

## การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร เพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วสันต์ ปินะเต \*

\* สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

### บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นการศึกษากระบวนการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีระบบก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลให้ความร้อนเสริม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะในการอบแห้งผลผลิตทางเกษตรในห้องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเตาก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลช่วยในการทำอากาศร้อน และได้ทำการทดสอบสมรรถนะของระบบในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการอบแห้ง เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลให้ความร้อนเสริมในการอบแห้ง โดยจะใช้ผลผลิต 3 ประเภทซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างผลผลิตประเภทผล คือ กุ้ง ประเภทกิ่งไม้หรือใบไม้ คือ ใบมะกรูด และประเภทท่อนไม้ คือ ไม้กระถินณรงค์

ผลการทดสอบพบว่าในการอบแห้งผลผลิตประเภทผล คือ กุ้ง ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลให้ความร้อนเสริมในการอบแห้ง มีประสิทธิภาพของการอบแห้งโดยเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ 32.86% และใช้เวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยน้อยกว่าประมาณ 31.45% ผลผลิตประเภทกิ่งไม้หรือใบไม้ คือ ใบมะกรูด ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลให้ความร้อนเสริมในการอบแห้งมีประสิทธิภาพของการอบแห้งโดยเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ 21.49% และใช้เวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยน้อยกว่าประมาณ 28.68% ผลผลิตประเภทท่อนไม้ คือ ไม้กระถินณรงค์ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีโฟเออร์ซีววมวลให้ความร้อนเสริมในการอบแห้งมีประสิทธิภาพของการอบแห้งโดยเฉลี่ยสูงกว่าประมาณ 33.17% และใช้เวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยน้อยกว่าประมาณ 24.54% การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์การอบแห้งใบมะกรูดจะมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยจะให้ระยะเวลาคืนทุนที่ 1.8 ปี และมีความน่าลงทุนประมาณ 55.48% การอบแห้งกุ้งจะมีความเหมาะสมรองลงมา ซึ่งให้ระยะเวลาคืนทุนที่ 2.74 ปี และมีความน่าลงทุนประมาณ 36% แต่อย่างไรก็ตามการอบแห้งไม้กระถินณรงค์เพื่อนำไปใช้เป็นฟืนนั้นจะไม่มีมูลค่าในการลงทุน เพราะต้นทุนในการอบแห้งมีค่าสูงกว่าราคาไม้ฟืนอบแห้งในท้องตลาด ดังนั้นหากอบแห้งไม้กระถินณรงค์ ดังกล่าวแล้วควรแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์จากไม้แทนการนำไปใช้เป็นฟืน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : อุโมงค์อบแห้ง และการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

\* ผู้เขียนที่ติดต่อ : E-mail.: kaapplied@hotmail.com

---

# The Development of a Solar Tunnel Dryer for Agriculture Produce Drying for use in the Community Household under the Philosophy of Sufficiency Economy

---

Wasan Pinate \*

*\* Program of Physics, Faculty of Science, Rajabhat MahaSarakham University, MahaSarakham, 44000, Thailand*

## Abstract

In this study, a solar tunnel dryer has been developed by integrating a biomass gasifier as an assisting heat source for drying agriculture produce and its performance analysis has been investigated. Experimental study has been carried out with the stand-alone solar tunnel dryer and the dryer with the assisted biomass gasifier. Three types of dried produces, fruit, leaves and wood stick, which are sliced banana, Kaffir lime leaves and Acacia wood sticks are samples for testing.

For thermal performance analysis, for banana, the dryer with assisted gasifier gave an average efficiency of 32.86% higher and the drying period was 31.45 % shorter than those of the unit without the gasifier. For kaffir lime leaves, and for acacia wood stick, the values are 21.49 %, 28.68 % and 33.17%, 24.54 %, respectively. From economic analysis, drying of kaffir lime leaves is the most appropriated. The payback and the IRR were 1.8 years and 55.48 %, respectively. While those for banana drying were 2.74 years and 36%, respectively. For acacia wood drying, the cost was not effective due to the wood stick cost was still high. So this technique will be suitable if the dried wood will be used for wood costly.

