

# การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

## The Efficiency Increasing of Solar Dryer Herbs

อนุรักษ์ ครองทรัพย์<sup>1</sup> กิ่งผล โคตรเชื่อน<sup>2</sup> ทุลิกา ทิพมาศ<sup>3</sup> และวารินทร์ เหล่าแซง<sup>4</sup>

Received: June, 2014; Accepted: June, 2015

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของสมุนไพรไทย ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าขนาดของไบหม่อนมีความกว้าง ความยาว และน้ำหนักเท่ากับ  $17.10 \pm 1.97$   $22.60 \pm 2.69$  เซนติเมตร และ  $5.84 \pm 1.80$  กรัม และสีไบหม่อนสดมีค่าอยู่ที่  $L = 37.6$   $a = -0.5$   $b = +15.2$  ความชื้นของไบหม่อนสด 75.07 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ไบหม่อนแห้ง 5.50 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ชนิดของระบบอบแห้งและระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบมีขนาด  $100 \times 200 \times 14$  เซนติเมตร ทำมุมกับพื้นระดับ 17 องศา ภายในแผงบรรจุเศษเหล็กและมีท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ปิดด้วยกระจกใสชั้นเดียวหนา 6 มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องอบแห้งทำจากเหล็กมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ  $80 \times 100 \times 180$  เซนติเมตร ตามลำดับ ปิดด้วยแผ่นสเมาร์ทบอร์ดหนา 6 มิลลิเมตร และปล่องระบายอากาศติดลูกหมุนสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร มีชั้นวางผลิตภัณฑ์ทำจากสแตนเลสขนาด  $80 \times 100 \times 0.2$  เซนติเมตร 5 ชั้น ขนาดรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ถังน้ำสแตนเลสขนาด 0.15 ลูกบาศก์เมตร ทุ้มฉนวน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $33.20 \pm 3.94$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์  $54.95 \pm 14.28$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิทางเข้าตู้อบแห้ง  $35.20 \pm 5.17$  องศาเซลเซียส และค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บรังสี  $19.55 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$  ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของแผงเก็บพลังงานแสงอาทิตย์คือ 53.25 เปอร์เซ็นต์

<sup>1</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

<sup>2</sup> 168 หมู่ 3 ตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

<sup>3</sup> 91/12 หมู่ 11 ตำบลหนองกุงธนสาร อำเภอกุเวียง จังหวัดขอนแก่น 40150

<sup>4</sup> 64 หมู่ 2 ตำบลยางหล่อ อำเภอสรีบุญเรือง จังหวัดหนองบัวลำภู 39180

E-mail: tulika\_tippamas@hotmail.co.th

ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์อยู่ที่ 503 kJ และประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าราคาต้นทุนเครื่อง 24,121 บาท ค่าใช้จ่ายคงที่ 27,286 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายแปรผัน 87,236 บาทต่อปี จุดคุ้มทุน 111 กิโลกรัมต่อปี ระยะเวลาการคืนทุน 154 วัน

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์; ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะ; ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์

## Abstract

The objectives of this research were to study the physical properties of to herbs, design construction and economic value of solar dryer herbs. The result found that the width length and weight of mulberry leaves are  $17.10 \pm 1.97$  centimeters,  $22.60 \pm 2.69$  centimeters and  $5.84 \pm 1.80$  grams respectively. The color value of the fresh leaves is  $L = 37.6$   $a = -0.5$   $b = +15.2$ . The moisture content of fresh leaves is  $75.07\%M_w$  and the dried leaves is  $5.50\%M_w$ . Types of dryers and solar hot water system are natural convection flat plate solar collector,  $100 \times 200 \times 14$  centimeters. The angle of ground level is 17 degrees within the scrap iron and copper pipe diameter (19 millimeters) and covered with glass thickness (6 millimeters). The size of dryer made of steel is  $80 \times 100 \times 180$  centimeters cover with smart board (6 millimeters). Air chimney mount rotating ball stainless steel diameter is 35 centimeters, shelves products made of stainless steel size are  $80 \times 100 \times 0.2$  cm with 5 floors and size sieve diameter is 3.2 millimeters. The capacity of water tank made of stainless steel encapsulated with insulation is  $0.15 \text{ m}^3$ . Environmental temperature is  $33.20 \pm 3.94^\circ\text{C}$ . The internal temperature of flat plate solar collector is  $54.95 \pm 14.28^\circ\text{C}$ . The inlet temperatures of dryer is  $35.20 \pm 5.17^\circ\text{C}$  and solar radiation incident on a plane intake is  $19.55 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{d}$ . Transient thermal efficiency is 53.25 percents of solar panels. Heat utilization is 503 kJ and the thermal efficiency is 30 percents of the dryer. The economic value showed that machine cost is 24,121 Baht, fixed cost is 27,286 Baht per year, and variable cost is 87,236 Baht per year. In addition, the breakeven point and payback period is 111 kilograms per year and 154 days respectively.

