



## ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งสมุนไพรเครื่องต้มยำ

### Factors Affecting the Drying of Tom Yum Herbs.

จิตารัตน์ ฉลุทอง<sup>1</sup> นริศรา สุวรรณเพชร<sup>2</sup> จักรพรรณ์ ผิวสอาด<sup>3</sup> ปิยะนุช เหลืองงาม<sup>4</sup> นันทพร กงภูเวช<sup>5</sup> ปิยพร วงศ์อนุ<sup>6</sup>

E-mail : sb6440148219@lru.ac.th, sb6440148223@lru.ac.th

โทรศัพท์: 0963384713, 0839250408

#### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการอบแห้งสมุนไพรเครื่องต้มยำด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ศึกษาปัจจัยของการอบแห้งอันได้แก่ รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณความชื้นของเครื่องต้องตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งในการอบเครื่องต้มยำ 10 ชุด สำหรับแต่ละ ชุดใช้เครื่องต้มยำ 10 กิโลกรัม ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ารังสีอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันตั้งแต่  $15 \text{ Wm}^{-2}$  ถึง  $800 \text{ Wm}^{-2}$  อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจาก  $32^\circ\text{C}$  ถึง  $65^\circ\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์แปรผันจาก 24% ถึง 80% นอกจากนี้เครื่องต้มยำอบแห้งใช้เวลา 3 วัน เทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติใช้เวลา 5 วันเครื่องต้มยำที่อบแห้งได้รับการปกป้องอย่างสมบูรณ์จากฝนและได้เครื่องต้มยำคุณภาพสูง ผลการศึกษาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในเรื่องการอบแห้งเครื่องต้มยำ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งสมุนไพรเครื่องต้มยำ เพื่อนำไปใช้ในเรื่องของการถนอมอาหารและลดความเสียหายจากแมลงและเชื้อราในเนื้อเครื่องต้มยำ

**คำสำคัญ:** เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เรือนกระจก, เครื่องต้มยำ

#### Abstract

In this research, the drying of Tom Yum herbs using a solar dryer was presented. Drying factors such as solar radiation, air temperature were studied. relative humidity and the moisture content of the machine, the efficiency of the dryer must be checked by using the dryer to dry 10 batches of Tom Yum dryer. For each batch, 10 kilograms of Tom Yum dryer is used. The results obtained from the experiment show that the solar radiation has different values. From  $15 \text{ Wm}^{-2}$  to  $800 \text{ Wm}^{-2}$ , the temperature varies from  $32^\circ\text{C}$  to  $65^\circ\text{C}$ , the relative humidity varies from 24% to 80%. Moreover, Tom Yum drying machine takes 3 days, compared to natural sun drying takes 5 days. The drying is completely protected from rain and a highquality Tom Yum paste is obtained. Results of such studies and problems The researcher is therefore interested in the matter of drying Tom Yum paste. and study the factors affecting the drying of Tom Yum herbs. To be used in the matter of preserving food and reducing damage from insects and fungi in Tom Yum meat.

**Keywords:** Greenhouse solar dryer, Tom Yum Machine

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

## ความเป็นมาของปัญหา

“ต้มยำรสแซบ” จัดว่าเป็นเมนูอาหารสุดฮิตตลอดกาล และส่วนใหญ่มักจะทราบกันดีว่าคุณประโยชน์ของการรับประทาน “ต้มยำรสแซบ” ไม่ว่าจะเป็นต้มยำปลากระพง ต้มยำไก่ ต้มยำทะเล หรือต้มยำโปะแตก ล้วนแล้วแต่มีสรรพคุณทางยา และโภชนาการแทบทั้งสิ้น เพราะส่วนประกอบ ของต้มยำ หรือ “เครื่องต้มยำ” ก็เป็นพืชสมุนไพรประจำถิ่นภายในบ้านเรา แถมยังหาง่ายอีกด้วย บางบ้านปลูกเอาไว้ในสวนหลังบ้าน หรือใช้พื้นที่ว่างเปล่าปลูกเอาไว้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการ ประกอบอาหาร เพราะสะดวกต่อการเก็บมาใช้สอย แถมยังได้ใช้แบบสด ๆ อีกด้วย ที่สำคัญยังเป็น สมุนไพรที่มีประโยชน์กับร่างกาย และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย