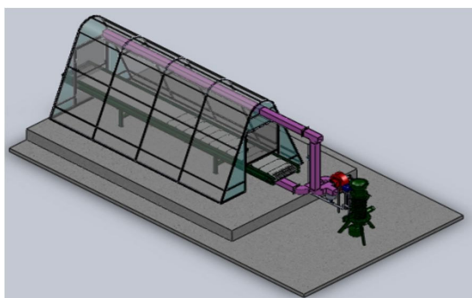
**Keywords:** Tunnel dryer and Solar dryer

---

\* Corresponding author : E-mail.: kaapplied@hotmail.com

## บทนำ

การศึกษาการอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มักจะศึกษากับผลผลิตที่วางในถาดตะแกรงซึ่งอยู่กับที่ ซึ่งผู้ใช้งานอาจต้องมากลับด้านผลผลิตเพื่อให้แห้งสม่ำเสมอ ทำให้ต้องเสียเวลา และค่าแรงในการทำงานอีกทั้งมีปัญหาอุณหภูมิในอุโมงค์ ซึ่งไม่คงที่และบางครั้งมีไอน้ำควบแน่นกลับมาเนื่องจากการหมุนเวียนอากาศไม่ดี ทำให้ผลผลิตที่ต้องการอบแห้งบางส่วนเปียกชื้น และเสียหายได้ (ภราดร และคณะ, 2550) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงออกแบบห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ซึ่งมีลักษณะเป็นอุโมงค์ที่สูงขึ้นให้คนทำงานสามารถเข้าไปได้ โดยมีความสูงจากพื้น 2.10 เมตร และฐานมีความกว้าง 3.20 เมตร (ภาพที่ 1) ทำให้สามารถอบแห้งผลผลิตได้หลากหลายรูปแบบและหลายขนาด เช่น เฟรมกระดาษสา ผลผลิตทางเกษตรอื่นๆ เป็นต้น ด้านท้ายของอุโมงค์จะมีปล่อง เพื่อช่วยในการระบายความชื้นที่ออกจากผลผลิต การทำงานจะควบคุมอุณหภูมิโดยมีเตาแก๊สซีพีเออร์ชีวมวล ซึ่งชีวมวลจะมาจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ เศษไม้ ใบไม้ มาทำอากาศร้อนจ่าย เข้าในห้องอบแห้งทางด้านล่างของสายพานลำเลียง ทำให้ผลผลิตแห้งเร็วขึ้น ทั้งนี้เหตุผลที่ออกแบบให้อุโมงค์อบแห้งต้องมีสายพานลำเลียงเพื่อใช้ในการเคลื่อนผลผลิตจากส่วนหน้าอุโมงค์ไปยังส่วนท้ายของอุโมงค์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจะต้องศึกษาความเร็วของสายพานลำเลียงและระยะทางเพื่อให้เหมาะสมกับประเภทผลผลิตและปริมาณที่ต้องการอบแห้ง



ภาพที่ 1 ห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์โดยใช้เตาแก๊สซีพีเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริม

ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในการอบแห้ง ได้แก่ อัตราการอบแห้ง เวลาในการอบแห้ง ปริมาณผลผลิต ระดับรังสีแสงอาทิตย์และความชื้นในผลผลิต โดยพัฒนาห้องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับผลผลิตทางการเกษตรทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่

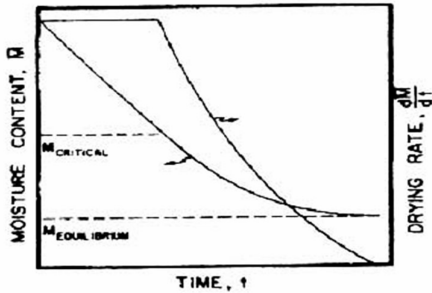
- ลักษณะที่เป็นผล คือ กล้วย
- ลักษณะที่เป็นท่อนไม้ คือ กิ่งกระถินณรงค์ยักษ์
- ลักษณะที่เป็นใบ คือ ใบมะกรูด ซึ่งเหตุผลในการ