Keywords: Solar Dryer Herbs; Transient Thermal Efficiency; Heat Utilization

## บทนำ

ในปัจจุบันคนไทยเริ่มให้ความสนใจกับพืชสมุนไพรมากขึ้น จึงทำให้เกิดการตื่นตัวในการนำสมุนไพรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่ถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด แต่ในบางครั้งเกษตรกรประสบปัญหาผลิตผลเปียกชื้นและไม่สามารถทำให้แห้งทันเวลา ทำให้ผลผลิตเสียหาย เช่น มีเชื้อรา และสารพิษสูงเกินมาตรฐาน เป็นต้น (Department of Agriculture, 2013) ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องอบแห้ง ในที่นี้จะกล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่า สะอาด ปราศจากมลภาวะเนื่องจากประเทศไทยมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ  $17 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{d}$  ซึ่งมีศักยภาพพอเพียงในการทำอุณหภูมิ  $50 - 60$  องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิในการอบแห้งดังกล่าวจะเกิดขึ้นเฉพาะเวลาที่มีแดดเพียงพอเท่านั้น เราจึงได้ทำการศึกษาและเพิ่มระยะเวลาการทำงานของเครื่องอบแห้งให้มีระยะเวลาการใช้งานที่มากขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์หมดไป โดยใช้พลังงานความร้อนจากน้ำร้อนไหลเวียนแบบธรรมชาติในการอบแห้ง (Bureau Solar Energy Development of Alternative and Efficiency, Ministry of Energy, 2007)

### 1. วัตถุประสงค์

- 1.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสมุนไพรไทย
- 1.2 ศึกษาเครื่องอบแห้ง ชนิดของระบบอบแห้งและระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3 ศึกษาและออกแบบการเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.4 ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

### 2. ขอบเขตของโครงการ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ไปหมอนพันธุ์วีรรมย์ 60 ในการอบแห้ง

## ทฤษฎีและงานวิจัย

### 1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของไปหมอน

จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อหาลักษณะทางกายภาพของไปหมอน โดยวัดขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนัก ค่าสี และความชื้น เพื่อเปรียบเทียบหาขนาดครุตะแกรงที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาและออกแบบการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

### 2. เครื่องอบแห้ง ชนิดของระบบอบแห้งและระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

#### 2.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับ โดยมีพัดลมช่วยในการพาความร้อน ระบบอบแห้งอีกชนิดหนึ่ง คือ ระบบอบแห้งแบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ ในกรณีนี้จะคล้ายกับแบบแรกเพียงแต่การพาความร้อนจะเป็นแบบอิสระโดยไม่มีพัดลมช่วย แต่จะมีปล่องระบายช่วยให้การพาความร้อนดียิ่งขึ้น

## 2.2 ชนิดของระบบอบแห้ง

ระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งตามการหมุนเวียนของอากาศในตู้อบแห้ง ออกเป็น 3 ลักษณะ คือการอบแห้งแบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Teerasak, H., 2009) เป็นระบบที่ไม่อาศัยพัดลมขับเคลื่อนอากาศ ระบบอบแห้งแบบบังคับจะมีตัวช่วยในการหมุนเวียนอากาศ เช่น พัดลม ระบบอบแห้งแบบผสมผสาน เป็นระบบอบแห้งที่อาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ร่วมกับแหล่งความร้อนอื่น ในกรณีที่ไม่แสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ (Chakkaphun, P., 2007)