“ข้า” หากนำเหง้ามาบดให้ละเอียด ผสมกับน้ำปูนใสดื่ม 3 เวลาหลังอาหาร ก็จะช่วยบรรเทา อาการท้องร่วง คลื่นไส้ อาเจียน หรือบดเหง้าแช่กับน้ำให้ละเอียดผสมกับเหล้าขาวใช้ทาฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ช่วยบรรเทาอาการของโรคผิวหนัง กลากเกลื้อน ลมพิษ นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าที่ทุบ ละเอียดยัง สามารถไล่แมลงได้อีกด้วย

“ตะไคร้” จัดได้ว่าเป็นตัวช่วยให้เจริญอาหาร หากนำ “ตะไคร้” มาบดและนำไปต้มกับน้ำเดือด และเมื่อน้ำเปลี่ยนสีให้ยกลง เติมน้ำตาลเล็กน้อย นำมาดื่มแก้อาการคลื่นไส้ อาเจียนได้ และเมื่อต้มน้ำ “ตะไคร้” ก่อนไปต้มเครื่องต้มแอลกอฮอล์ ก็จะทำให้ต้มแอลกอฮอล์ได้น้อยลง หรือหากมาคั้น การต้มน้ำตะไคร้ก็จะช่วยให้สร้างมาได้เร็วขึ้น

“ใบมะกรูด” จะมีฤทธิ์ช่วยให้เลือดลมไหลเวียนดี ละลายเสมหะ หากนำใบมะกรูดมาหั่น ฝอยๆ และใส่ลงไปใต้น้ำอุ่นแล้วแช่ทิ้งไว้ ก็จะสามารถช่วยผ่อนคลายความเครียดได้อีกด้วย โดยรวมแล้ว ข้า ตะไคร้ ใบมะกรูด จะมีสรรพคุณที่คล้ายกัน เพราะจะช่วยดับกลิ่นคาวจากเนื้อสัตว์ ช่วยย่อยอาหาร ขับลม ขับปัสสาวะ แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และหากนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย ก็สามารถนำมาใส่ถุง ไล่แมลงที่แสนจะน่ารำคาญได้

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยของการอบแห้งที่มีผลต่อการอบแห้งของเครื่องต้มยำ คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ (Solar radiation) อุณหภูมิของอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และ ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ (Moisture content)
2. เพื่อศึกษาการถนอมอาหาร และไม่ก่อให้เกิดเชื้อราในอาหาร

## วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประเภทของการวิจัย

พหุวิธี

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดลองหลายๆ ครั้ง และนำมาสรุปเป็นตาราง ในบ้านผาอินทร์แปลง ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลแล้วบรรยาย ออกมาให้ผู้ที่สนใจศึกษา

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยเชิงคุณภาพไม่เน้นข้อมูลเชิงปริมาณ การเก็บข้อมูลจึงไม่เน้นการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้น ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลจึงอยู่ที่คุณภาพของผู้วิจัยและการตรวจสอบข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ โดยจะต้องตรวจสอบข้อมูลในขณะที่เก็บข้อมูลอยู่ในภาคสนาม และเมื่อออกจากภาคสนามก็ต้องมีการตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อพิจารณาว่า ข้อมูลที่ได้นั้นเพียงพอที่จะตอบคำถามวิจัย ได้หรือไม่ และข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือเพียงใด

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

## ผลการวิจัย

### 1. ความเข้มรังสีอาทิตย์

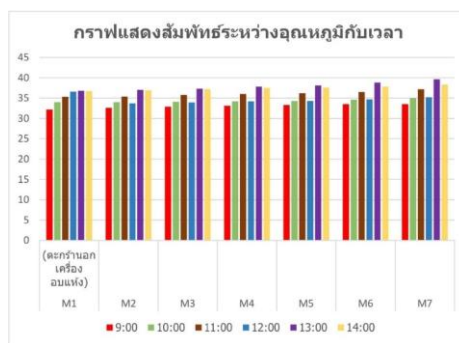
ความเข้มรังสีอาทิตย์ วัดด้วยเครื่องวัดความเข้มรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไพล์(thermopile) (ยี่ห้อ Kipp&Zonen รุ่น CMP3, ประเทศสหรัฐอเมริกา) มีความถูกต้อง (accuracy)  $\pm 0.5\%$  วัด ในการทดลองทั้ง 2 ครั้งพบว่ามีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุด  $832 \text{ W/m}^2$