เลือกผลผลิตในการอบแห้ง 3 ลักษณะที่แตกต่างกัน คือ กล้วย, กิ่งกระถินณรงค์ยักษ์ และใบมะกรูด เพื่อทราบถึงข้อจำกัดของผลผลิตแต่ละประเภทว่าจะสามารถอบแห้งได้มากน้อยอย่างไรตามอุณหภูมิที่ห้องอบแห้งสามารถทำได้ รวมถึงทราบเวลาและปริมาณในการอบแห้งของผลผลิตทั้ง 3 ลักษณะว่า ผลผลิตลักษณะใดน่าจะมีเหมาะสมที่สุดสำหรับอุโมงค์อบแห้งชุดนี้ สำหรับประโยชน์ที่ได้จะสามารถทราบข้อมูลต้นแบบห้องอบแห้งที่มีการใช้พลังงานจากแก๊ส ซีพีเออร์ชีวมวล ซึ่งสามารถนำไปถ่ายทอดเผยแพร่เทคโนโลยีให้กับชุมชน เพื่อใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรได้รวดเร็ว สะอาด ทั้งนี้กระบวนการที่ใช้จะใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นส่วนใหญ่ ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหยน้ำ โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย สิ่งที่สำคัญที่สุดในการอบแห้ง คือ การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด (กิตติกร และคณะ, 2550) โดยทั่วไปการอบแห้งมักจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำ ซึ่งไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิววัสดุมายัง กระแสอากาศและถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มาก อุณหภูมิแล ความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเท ความร้อนและอัตราการอบแห้งที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิววัสดุมีปริมาณน้ำลดลง เหลือน้อย อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะค่อยเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำจะลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ดังนั้นช่วงอัตราการอบแห้งความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่า ความชื้นวิกฤต (ภาพที่ 2)

วัสดุที่ต้องผ่านการอบส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งช่วงการอบแห้งออกเป็นสองช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Haque and Langrish, 2005)

1) ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ในการอบแห้งวัสดุที่มีความชื้นสูงๆ ในช่วงแรกของกระบวนการอบแห้งจะอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ จะเกิดจากพื้นผิวของวัสดุมีการ

ถ่ายเทมวลและความร้อนที่ผิวของวัสดุอย่างเดียวน พารามิเตอร์ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งช่วงนี้ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ช่วงอัตราการอบแห้งช่วงนี้จะสั้น (Gauhar *et al.*, 1998)



ภาพที่ 2 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง  
ที่มา : ทนงเกียรติ (2549)

2) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เมื่อปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและมวลไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น แต่จะเกิดภายในผิวและเนื้อวัสดุ การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุมาที่ยังผิวจะช้ากว่าการพาความร้อนจากผิวไปยังอากาศทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งช่วงนี้คือ อุณหภูมิของอากาศอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ค่าสัดส่วนของความชื้นเริ่มต้นปกติจะน้อยกว่าสัดส่วนความชื้นวิกฤต ดังนั้นการอบแห้งทั้งหมดจะเกิดขึ้นในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง แม้ว่าช่วงอัตราการอบแห้งคงที่จะมีผลต่อการเริ่มต้นของการอบแห้ง แต่มักถูกละเลยเพราะเป็นช่วงที่สั้นที่สุด และมีความชื้นจำนวนน้อยมากถูกพาออกไปก่อนจะเข้าสู่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Gauhar *et al.*, 1999)

3) ความชื้นในวัสดุ ความชื้นคือ ตัวบ่งบอกปริมาณของน้ำที่มีในวัสดุ โดยเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือแห้งตั้ง สมการต่อไปนี้ (Jain and Tiwari, 2000) ความชื้นมาตรฐานเปียก แสดงดังสมการ