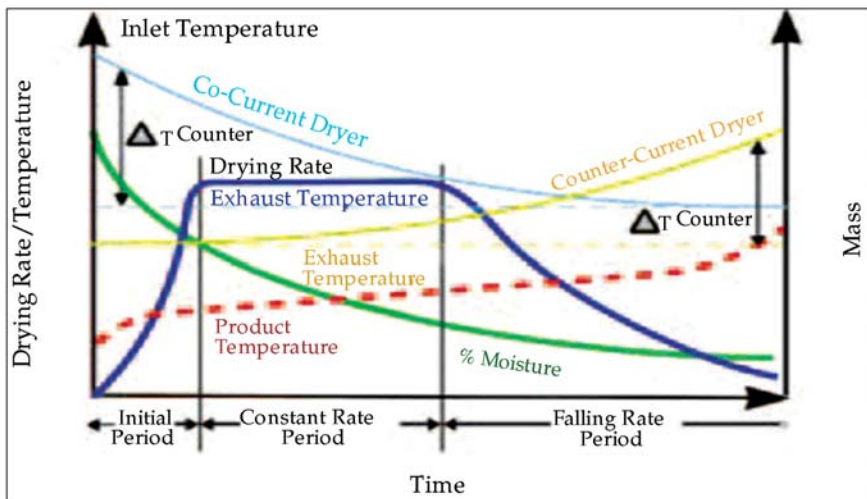
## 2.3 ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มี 2 ลักษณะคือ จะมีการใช้ปั๊มน้ำแบบใช้ไฟฟ้าในการบังคับการไหลหมุนเวียน ส่วนระบบหมุนเวียนตามธรรมชาตินั้นจะไม่มีปั๊มน้ำ แต่จะใช้การเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของของเหลวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนแทน สำหรับปริมาณน้ำร้อนที่จะผลิตได้จะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาด ของระบบ นอกจากนั้นปริมาณแสงอาทิตย์ ลักษณะการติดตั้งมุมเอียง และทิศทางที่ติดตั้งตัวกักเก็บความร้อนก็มีผลต่อปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ด้วย (Tanarat, S., 2011)

## 3. การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

### 3.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

กระบวนการความร้อนถูกถ่ายเทไปยังวัสดุที่ขึ้นให้ระเหยออกโดยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ซึ่งจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อน เป็นกระบวนการกำจัดความชื้นหรือน้ำ ในผลิตภัณฑ์กระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง (Charuwat, C., 2011) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นกราฟของการอบแห้ง

ความชื้นในวัสดุ ในการหาปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173 สามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \left( \frac{w-d}{d} \right) \times 100 \quad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \left( \frac{w-d}{d} \right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

$M_w$	คือ	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)
$M_d$	คือ	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
$w$	คือ	มวลของวัสดุ (kg)
$d$	คือ	มวลวัสดุแห้ง (kg)

3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของแผงเก็บรังสีอาทิตย์ (Chakkaphun, P., 2007)

$$\eta_i = \frac{\dot{m}C_p(T_a - T_i)}{A_C G_T} \quad (3)$$

3.3 ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (Chakkaphun, P., 2007)

$$Q_i = \dot{m}C_p(T_o - T_i) \quad (4)$$

3.4 ประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้ง (Chakkaphun, P., 2007)

$$\eta = \frac{Q_o}{Q_i} \quad (5)$$

เมื่อ

$\eta_i$	คือ	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (%)
$\eta$	คือ	ประสิทธิภาพทางความร้อน (%)
$Q_o$	คือ	มวลของน้ำที่ระเหย x ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ (kJ)
$Q_i$	คือ	ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ x ระยะเวลาในการอบแห้ง (kJ)
$\dot{m}$	คือ	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
$C_p$	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg °C)

$T_i$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_o$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_a$  คือ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ( $^{\circ}\text{C}$ )

$A_c$  คือ พื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $\text{m}^2$ )