### 2. อุณหภูมิอากาศ

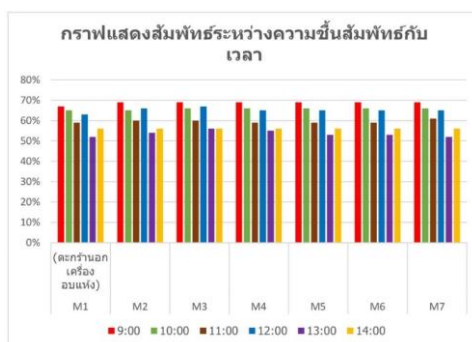
การทดลองครั้งที่ 1 ใช้สมุนไพรเครื่องต้มยำ จำนวน 1.05 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 56.74 % (w.b.) ในช่วงที่ทำการทดลองท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน ทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำ มีความเข้มรังสีอาทิตย์  $832 \text{ W/m}^2$  ส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าต่ำด้วย และ ครั้งที่ 2 ก็เช่นกัน ท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน ทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำ มีความเข้มรังสีอาทิตย์  $815 \text{ W/m}^2$  อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ อุณหภูมิทางเข้า อุณหภูมิทางออก อุณหภูมิภายนอกโรงอบ จะมีค่าใกล้เคียงกันแต่อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดมจะสูงกว่า

### 3. ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงอบแห้ง จะเห็นว่ามีค่าต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม และความร้อนจากการสะสมในโรงอบแห้ง และการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่อยู่ภายในโรงอบแห้ง ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงอบแห้งต่ำกว่าภายนอกโรงอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาวันที่ 1



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาวันที่ 1

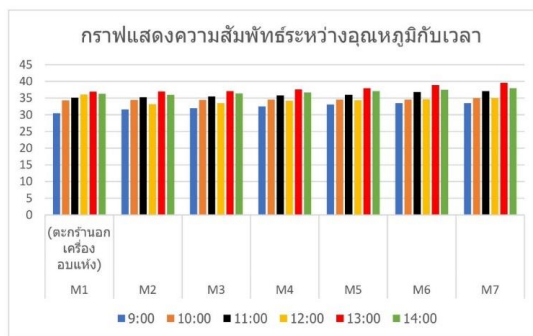
ปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์อัตราการลดลงของปริมาณความชื้นของ สมุนไพรเครื่องต้มยำ คือ ข่า ตะไคร้ และ ใบมะกรูด ในโรงอบแห้งและนอกโรงอบแห้งจะค่อยๆลดลงแต่เมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาตินั้นค่าความชื้นจะลดลงช้ากว่า

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

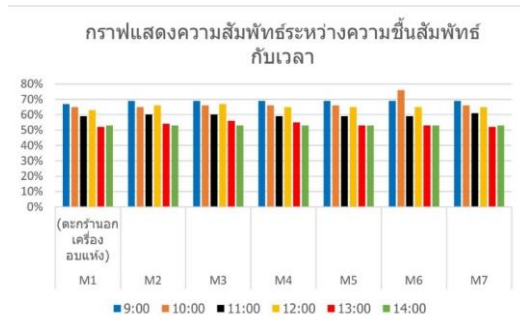
<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ต้องใช้เวลามากกว่าการอบภายในเครื่องอบแห้งเมื่อทิ้งข้าว ตะไคร้ และ ใบมะกรูดเอาไว้ในเครื่องอบแห้งทั้งวัน เข้าวันถัดไปมวลของข้าว ตะไคร้ และ ใบมะกรูด จะเพิ่มขึ้นเพราะได้รับความชื้นจากเครื่องอบแห้ง ปริมาณความชื้นของเครื่องต้มยำที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดมปริมาณความชื้นของข้าว ตะไคร้ และ ใบมะกรูด ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม ทั้ง 2 ชุดการทดลองได้

