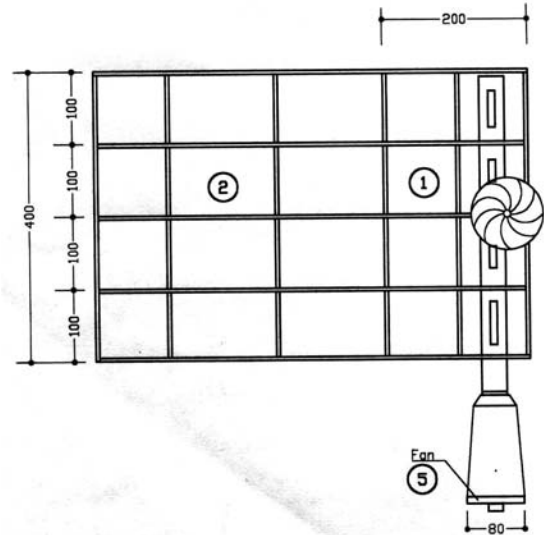
เครื่องอบแห้งที่ออกแบบโดย Exell et al เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับงานวิจัยนี้ กล่าวคือ เครื่องอบแห้งที่ทำการออกแบบในงานวิจัยนี้จะทำการลดขนาดความจุของข้าวเปลือกให้มีความเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อย คือมีความจุประมาณ 250 กิโลกรัม และเพิ่มอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งโดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร และติดตั้งประตูลมที่ปล่องของเครื่องอบแห้ง สำหรับส่วนสุดท้ายที่ทำการออกแบบเพิ่มเติมคือส่วนของแหล่งพลังงานความร้อนเสริมที่ใช้ถ่านหุงต้มจากลิกไนต์เพื่อให้เครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ในเวลาที่ความชื้นรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำและในเวลากลางวันแสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และแหล่งพลังงานความร้อนเสริมที่ออกแบบในงานวิจัยนี้มีลักษณะกายภาพคือ

1. ความจุข้าวเปลือกน้ำหนัก 250 กิโลกรัม
2. ตัวรับรังสีอาทิตย์ ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร ทำจากแผ่นยางแก๊สตาซึ่งเป็นวัสดุที่เลือกใช้ภายในท้องถิ่น
3. กระบะใส่ข้าวเปลือก ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร จำนวน 8 อัน ทำจากตะแกรงเหล็กเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีจำหน่ายตามท้องตลาด
4. ประตูลมเพื่อควบคุมความสม่ำเสมอของการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบที่ต้องการความสม่ำเสมอของการอบข้าวเปลือก
5. พัดลมแบบหมุนตามแนวแกนเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องอบข้าวเปลือกดังกล่าว ติดตั้งอยู่ที่ปลายปล่องลมที่สูง 4 เมตร
6. แหล่งความร้อนเสริมจากเตาเผาถ่านหุงต้มจากลิกไนต์ทำจากเหล็กหุ้มด้วยฉนวนซิลิเกต ภายในแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นที่วางถ่าน ชั้นบนเป็นช่องว่างสำหรับอากาศร้อนที่เป่าเข้าสู่เครื่องอบแห้ง สามารถบรรจุเชื้อเพลิงได้สูงสุด 15 ก้อน มีพัดลมขนาด 1/3 แรงม้าหรือประมาณ 245 วัตต์ ช่วยในการเป่าลมร้อนจากเตาเผาเข้าสู่เครื่องอบแห้งซึ่งต่อเข้ากับด้านข้างของเครื่องอบแห้ง

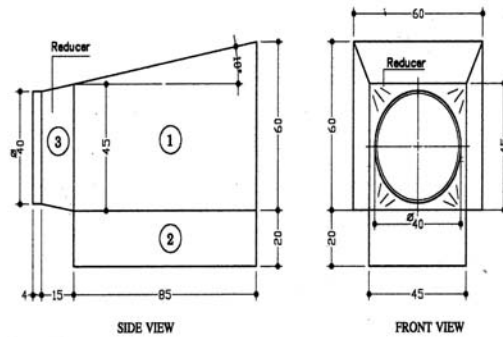
สำหรับถ่านหุงต้มจากลิกไนต์มีลักษณะเป็นถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกครึ่งฝั่ง สูง 120 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 1300 กรัม มีค่าความร้อน 3000 แคลอรี สามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมง [4]



รูปที่ 2 (ก) เครื่องอบแห้งที่ออกแบบใหม่ (ด้านข้าง)



รูปที่ 2 (ข) เครื่องอบแห้งที่ออกแบบใหม่ (ด้านบน)



รูปที่ 3 เตาเผาถ่านหุงต้มจากลิกไนต์

2. วิธีการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และแหล่งพลังงานความร้อนเสริม