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

และมาตรฐานแห้งดังสมการ

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

เมื่อ w คือ มวลของวัสดุขึ้น (kg)

d คือ มวลแห้งของวัสดุ (kg)

$M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$M_w$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

## ส่วนที่ 1 : การศึกษาถึงสภาวะการอบแห้งของระบบโดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ในส่วนที่ 1 จะเป็นการศึกษาสภาวะการอบแห้งของระบบอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์เพียงอย่างเดียว โดยยังไม่มีการใช้ก๊าซซีโฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมเพื่อหาสภาวะการทำงานของระบบและรูปแบบของผลผลิตเพื่อใช้เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้ก๊าซซีโฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริม โดยมีขั้นตอนของการศึกษาดังนี้

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ ชุดตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ ตาชั่งที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักของผลผลิต

2. ทำการปรับความเร็วสายพานด้วยการปรับความถี่ การทดสอบสายพานซึ่งความเร็วของสายพานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะมี 3 ระดับความเร็ว ได้แก่ ความถี่การทดสอบสายพานที่ 1.5 Hz จะมีอัตราเร็วของสายพานที่ 0.193 m/min ซึ่งผลผลิตจะใช้เวลาอยู่ในอุโมงค์อบแห้งประมาณ 19 นาทีที่รอบ ความถี่การทดสอบสายพานที่ 2.5 Hz จะมีอัตราเร็วของสายพานที่ 0.333 m/min ซึ่งผลผลิตจะใช้เวลาอยู่ในอุโมงค์อบแห้งประมาณ 11 นาทีที่รอบ และความถี่การทดสอบสายพานที่ 3.5 Hz จะมีอัตราเร็วของสายพานที่ 0.611 m/min ซึ่งผลผลิตจะใช้เวลาอยู่ในอุโมงค์อบแห้งประมาณ 6 นาทีที่รอบ ซึ่งในการทดสอบ 1 ครั้งจะใช้ความเร็วสายพาน 1 ระดับต่อผลผลิต 1 ชนิด

3. ผลผลิตที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างผลผลิตประเภทผลคือ กล้วย ประเภทกิ่งไม้หรือใบไม้คือ ใบมะกรูด และประเภทท่อนไม้คือ ไม้กระถินณรงค์ยักษ์ โดยทำการจัดผลผลิตไว้บนถาดที่มีรูด้านล่าง ทำการชั่งน้ำหนักก่อนอบจากนั้น วางถาดไว้บนสายพานภายในอุโมงค์อบแห้งปิดอุโมงค์ให้มิดชิด

4. เมื่อสายพานนำผลผลิตไปถึงท้ายอุโมงค์จะมีการนำผลผลิตมาชั่งน้ำหนัก เพื่อหาการระเหยของน้ำในผลผลิต โดยใช้ความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นเกณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการลดลงของน้ำหนักดังนี้

4.1 กล้วยทำการอบแห้งไล่ความชื้นให้น้ำหนักลดลงจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 194 %db ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 100 %db

4.2 ใบมะกรูด ทำการอบแห้งไล่ความชื้นจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 150 %db ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 0.00 %db

4.3 ไม้อกระถินณรงค์ยักษ์ทำการอบแห้งไล่ความชื้น จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 233 %db ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 136 %db

5. เมื่อซังน้ำหนักรวมของผลผลิตเพื่อหาการระเหยของน้ำในผลผลิตเรียบร้อย จากนั้นนำถาดผลผลิตไปวางบนสายพานในอุโมงค์อบแห้งและทำการทดสอบไปเรื่อยๆ จนกว่าน้ำหนักของ ผลผลิตจะลดลงถึงหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้