ปริมาณความชื้นของสมุนไพรเครื่องต้มยำ คือ ข้าว ตะไคร้ และใบมะกรูด 2.1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 56.74% (w.b.) เมื่อทำการอบแห้งจากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดมครั้งที่ 1 มีค่าความชื้นของสมุนไพรเครื่องต้มยำเฉลี่ยเท่ากับ 2.6% (w.b.) และ ครั้งที่ 2 มีค่าความชื้นของสมุนไพรเครื่องต้มยำเฉลี่ยเท่ากับ 1.8% (w.b.) แต่สมุนไพรเครื่องต้มยำที่ตากแดดตามธรรมชาติ 2 วันครั้งที่ 1 เหลือค่าความชื้น เท่ากับ 43.3% (w.b.) และครั้งที่ 2 เหลือค่าความชื้น เท่ากับ 42.1% (w.b.)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาวันที่ 2



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาวันที่ 2

### อภิปรายผล

สำหรับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม ปริมาณที่มีความสำคัญมากปริมาณหนึ่งคือ ความเข้มข้นสีอาทิตย์ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นสีอาทิตย์จากการทดลองพบว่ามีความเหมาะสมกับกระบวนการอบแห้ง แต่เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งที่กล่าวถึงในข้างต้น คืออุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของอากาศของโรงอบแห้งจะแปรตามปริมาณความเข้มข้นสีอาทิตย์ ถ้าความเข้มข้นสีอาทิตย์สูงอุณหภูมิของโรงอบแห้งก็จะสูงด้วย และความเร็วลมของโรงอบแห้งจะช่วยให้สามารถระบายความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงอบแห้งและปริมาณความชื้นของสมุนไพรเครื่องต้มยำไหลออกจากโรงอบแห้งได้ แต่เนื่องจากมีบางปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ที่เห็นได้อย่างชัดเจนในงานวิจัยครั้งนี้คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เนื่องจากในช่วงเดือนมิถุนายน

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน ทำให้ความเข้มรังสีมีค่าลดลงทำให้ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงด้วยซึ่งอุณหภูมิที่ลดลงนี้ส่งผลโดยตรงกับกระบวนการอบแห้ง

### สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดมสำหรับอบแห้งสมุนไพรเครื่องต้มยำ ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองมาสรุปโดยนำเอาเนื้อหาสาระจากเอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้องมาอภิปราย ซึ่งมีเหตุผลและรายละเอียด ดังนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่ ความเข้มรังสีอาทิตย์ (solar radiation) อุณหภูมิของอากาศ (air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และความเร็วลม (wind speed)

ความเข้มรังสีอาทิตย์ในการทดลองทั้ง 2 ครั้งมีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ  $800-900 \text{ W/m}^2$  ในช่วงที่ทำการทดลองท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน ทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าต่ำด้วย ส่วนครั้งที่ 2 ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์แปรไปตามช่วงเวลาของวัน มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่  $815 \text{ W/m}^2$  อุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาโดม ในช่วงเวลากลางวันจะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มรังสีอาทิตย์เมื่อรังสีอาทิตย์มาก โดยมีค่าสูงกว่าอากาศแวดล้อม  $5 - 20^\circ\text{C}$  โดย ทำให้อากาศภายในโรงอบใช้เวลาในการอบแห้งนาน และอุณหภูมิภายในที่จุดตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ  $1-5^\circ\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากการทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลองพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางเข้าโรงอบแห้งมีค่าตั้งแต่  $32.8-49.7\%$  ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตรงกลางโรงอบแห้งมีค่าตั้งแต่  $27.4 - 43.6\%$  ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางออกโรงอบแห้งมีค่าตั้งแต่  $32.2-48.8\%$  และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศของสิ่งแวดล้อมมีค่าตั้งแต่  $32.8- 49.3\%$ ในการอบแห้งสมุนไพรเครื่องต้มยำนั้นควรมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ต่ำ จึงจะทำให้สมุนไพรเครื่องต้มยำแห้งเร็วขึ้น ความเร็วลมทางเข้าจะมีค่าตั้งแต่  $0-0.5 \text{ m/s}$  และความเร็วลมทางออกจะมีค่าตั้งแต่  $1.9-6.6 \text{ m/s}$  ปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์ โดยอัตราการลดลงของปริมาณความชื้นของสมุนไพรเครื่องต้มยำ จะค่อย ๆ ลดลง ใช้เวลาในการอบแห้ง 2 วัน ความชื้นสุดท้ายของความชื้นผลิตภัณฑ์