$G_T$  คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

#### 4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินผลความสามารถในการทำงาน โดยการศึกษาต้นทุน ค่าเสื่อมราคา ค่าการบำรุงรักษา ค่าดอกเบี้ย ค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายแปรผัน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน (Sataporn, W., 2009) ดังสมการที่ (6) - (12)

ค่าเสื่อมราคา สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$D = \frac{(P - S)}{L} \quad (6)$$

$$\text{ค่าการบำรุงรักษาต่อปี} = \text{ราคาเครื่อง} \times \text{อัตราเปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ย} \quad (7)$$

$$\text{ค่าดอกเบี้ย} = \left[ \frac{(\text{ราคาเครื่อง} + \text{มูลค่าซาก})}{2} \right] \times \left[ \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ย}}{100} \right] \quad (8)$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} = \text{ราคาเครื่อง} + \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ค่าดอกเบี้ย} \quad (9)$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายแปรผัน} = \text{ค่าแรง} + \text{ค่าบำรุงรักษา} \quad (10)$$

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่}}{\text{ค่าจ้าง} - \left[ \frac{\text{ค่าใช้จ่ายผันแปร}}{\text{ราคาเครื่อง}} \right]} \quad (11)$$

ระยะเวลาคืนทุน

$$O = \frac{P_c}{R_f} \quad (12)$$

เมื่อ

D คือ ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P คือ ราคาซื้อของเครื่อง (บาท)

S คือ ราคาขายหรือค่าคงเหลือเมื่อเครื่องหมดอายุ (บาท)

L คือ อายุการปฏิบัติงานของเครื่องจักร (ปี)

O คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

$P_c$  คือ เงินลงทุนครั้งแรก (บาท)  
 $R_t$  คือ กำไร (บาทต่อปี)

## วิธีการทดลอง

### 1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไบโหม่อน

#### 1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1.1.1 ไบโหม่อนสด
- 1.1.2 ไม้บรรทัดเหล็ก
- 1.1.3 เครื่องชั่งดิจิตอล
- 1.1.4 เครื่องวัดค่าสี Minolta Camera
- 1.1.5 มีดสแตนเลส
- 1.1.6 เชียงพลาสติก
- 1.1.7 กระจ่างอลูมิเนียม
- 1.1.8 เครื่องอบแห้งสุญญากาศ

1.2 วิธีการทดลอง นำไบโหม่อนสด มาวัดขนาด ความกว้างและความยาว ด้วยไม้บรรทัด และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก

1.3 วิธีการทดลองหาค่าสี นำไบโหม่อนที่ทำความสะอาดแล้วมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี โดยวัดที่ตำแหน่ง โคน กลาง และปลายของไบโหม่อน ตามลำดับ

1.4 วิธีการทดลองหาความชื้นของไบโหม่อน ทันไบโหม่อนสดด้วยมีดให้ได้ขนาดความกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3 - 4 เซนติเมตร นำไบโหม่อนที่ทันแล้วมาบรรจุใส่กระจ่างอลูมิเนียมที่เตรียมไว้พร้อมชั่งน้ำหนัก นำกระจ่างที่บรรจุไบโหม่อนเข้าเครื่องอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นำกระจ่างที่บรรจุไบโหม่อนออกมาชั่งน้ำหนัก ทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และนำผลที่ได้ไปหาปริมาณความชื้นมาตรฐานเป็ยกตามสมการที่ (1)

### 2. วิธีการทดลองประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

#### 2.1 วัสดุอุปกรณ์

- 2.1.1 เทอร์โมมิเตอร์
- 2.1.2 เครื่องชั่งดิจิตอล
- 2.1.3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 2.1.4 ค่ารังสีดวงอาทิตย์จากสำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์จังหวัดขอนแก่น

2.2 วิธีการทดลอง นำไบโหม่อนที่ทันได้ขนาดแล้วบรรจุในถาด พร้อมชั่งน้ำหนักแล้วนำไปเข้าเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ วัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิภายในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิทางเข้าตู้อบแห้ง อุณหภูมิชั้นวางผลิตภัณฑ์ทุกชั้น ชั่งน้ำหนักไบโหม่อน แต่ละถาด ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักไบโหม่อนจะคงที่ นำผลที่ได้ไปหาปริมาณความชื้นมาตรฐานเป็ยกตามสมการที่ (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตามสมการที่ (3) ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ตามสมการที่ (4) และประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้งตามสมการที่ (5)