6. เมื่อน้ำหนักของผลผลิตลดลงถึงหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จากนั้นหยุดทำการทดสอบและทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ เช่น ประสิทธิภาพการอบแห้ง ค่ารังสีอาทิตย์ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์อบแห้งและทำการทดสอบต่อในความเร็วสายพานที่เร็วขึ้นต่อไปโดยใช้ผลผลิตชนิดเดิมเปรียบเทียบกับ แต่หลักเกณฑ์การลดลงของน้ำหนักผลผลิตใช้หลักเกณฑ์เดียวกัน

## ส่วนที่ 2 : การศึกษาถึงสภาวะการอบแห้งของระบบ โดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวที่มีระบบก๊าซซีไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริม

ในส่วนที่ 2 จะเป็นการศึกษาสภาวะการอบแห้งของระบบอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซีไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร โดยระบบจะใช้แสงอาทิตย์เพียงร่วมกับระบบก๊าซซีไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับระบบใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยมีขั้นตอนของการศึกษาดังนี้

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่ง ประกอบไปด้วย ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ ชุดตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ ตาซังที่ใช้ในการซังน้ำหนักรวมของผลผลิต

2. ทำการจุดติดเตาก๊าซซีไฟเออร์เพื่อผลิต Producer Gas และทำการเผาไหม้ก๊าซ Producer Gas จากนั้นเปิดเครื่อง Blower เพื่อดูดก๊าซร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 45 นาทีระบบจึงจะคงตัว

3. ทำการปรับความเร็วสายพานด้วยการปรับความถี่ การทดสอบสายพานซึ่งใช้ความเร็วเดียวกับระบบที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว คือ ความถี่การทดสอบสายพานที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 Hz ซึ่งในการทดสอบ 1 ครั้ง จะใช้ความเร็วสายพาน 1 ระดับต่อผลผลิต 1 ชนิด เช่นกัน

4. ผลผลิตที่ใช้ในการทดสอบจะใช้ผลผลิตชนิดเดียวกันกับระบบที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวคือ กล้วยใบมะกรูด และไม้อกระถินณรงค์ยักษ์ โดยทำการจัดผลผลิตไว้บนถาดที่มีรูด้านล่าง ทำการซังน้ำหนักรวมก่อนอบ จากนั้นวางถาดไว้บนสายพาน ภายในอุโมงค์อบแห้งปิดอุโมงค์ให้มิดชิด

5. เมื่อสายพานนำผลผลิตไปถึงท้ายอุโมงค์จากนั้นนำผลผลิตมาซังน้ำหนัก เพื่อหาการระเหยของน้ำในผลผลิตโดยใช้หลักเกณฑ์เดียวกับระบบที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

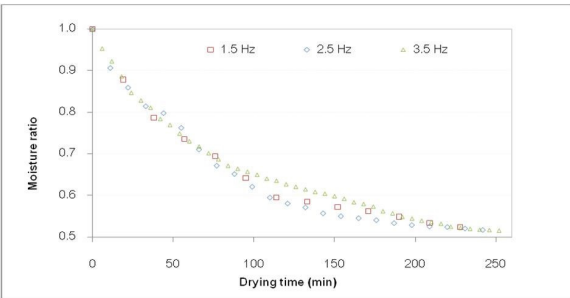
6. เมื่อซังน้ำหนักรวมของผลผลิตเพื่อหาการระเหยของน้ำในผลผลิตเรียบร้อย จากนั้นนำถาดผลผลิตไปวางบนสายพานในอุโมงค์อบแห้งและทำการทดสอบไปเรื่อยๆ จนกว่าน้ำหนักของ ผลผลิตจะลดลงถึงหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับระบบนี้ ในระหว่างการทดสอบ ผู้ทำการทดสอบจะต้องควบคุมการจุดติดไฟของเตาก๊าซซีไฟเออร์ให้สม่ำเสมอ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนอากาศ เข้าสู่ห้องเผาไหม้ และอัตราการเติมเชื้อเพลิงภายในเตาก๊าซซีไฟเออร์