1. นำข้าวเปลือกใส่ลงในกระบะ 8 อัน ให้มีความหนาของชั้นข้าวเปลือกในแต่ละกระบะเท่ากับ 10 เซนติเมตร
2. ทำการกลับข้าวเปลือกในแต่ละกระบะทุก ๆ 1 ชั่วโมง
3. สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้อบได้โดยการเปิดหรือปิดประตูลม อุณหภูมิภายในตู้อบจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปิดประตูลมในระดับที่เหมาะสม
4. ตัวแปรที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิภายในตู้อบในส่วนของการทำงานของเครื่องอบแห้งคือปริมาณรังสีอาทิตย์ในแต่ละวัน ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในตู้อบและอัตราการอบแห้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสามดังกล่าวข้างต้นจะแปรผันตามกัน โดยตัวแปรทั้งสามนี้จะมีการกระทบต่อระยะเวลาการอบแห้ง คือ ถ้าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่สูงจะทำให้อัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นและสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้
5. การใช้งานแหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากเตาเผาถ่านหุงต้มจากลิกไนต์

5.1 บรรจุถ่านลงในเตา

5.2 ใช้เศษไม้หรือเศษวัสดุใด ๆ ที่สามารถจุดติดไฟได้วางไว้บนชั้นเชื้อไฟซึ่งเป็นบริเวณผิวหน้าของตัวถ่าน โดยระยะเวลาในการจุดติดไฟของถ่านหุงต้มจากกลิกไนต์ประมาณ 5-15 นาที เมื่อถ่านจุดติดไฟแล้วให้สังเกตจากบริเวณผิวหน้าจะมีสีขาว และมีเปลวไฟสีแดงออกมาตามรูที่เจาะอยู่ภายในชั้นเนื้อถ่าน

5.3 เปิดพัดลมเพื่อช่วยในการเป่าลมร้อนจากเตาเผาเข้าสู่เครื่องอบแห้ง

6. การเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งสามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนเชื้อเพลิงที่บรรจุลงในเตาเผาที่ได้สูงสุด 15 ก้อน และต้องคอยเปลี่ยนถ่านทุก ๆ 4 ชั่วโมงของการอบแห้ง

เมื่อต้องการอบแห้งแบบต่อเนื่อง คือ กลางวันใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และกลางคืนใช้พลังงานความร้อนเสริม โดยการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งในเวลากลางคืนจะหมายถึงปริมาณถ่านที่ใช้ในแต่ละครั้งนั่นเอง จากตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณถ่านจะมีผลกับอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง โดยอุณหภูมิจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณถ่านมากขึ้น แต่จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยังต่ำอยู่จึงได้ทำการปรับปรุงโดยการปิดช่องระหว่างแผงรับรังสีกับบริเวณที่โซบข้าวเปลือกเพื่อให้ความร้อนไม่กระจายไปสู่บริเวณอื่นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ระดับหนึ่งเท่านั้นแต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลักสำหรับกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก ดังนั้นการใช้อย่างต่อเนื่องจึงเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก

3. การประเมินสมรรถนะเชิงความร้อน

3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหาได้จากสัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าไปสู่ระบบโดยประเภทของเครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติใช้สมการดังต่อไปนี้ [5]

$$\eta_s = \frac{W_L \times L}{I \times A} \quad (1)$$

สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งประเภทการไหลของอากาศแบบบังคับ เพิ่มส่วนของปริมาณพลังงานที่ให้แก่พัดลมนำไปใช้ในการบังคับการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่อง ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_s = \frac{W_L \times L}{(I \times A) + P_F} \quad (2)$$

แต่เนื่องจากเครื่องอบแห้งได้ถูกออกแบบให้ใช้พลังงานเสริมจากการเผาไหม้ของถ่านหุงต้มจากกลิกไนต์ จึงต้องเพิ่มค่าพลังงานความร้อนจากถ่านอัดแท่งเข้าไปด้วยดังสมการ

$$\eta_s = \frac{W_L \times L}{(I \times A) + P_F + (M_b \times LCV)} \quad (3)$$