### 3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์จากสมการที่ (6) การคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจากสมการที่ (7) ค่าดอกเบี้ยจากสมการที่ (8) ค่าใช้จ่ายคงที่จากสมการที่ (9) ค่าใช้จ่ายแปรผันจากสมการที่ (10) จุดคุ้มทุนจากสมการที่ (11) และระยะคืนทุนจากสมการที่ (12)

## ผลการวิจัย

### 1. ลักษณะทางกายภาพของใบหม่อน

ลักษณะทางกายภาพของใบหม่อนมีความกว้าง ความยาว และน้ำหนักเท่ากับ  $17.10 \pm 1.97$   $22.60 \pm 2.69$  เซนติเมตร และ  $5.84 \pm 1.80$  กรัม และค่าสีใบหม่อนสดเท่ากับ  $L = 37.6$   $a = -0.5$   $b = +15.2$  ความชื้นของใบหม่อนสด 75.07 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และใบหม่อนแห้ง 5.50 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

### 2. เครื่องอบแห้ง ชนิดของระบบอบแห้ง และระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

#### 2.1 การศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากการขยายตัวของอากาศ และแรงลอยตัวของอากาศร้อนในคู่ออบ

2.2 ชนิดของระบบอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร จากการศึกษาาระบบอบแห้งที่เหมาะสมคือระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ โดยการใช้ปล่องเพื่อระบายอากาศที่พาความชื้นออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

2.3 ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งที่มีระบบการทำน้ำร้อนแบบไหลเวียนตามธรรมชาติ เมื่อน้ำได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีความหนาแน่นน้อยลง จึงไหลขึ้นสู่ด้านบนของถัง โดยน้ำเย็นที่มีความหนาแน่นมากกว่าไหลเข้ามาแทนที่

### 3. การออกแบบและสร้างการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.1 การออกแบบและสร้าง

การออกแบบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบมีขนาด  $100 \times 200 \times 14$  เซนติเมตร ทำมุมกับพื้นระดับ 17 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2 ภายในแผงบรรจุเศษเหล็ก และมีท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ปิดด้วยกระจกใสชั้นเดียวหนา 6 มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องอบแห้งทำจากเหล็ก มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ  $80 \times 100 \times 180$  เซนติเมตร ตามลำดับ ปิดด้วยแผ่นส്മาร์ทบอร์ดหนา 6 มิลลิเมตร และปล่องระบายอากาศติดลูกหมุนสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร มีชั้นวางผลิตภัณฑ์ทำจากสแตนเลสขนาด  $80 \times 100 \times 0.2$  เซนติเมตร 5 ชั้น ขนาดรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ถังน้ำสแตนเลสขนาด 0.15 ลูกบาศก์เมตร ทุ้มฉนวน



รูปที่ 2 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

3.2 ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $33.20 \pm 3.94$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์  $54.95 \pm 14.28$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิทางเข้าตู้อบแห้ง  $35.20 \pm 5.17$  องศาเซลเซียส

3.2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนชั่วขณะของแผงตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 53.25 เปอร์เซ็นต์

3.2.2 ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์อยู่ที่ 503 kJ

3.2.3 ประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้ง จะอยู่ที่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