7. เมื่อน้ำหนักของผลผลิตลดลงถึงหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จากนั้นหยุดทำการทดสอบและทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ เช่น อัตราการเติมเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพการอบแห้ง ค่ารังสีอาทิตย์ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์อบแห้งและทำการทดสอบต่อในความเร็วสายพานที่เร็วขึ้นต่อไปโดยใช้ผลผลิตชนิดเดิมเปรียบเทียบกับ แต่หลักเกณฑ์การลดลงของน้ำหนัก ผลผลิตใช้หลักเกณฑ์เดียวกัน

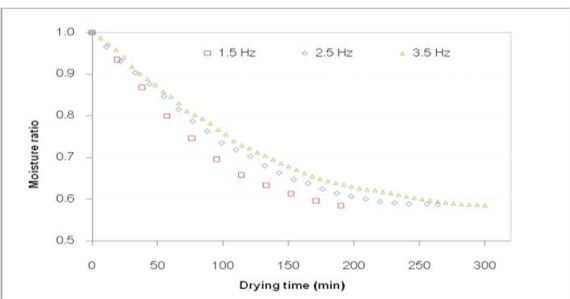
### ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของการลดลงของอัตราส่วนความชื้นสำหรับการอบแห้งภายใต้ความถี่การทดสอบสายพาน 3 ระดับความถี่ ได้แก่ 1.5, 2.5 และ 3.5 Hz และใช้ผลผลิต 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทผล ประเภทที่เป็นกิ่งไม้/ใบไม้ และประเภทท่อนไม้ ซึ่งใช้ตัวอย่างผลผลิตประเภทผลคือ กล้วยประเภทกิ่ง ไม้หรือใบไม้คือ ใบมะกรูด และประเภทท่อนไม้คือ ไม้อกระถินณรงค์ยักษ์ และเปรียบเทียบรูปแบบการอบแห้ง 2 ระบบคือ ระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวกับระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีไฟเออร์ที่ใช้ให้ความร้อนเสริม จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบการอบแห้ง โดยระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์อบแห้งอยู่ประมาณ 50 -55 องศาเซลเซียส ส่วนระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีไฟเออร์ที่ใช้ให้ความร้อนเสริมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์อบแห้งอยู่ประมาณ 65 -70 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอบแห้งสูงจะทำให้อัตราส่วนความชื้นมีการลดลงเร็วเป็นผลให้อัตราการอบแห้งสูงและใช้เวลาในการอบแห้งน้อยลง เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความชื้นของแต่ละอุณหภูมิ พบว่าที่แต่ละอุณหภูมิ

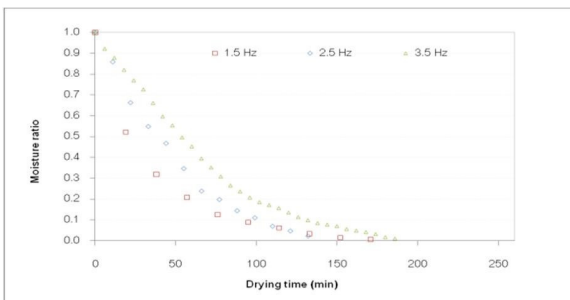
อบแห้งในช่วงแรกอัตราส่วนความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อนข้างลดลงอย่างช้าๆ จนเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อยๆ ในการอบแห้งพบว่าอัตราส่วนความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างคงที่ เนื่องจากในช่วงแรกของการอบแห้งผลผลิตทั้ง 3 ชนิด ยังมีความชื้นสูงอยู่



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของกล้วยกับเวลาการอบแห้งในระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของใบมะกรูดกับเวลาการอบแห้งในระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของไม้กระถินณรงค์กับเวลาการอบแห้งในระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์

ซึ่งความร้อนในอุโมงค์อบแห้งสามารถ ทำให้ ปริมาณน้ำระเหยออกจากผลผลิตได้ดี จึงทำให้อัตราส่วนความชื้นในช่วงแรกลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อทำการอบแห้งไปได้ระยะหนึ่ง ปริมาณน้ำในผลผลิตเริ่มมีปริมาณน้อยลง จึงทำให้อัตราส่วนความชื้นเริ่มลดช้าลงจนเมื่อเวลา