3.2 อัตราการอบแห้ง

ความชื้นของข้าวเปลือกคำนวณจากสมการที่ 4 และ 5

$$Mw = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (4)$$

$$Md = \frac{w - d}{d} \times 100 \quad (5)$$

สำหรับงานวิจัยนี้จะพิจารณาที่ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นสำคัญ โดยอัตราการอบแห้งคำนวณจากสมการที่ 6

$$DR = \frac{Md_{before} - Md_{after}}{Hours} \quad (6)$$

คำอธิบายสัญลักษณ์

η_s	= ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง
W_L	= น้ำหนักข้าวเปลือกที่หายไป, kg
L	= ค่าความร้อนจำเพาะการกลายเป็นไอของน้ำ, kJ/kg
I	= ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี, W/m ²
A	= พื้นที่ของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์, m ²
P_F	= ปริมาณพลังงานในการเปิดพัดลม, W
M_b	= มวลของถ่านหุงต้มจากกลิกไนต์, kg
LCV	= ค่าความร้อนจำเพาะของถ่านหุงต้มจากกลิกไนต์, kJ/kg
Mw	= ความชื้นมาตรฐานเปียก, %wb
Md	= ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %db
w	= น้ำหนักสดของข้าวเปลือก, kg
d	= น้ำหนักแห้งของข้าวเปลือก, kg
DR	= อัตราการอบแห้ง, %db/h
T_a	= อุณหภูมิอากาศแวดล้อม, °C
T_b	= อุณหภูมิเมล็ดข้าว, °C

จากการคำนวณโดยใช้สมการดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้โดยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

พารามิเตอร์	กลางวัน			กลางคืน			อบต่อเนื่อง
	100%	50%	0%	10 ก่อน	15 ก่อน	ปรับ ปรุง	
T_a (°C)	39	38	38	23	23	30	36
T_b (°C)	30	31	39	26	28	37	41
I (W/m ²)	772	713	705	-	-	-	640
Md in (%)	34.6	34.5	31.7	30	32	31.5	31.4
Md out (%)	26	24.4	25.7	25.5	24.6	24.3	23.7
Time (hours)	20	16	12	12	12	8	10
η_s (%)	4.07	6.45	7.09	47.2	24.99	48.81	10.17

จากข้อมูลในตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนเสริมจากการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ

- 1) การกระจายของอุณหภูมิภายในบริเวณอบข้าวเปลือก
- 2) ระยะเวลาในการอบแห้ง

3.3 การอบแห้งในเวลากลางวัน

สิ่งสำคัญสำหรับการใช้เครื่องอบแห้งในเวลากลางวันคือ การเปิดปิดของประตูลมซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในบริเวณห้องอบแห้งข้าวเปลือก จากตารางที่ 1 เมื่อปริมาณรังสีอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ทำให้การเปิดปิดของประตูลมกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการทำนาระยะเวลาการอบแห้งข้าวเปลือก เมื่อเปิดประตูลมในปริมาณที่ต่ำจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของอุณหภูมิเมล็ดข้าว มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาในการอบแห้งจะมีค่าลดลง และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

จากตารางที่ 1 เมื่อเปิดประตูลม (เปิด 0%) สามารถลดความชื้นภายในข้าวเปลือก จาก 35% เหลือ 25% มาตรฐานแห้งภายในระยะเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพของเครื่องประมาณ 7.1%

3.4 การอบแห้งในเวลากลางคืน

ส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการอบแห้งในเวลากลางคืนคือ จำนวนถ่านหุงต้มจากถ่านหินที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือก 1 ครั้ง เมื่อเพิ่มจำนวนถ่านหุงต้มจากถ่านหินจะทำให้ค่าอุณหภูมิภายในบริเวณห้องอบแห้งข้าวเปลือกมีค่าสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งข้าวเปลือก เมื่อเพิ่มจำนวนถ่านหุงต้มจากถ่านหินจะทำให้ค่า T_b เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากการอบแห้งในเวลากลางคืนมีปริมาณความชื้นใน

อากาศสูงกว่าในตอนกลางวัน จึงทำให้ค่า T_b เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงบางส่วนของตู้อบขณะใช้งานในเวลากลางคืน โดยนำไม้อัดจำนวน 4 แผ่น มากั้นบริเวณที่อบแห้งข้าวเปลือกกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อลดปริมาณการสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนสำหรับการเพิ่มอุณหภูมิบริเวณห้องอบแห้งข้าวเปลือก

จากตารางที่ 1 เมื่อใช้ถ่านหุงต้มจากถ่านหินจำนวน 10 และ 15 ก้อน อุณหภูมิ T_b มีค่าเท่ากับ 26 °C และ 28 °C ตามลำดับ และประสิทธิภาพของเครื่องมีค่าเท่ากับ 47.19% และ 24.99% ซึ่งมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ระยะเวลาในการอบแห้งมีค่าเท่าเดิมคือ 12 ชั่วโมง เมื่อปรับปรุงเครื่องอบแล้วและใช้ถ่านหุงต้มจากถ่านหินจำนวน 15 ก้อน ปรากฏว่าค่า T_b มีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 37 °C เมื่อเปรียบเทียบกับค่า T_a และระยะเวลาในการอบแห้งก็มีค่าลดลงเหลือ 8 ชั่วโมง ในขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าเท่ากับ 48.81%

3.5 การอบแห้งอย่างต่อเนื่อง

การอบแห้งอย่างต่อเนื่องนั้นได้จากการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่ดีที่สุดจากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยโดยการอบแห้งในเวลากลางวันและกลางคืนคือ การเปิดประตูลม 0% และใช้ถ่านหุงต้มจากถ่านหินจำนวน 15 ก้อน พร้อมกับนำไม้อัดมากั้นระหว่างบริเวณที่อบแห้งข้าวเปลือกกับตัวรับแสงอาทิตย์ในเวลากลางคืน

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการอบแห้งอย่างต่อเนื่องปรากฏว่าสามารถลดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกจาก 35% เหลือ 25% ในเวลา 10 ชั่วโมง โดยเป็นการอบแห้งในตอนกลางวัน 8 ชั่วโมง ตั้งแต่ 08.00 น.-16.00 น. และการอบแห้งในเวลากลางคืนอีก 2 ชั่วโมง ตั้งแต่ 17.00 น.-19.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบริเวณอบแห้งมีค่าประมาณ 41 °C ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าเท่ากับ 10.17%

4. สรุปผล

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากการเผาไหม้ถ่านหุงต้มจากถ่านหินประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนประกอบของพลังงานหลักกับส่วนประกอบของพลังงานเสริม โดยพลังงานหลักจะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย โครงสร้างเหล็กทาสีดำหุ้มด้วยพลาสติกใส วางอยู่บนตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีพื้นที่เท่ากับ 16 ตารางเมตร ซึ่งใช้แผ่นยางสีดำเป็นตัวดูดกลืนรังสี ปล่องลมสีดำที่มีความสูง 4 เมตร ภายในติดตั้งประตูลมเพื่อควบคุมการกระจายของอุณหภูมิ และที่ปลายของปล่องลมติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร บริเวณห้องอบแห้งข้าวเปลือกประกอบด้วยตะแกรงเหล็กจำนวน 8 อัน ขนาด 1 ตารางเมตร สำหรับใส่ข้าวเปลือกขณะทำการอบแห้ง ส่วนประกอบของพลังงานเสริมที่ใช้พลังงานจากการเผาไหม้ของถ่านหุงต้มจากถ่านหิน ประกอบด้วย เตาเผาที่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนประเภทซิลิเกต สามารถจุถ่านหุงต้มจากถ่านหินได้สูงสุดครั้งละ 15 ก้อนต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง ด้านหลังติดตั้งพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนเพื่อเป่าลม

ร้อนเข้าสู่บริเวณห้องอบแห้งข้าวเปลือก โดยทุก ๆ ครั้งที่ใช้งานเครื่องอบแห้งควรมีการกลับข้าวเปลือกทุก ๆ 1 ชั่วโมง

การทำงานอย่างต่อเนื่องของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้พลังงานความร้อนเสริมจากการเผาไหม้ถ่านหุงต้มจากลิกไนต์ภายใต้สภาวะปิดประตูลมและใช้ถ่านหุงต้มจากลิกไนต์จำนวน 15 ก้อน เมื่อใช้ไม้อัดกันระหว่างบริเวณที่ใช้อบข้าวเปลือกกับบริเวณตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ที่ความจุของข้าวเปลือก 250 กิโลกรัม ปรากฏว่าสามารถอบข้าวให้แห้งจาก 35 %db เหลือ 25 %db ภายในระยะเวลา 10 ชั่วโมง ซึ่งถือเป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องอบแห้งชนิดนี้ อัตราการอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ $1.67 \text{ kgH}_2\text{O}_{\text{evap}}/\text{h}$ และอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 41 องศาเซลเซียส โดยที่ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งมีค่าเท่ากับ 10.17%

5. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยข้างต้นควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำเชื้อเพลิงมาใช้งานร่วมกับเครื่องอบแห้งชนิดนี้ ตลอดจนการปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องอบแห้งให้มีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่นำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศ.ดร.สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, “การอบแห้งเมล็ดพืช”, พิมพ์ครั้งที่ 6, ปี พ.ศ. 2537, หน้า 230
- [2] www.fao.org/decrep/T1838E/T11838EOW.htm.
- [3] สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT), “คู่มือการสร้างเครื่องอบแห้ง”, ปี พ.ศ. 2539, บทที่ 3-4
- [4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและศูนย์วิจัยการใช้ประโยชน์จากถ่านหินแห่งประเทศไทย, “โครงการสาธิตและผลิตถ่านหุงต้มจากลิกไนต์”, ปี พ.ศ. 2543, หน้า 1-10
- [5] M. Augustus Leon, S. Kumar, S.C. Bhattacharya, “A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers”, Renewable&Sustainable Energy Review, 6, 2002, pp. 367-393.