มีค่าประมาณ  $1.8 - 2.6\% \text{ (w.b.)}$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ ที่มีค่าประมาณ  $42.1-42.3 \text{ (w.b.)}$

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการอบแห้ง 2 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งใช้สมุนไพรเครื่องต้มยำ จำนวน  $1.05 \text{ กิโลกรัม}$  เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแต่ถ้ามีผู้ที่มีสนใจสมุนไพรเครื่องต้มยำเป็นจำนวนมากสามารถทำการอบแห้งเพิ่มขึ้นได้หรือควรใช้ปริมาณของสมุนไพรเครื่องต้มยำให้มีจำนวนเหมาะสมกับขนาดของโรงอบ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการอบสมุนไพรอื่นนอกเหนือจากเครื่องต้มยำ
2. ควรศึกษาสภาพอากาศในการอบแห้งในครั้งถัดไปเพื่อให้การทำการทดลองประสบความสำเร็จคล่องตัว

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2543) **ข้อมูลเครื่องต้มยำ**. สถานที่พิมพ์. โรงพิมพ์  
ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
- นิยม ศรีศิริสิทธิกุล. (2546) **เตาเผาแก๊สหลอดไส้แบบอบอากาศหมุนวน**. สถานที่พิมพ์.  
วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ธีรเดช ไชยบุค. สุวิทย์ เพชรห้วยลึก. จอมภพ แวตักดี. มารินา มะหนิ และภรพนา บัวเพชร. (2553)  
**การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายในใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้  
ของประเทศไทย**. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 หน้า 100 -118. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2555).  
การลดน้ำหนักกากตะกอนน้ำเสีย (สืบค้นวันที่ 5 กันยายน 2566)
- เสริม จันทร์ฉาย. (2540) **เอกสารประกอบการสอนวิชาการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์**.  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถานที่พิมพ์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Abbasi, S.B. and Mowla D. (2008.) **Axial and radial moisture diffusivity in cylindrical  
fresh greenbeans in a fluidized bed dryer with energy carrier: Modeling with and without shrinkage.**  
**Journal of Food Engineering**. 88(1). 9-19.
- Acharyaviriy, S. Soponronnarit S. Terdyothin A. (2012) **Diffusion models of  
papaya and Mango GLACE' drying**. Drying Technology. 18(7). 1605-1615. 2000.Agricultural Statistics of  
Thailand. Ministry of Agriculture&Co-Operatives. Bangkok. Thailand.
- Arekornchee, W. Thanee. U. Chaochote. A. Phataweert. (2012) **S. Study on solar  
greenhouse dryer model for rubber sheet drying**. 7<sup>th</sup> TSAE International conference (TSAE2014).
- Bakker-arkema. F.W. and hall. C.W. Drying Cereal (1974) **Grains**. AVT. Westport. Connecticut.
- Bala. B.K. (1998) **Drying and Storage of Cereal Grain**. Oxford&IBH Publishing Co. New Delhi.
- Bala. B.K. (2010) **Drying and Storage of Cereal Grain**. Oxford&IBH Publishing Co. New Delhi.
- Bena B. Fuller RJ. (2002) **Natural convection solar dryer with biomass back-up heater**. **Solar Energy**. 72 (1) pp:75-83.
- Duffie. J.A. and Beckman. W.A. (1991) **Solar Engineering of thermal Processes**. John Wiley and sons. New York.
- El-Sebaai. A. and Shalaby. (2012) **A. Solar drying of agricultural products**. A  
Renewable and Sustainable Energy Reviews 16. 37- 43.
- Fudholi. A. Sopian. K. Ruslas. M.H. Alghoul. M.A. Sulaiman. M.Y. (2010) **Review of solar  
dryersfor agricultural and marine products**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14. 1-30.
- Gauhar A. Mastekbayeva. Chandika P. Bhatta. M. Augustus Leon and S. (2010)  
**EXPERIMENTAL STUDIES ON A HYBRID DRYER**
- Goyal R.K. Tiwari G.N. (1997) **Parametric study of a reverse flat plate absorber  
cabinet dryer. a new concept**. **Solar Energy**. pp60.41-8.
- Hashemi. G. Mowla. D. Kazemeini. M. (2009) **Moisture diffusivity and shrinkage of**