ผ่านไปเรื่อยๆ ของการอบแห้งอัตรา ส่วนความชื้นอัตราส่วนความชื้นเกือบคงที่ จากการวิเคราะห์การอบแห้งทั้งสองระบบ ยังพบว่าระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์ที่ใช้ให้ความร้อนเสริมมีอัตราการอบแห้งที่เร็วกว่าระบบการอบแห้งไล่ความชื้นที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

### สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาการอบแห้งสำหรับกล้วย ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์ให้ความร้อนเสริมในการอบแห้งมีประสิทธิภาพของการอบแห้งสูงกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 32.86% และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 31.45% (หากระบบที่ใช้แสงอาทิตย์อบแห้ง 100 ชั่วโมง ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์จะใช้เวลา ประมาณ 68.54 ชั่วโมง)

2. การศึกษาการอบแห้งสำหรับใบมะกรูด ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์ให้ความร้อนเสริมในการอบแห้งมีประสิทธิภาพของการอบแห้งสูงกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 21.49% และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 28.68% (หากระบบที่ใช้แสงอาทิตย์อบแห้ง 100 ชั่วโมง ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์จะใช้เวลา ประมาณ 71.31 ชั่วโมง)

3. การศึกษาการอบแห้งสำหรับไม้กระถินณรงค์ ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์ให้ความร้อนเสริมในการอบแห้งมีประสิทธิภาพของการอบแห้งสูงกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 33.17% และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 24.54% (หากระบบที่ใช้แสงอาทิตย์อบแห้ง 100 ชั่วโมง ระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซซีฟิเออร์จะใช้เวลาประมาณ 75.45 ชั่วโมง)

#### ข้อเสนอแนะ

สำหรับระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีระบบก๊าซซีฟิเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานงานไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผลผลิตและความคุ้มทุนในการอบแห้ง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมถึงสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่ สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย แก่คณะผู้วิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติกร สาสุจิตต์, วีระ ฟ้าเพ็ญวิทยากุล, พาวิน มะโนชัย, ญาณกร สุทัศนมาลี และณัฐภูมิ ดุษฎี. 2550. ระบบการใช้พลังงานชีวมวลแบบรวมศูนย์สำหรับการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแบบกะบะ. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 6. 15-16 มีนาคม 2550. โรงแรมอิมร่า เชียงใหม่. 216 - 223 น.
- ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. โครงการพัฒนาสาริทธระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้ และเครื่องจักรสานสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้ [ไม้ได้ตีพิมพ์]. รายงานการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549.
- ภราดร หนูทอง, กัญยาพร ไชยวงศ์, ณัฐณี วรยศ, ณัฐภูมิ ดุษฎี และทองเกียรติ เกียรติ ศิริโรจน์. 2550. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิง LPG ในระบบอบแห้งไม้. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 6. 15-16 มีนาคม 2550. โรงแรมอิมร่า เชียงใหม่. 134 – 142 น.
- Jain, D. and Tiwari, G.N. 2000. Drying characteristics of produce. *J Bio Tech* 2(52): 283 – 285.
- Gauhar, A. M., Mastekbayeva, M.A.L. and Kumar, S. 1998. Performance evaluation of a solar tunnel dryer for chili drying. *Proceedings of ASEAN Seminar and Workshop on Drying Technology*. 3-5 June 1998. Phitsanulok, Thailand. pp. 76-88.
- Gauhar, A.M., Chandika, P.B.M., Augustus, L. and Kumar, S. 1999. Experimental studies on a hybrid dryer. *proceedings of ISES 99 Solar World Congress*. 11-14 July 1999. Israel. pp. 226-235.
- Haque, M.N. and Langrish, T.A.G. 2005. Assessment of the actual performance of an industrial solar kiln for drying timber. *J Dry Tech* 3(23): 1541–1553.