3.2.4 ผลการทดลองเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

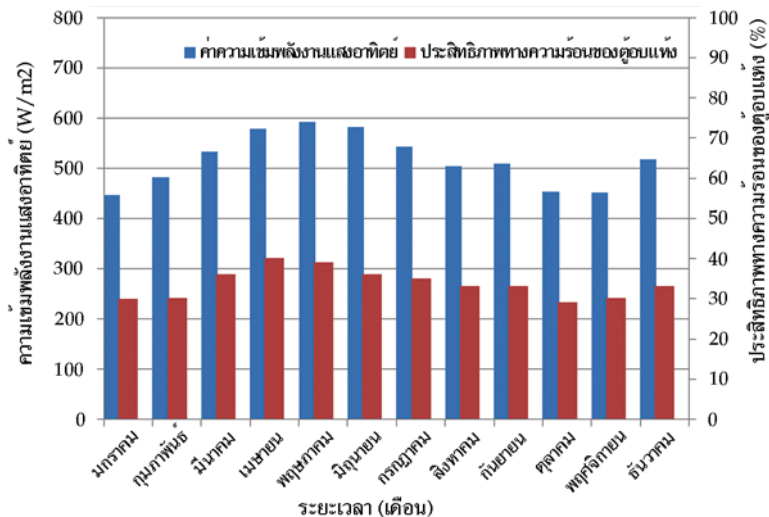
วันที่	เวลา	อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )			ความชื้น $M_w$ (%)		
		อากาศ แวดล้อม	แผงรับ แสงอาทิตย์	ทางเข้า ตู้อบ	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
10 ก.ค. 2557	07.00 น.	27	27	27	71.01	72.40	68.98
	08.00 น.	28	42	28	65.09	69.37	62.54
	09.00 น.	30	51	30	63.64	68.69	61.48
	10.00 น.	32	60	35	60.82	67.77	59.93
	11.00 น.	32	58	35	57.84	66.73	58.57
	12.00 น.	35	62	38	54.19	65.85	56.98
	13.00 น.	38	70	38	48.29	63.23	54.71

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้น $M_w$ (%)		
		อากาศ แวดล้อม	แผงรับ แสงอาทิตย์	ทางเข้า ตู้อบ	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
10 ก.ค. 2557	14.00 น.	34	62	38	41.88	61.03	51.65
	15.00 น.	36	63	37	35.08	57.30	47.86
	16.00 น.	34	53	36	32.04	55.03	45.46
	17.00 น.	32	45	35	26.81	52.18	42.31
11 ก.ค. 2557	07.00 น.	27	27	27	26.81	52.18	42.31
	08.00 น.	28	41	28	16.95	37.33	22.65
	09.00 น.	32	52	33	12.36	34.80	19.70
	10.00 น.	34	61	35	8.01	27.73	16.88
	11.00 น.	39	72	40	1.76	22.77	14.83
	12.00 น.	41	85	45	1.76	6.86	6.87
	13.00 น.	37	66	44	1.76	6.86	0.78
	14.00 น.	35	54	39	1.76	1.45	0.78
	15.00 น.	33	48	36	1.76	1.45	0.78
	ค่าเฉลี่ย	33.20	54.95	35.20			
	S.D.	3.94	14.28	5.17			

จากตารางที่ 1 เครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 15 ชั่วโมง น้ำหนักของใบหม่อนจะเริ่มคงที่ โดยที่อุณหภูมิสูงสุดของอากาศแวดล้อม แผงรับแสงอาทิตย์ และทางเข้าตู้อบ คือ 41 85 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ค่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันแต่ก็ไม่มากนัก ถ้าค่ารังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงจะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย (Meteorological Center Northeast upper, 2013) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์และประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้ง

4. ผลการประเมินผลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนการผลิต

รายการ	มูลค่า
ราคาเครื่อง (บาท)	24,121
ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)	2170
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อปี (บาทต่อปี)	2,412
ค่าดอกเบี้ยที่ 7.50 เปอร์เซ็นต์ (บาทต่อปี)	994
ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)	27,286
ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาทต่อปี)	87,236
จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)	111
ระยะเวลาการคืนทุน (วัน)	154

## สรุปผลและวิจารณ์ผล

### 1. สรุปผล

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสมุนไพรไทย ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าขนาดของใบหม่อนมีความกว้าง ความยาว และน้ำหนักเท่ากับ  $17.10 \pm 1.97$   $22.60 \pm 2.69$  เซนติเมตร และ  $5.84 \pm 1.80$  กรัม และสีใบหม่อนสดมีค่าอยู่ที่  $L = 37.6$   $a = -0.5$   $b = +15.2$  ความชื้นของใบหม่อนสด 75.07 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ใบหม่อนแห้ง 5.50 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ชนิดของระบบอบแห้งและระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดแผ่นเรียบมีขนาด  $100 \times 200 \times 14$  เซนติเมตร ทำมุมกับพื้นระดับ 17 องศา ภายในแผงบรรจุ เศษเหล็ก และมีท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ปิดด้วยกระจกใสชั้นเดียวหนา 6 มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องอบแห้งทำจากเหล็ก มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง เท่ากับ  $80 \times 100 \times 180$  เซนติเมตร ปิดด้วยแผ่นสเมาร์ทบอร์ดหนา 6 มิลลิเมตร และปล่องระบายอากาศ ดัดลูกหมุนสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร มีชั้นวางผลิตภัณฑ์ ทำจากสแตนเลส ขนาด  $80 \times 100 \times 0.2$  เซนติเมตร 5 ชั้น ขนาดรูตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ถังน้ำสแตนเลส ขนาด 0.15 ลูกบาศก์เมตร ทุ้มฉนวน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $33.20 \pm 3.94$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในแผงรับ พลังงานแสงอาทิตย์  $54.95 \pm 14.28$  องศาเซลเซียส อุณหภูมิทางเข้าตู้อบแห้ง  $35.20 \pm 5.17$  องศาเซลเซียส และค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบตัวเก็บรังสีเฉลี่ย  $19.55 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{d}$  ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ช่วงเวลาของแผงเก็บพลังงานแสงอาทิตย์คือ 53.25 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์อยู่ที่ 503 kJ และประสิทธิภาพทางความร้อนของตู้อบแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์

### 2. วิจารณ์ผล

การลดความชื้นของใบหม่อนที่ทำการอบแห้ง จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในอากาศของแต่ละวัน ถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้การอบแห้งใช้เวลานานขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะส่งผลให้ การอบแห้งใช้ระยะเวลาอันน้อยลง ประสิทธิภาพช่วงระยะเวลา และประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง พบว่า ค่าประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับค่ารังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันแต่ก็ไม่มากนัก ถ้าค่ารังสี ดวงอาทิตย์มีค่าสูงจะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพดีขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ไม่มีเครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์ จึงต้องอ้างอิงข้อมูลจากสำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์จังหวัดขอนแก่น ที่มีเพียงค่าเฉลี่ยรายเดือนเท่านั้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต ขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวก อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องจักรอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย และจัดเก็บข้อมูล ตลอดจนการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## References

- Bureau Solar Energy Development of Alternative and Efficiency, Ministry of Energy. (2007). Solar dryers. Access (8 November 2013). Available ([http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bosbose/document/3\\_solar\\_dryers\\_manual.pdf](http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bosbose/document/3_solar_dryers_manual.pdf))
- Chakkaphun, P. (2007). The performance of the water heater, solar flat plate recirculating water naturally. Access (16 October 2013). Available ([http://www.ubu.ac.th/web/files\\_up/08f2013032216193235.pdf](http://www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2013032216193235.pdf))
- Charuwat, C. (2011). Drying technology radiotherapy Sunday and development. Access (10 March 2013). Available ([http://resjour.nal.kku.ac.th/abstract/17\\_1\\_110.pdf](http://resjour.nal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf))
- Department of Agriculture. (2013). Herb. Access (8 October 2013). Available (<http://www.doa.go.th/th/>)
- Meteorological Center Northeast upper. (2013). Meteorological Center Northeast. Access (29 July 2014). Available (<http://www.khonkaen.tmd.go.th/home.php>)
- Sataporn, W. (2009). Performance testing of solar dryers for Mulberry. Master of Engineering Department of Technology Energy. Mahasarakham University
- Tanarat, S. (2011). The hot water using solar energy. Access (7 May 2013). Available (<http://teenet.cmu.ac.th/emac/journal/2001/01/04.php>)
- Teerasak, H. (2009). The performance of the Flat Plate Solar Collector V-shaped groove for solar drying. Access (7 May 2013). Available ([http://me.psu.ac.th/tsme/ME\\_NETT23/topic/file/ETM-019329.pdf](http://me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT23/topic/file/ETM-019329.pdf))