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย





- broad beans during bulk drying in an inert medium fluidized bed dryer assisted by dielectric heating. *Journal of Food Engineering*. 92(3). 331-338.
- Iglesias. H.A. and Chirife, J. Handbook of Food isotherms. Academic Press. New York.
- Janjai. S. Chaichoet C. Intawee P. (2004) **Performance of a PV-ventilated greenhouse dryer for drying bananas**. Proceedings of the Joint International Conference on Sustainable Energy and Environmental. 1-3 December.
- Janjai. S. Laksanaboong. J. Nunez. M. Thongsathitya. A. (2005) **Development of a tropical generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment**. *Solar Energy* 78. 739-751.
- Janjai. S. and Kaewpansart. T. (2006) **Design and performance of a solar tunnel dryer with a polycarbonate cover**. *International Energy* 7. pp187-194.
- Janjai.S.Khamvongsa. V. Bala.B.K. (2007) **Development. Design and Performance of a PV-Ventilated Greenhouse Dryer**. *International Energy* 8.249-258.
- Janjai. S. Lamler. N. Intawee. P. Mahayothee. B. Boonrod Y. Haewsungcharern. M.Bala. B.K. Nagle. M. Muller. (2009) **J.Solar drying of peeled longan using a side loading type solar tunnel dryer: Experimental and simulated performance**. *Drying Technologies* 27.595-605.
- Janjai. S.Jagrapan Piwsaoad Wanich Nilnont and Prasan Pankae (2015). **Experimenting**. vol 1. pp. 48-53.
- Janjai, S. A. (2012) **greenhouse type solar dryer for small-scale dried Food industries**. Development and dissemination. *International Journal of Energy and Environmental* 3. 383-398.
- Janjai, S. and Bala B.K. Solar drying technology, *Food Engineering Reviews*, vol. 4. pp.16-54. 2012.
- Kays. W.M. and Crawford. M.E. (1980) **Convective heat and mass Transfer**. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill. New York. pp. 182-184.
- Kaewkiew.J.Nabnean.S. and Janjai. S. (2012) **Experimental investigation of the performance of a large-scale greenhouse type solar dryer for drying chilli in Thailand**.vol. 32 pp. 433-439.
- Lopez Camelo.A.F.Gomez.P.A. (2004) **Comparison of colour indexes for tomato ripening Horticultural Brassica**. 22(2). 534-537.
- Maskan.M. (2001) **Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying** *Journal of Food Engineering*.169-175.
- Mohanraj M. and Chandrasekar P. (2008) **Drying of copra in forced convection solar drier**.*BiosystEng*. pp.604-7.
- Murthy. M.V.R. A (2009) Review of new technologies. models and experimental investigations of solar driers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13. 835-844.and biomass dryer for small and medium enterprise for developing countries.
- International (2013) *Journal of Physical Sciences* Vol. 8(25). pp. 1341-1349. 9 July. Piwsaoad J. (2019). **Experimental performance and mathematical modeling of a large**

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย



scale greenhouse solar dryer for drying orchids at Kanchanaburi Province Thailand. Journal of Science and Technology (SNRUJST). 11(2). 35-44

Piwsaoad J. (2019). **HYBRID SOLAR DRYER FOR DRYING PINEAPPLES OF RAIMOUNG COMMUNI-TY ENTERPRISE. THAILAND.**

Rajabhat Journal of Sciences. Humanities & Social Sciences (Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci.) ฉบับที่ 20(1). 97-110.

Sharma A., Chen CR, VuLan N. (2009) **Solar-energy drying systems.** A review.

Renewable and Sustainable Energy Reviews.pp:1185-210.

Sharma.G.P.Prasad.S.Chahar V.K. (2009) **Moisture transport in gartic cloves undergoing** microwave-convective drying. Food Eng 65(3). 413-425.

Sodha. M.S.Bansal.N.K.Kumar.A.Bansal.P.K.Malik. MAS. (1987) **Solar Crop Drying.**1.CRC Press. Boca Raton, Florida.

---

<sup>1</sup> นักศึกษา หลักสูตร ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย