



## รายงานการวิจัย

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้  
Dryer using solar for Cocoa bean Processing.

พงษ์พันธ์ ราชภัคดี  
รุ่งโรจน์ จินต์วง

Pongpun Ratchapakdee  
Rougrrote Geendoung

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
งบประมาณเงินรายได้

ประจำปี พ.ศ. 2563

## มติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2563 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือหาค่าความชื้นของเมล็ดโกโก้ ขอขอบคุณ คุณธวัชชัย เสพพ์ธรรม และคุณศรัณญา ภูมิภักดิ์ เจ้าของสวนโกโก้ธวัชชัยท่าศาลา ต.สระแก้ว อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการทดลองและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าอาจารย์ทุกท่านจะเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

พงษ์พันธ์ ราชภักดี  
รุ่งโรจน์ จินด้วง  
กุมภาพันธ์ 2564

## เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้

พงษ์พันธ์ ราชภักดี<sup>1</sup> และรุ่งโรจน์ จินด้าง<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างรวมถึงหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งเมล็ดโกโก้สำหรับชุมชน อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรในชุมชน โดยทำการทดลองกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ บ้านคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

เครื่องอบแห้งมีขนาดพื้นที่รับแสงรวม 120 ตารางเซนติเมตร จากการหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้น พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุดที่ 59.70 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย 31.39 องศาเซลเซียส เมล็ดโกโก้มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55.6 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาอบแห้งประมาณ 16 ชั่วโมง โดยเมล็ดโกโก้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 6.89 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เมล็ดโกโก้แห้ง, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

---

<sup>1,2</sup>อาจารย์ สาขาเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง  
นครศรีธรรมราช

## Dryer using solar for Cocoa beans Processing

Pongpun Ratchapakdee<sup>1</sup> and Rougrote Geendoung<sup>2</sup>

### Abstract

This research aims to build dryer using solar for cocoa beans for the community. Including the efficiency of solar dryers and to increase the value of agricultural production in the community, helping to increase revenue. By experimenting with the cocoa growers Klong Klai, Sa Kaeo sub-district, Tha Sala district, Nakhon Si Thammarat province.

The total area for drying was 120 cm<sup>2</sup>. The efficiency of the drying room showed that the average maximum temperature is 59.70 °C while the maximum ambient temperature at 31.39°C. The solar dryer to reduced the initial moisture contents of cocoa beans 55.6 % to dry beans with 6.89 % within 16 hours.

**Keywords :** Dried cocoa beans, Solar dryer.

---

<sup>1,2</sup>Faculty of Science and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thongsong, Nakhon Sri Thammarat.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โกลโก้	5
2.2 ทฤษฎีการคำนวณหาค่าความขึ้นของผลผลิต	9
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการอบแห้ง	9
2.4 ชนิดของการอบแห้ง	10
2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง	12
2.6 การจำแนกเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	
4.1 ผลการทดสอบค่าอุณหภูมิแวดล้อมและค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง	29
4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	32
5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลงานวิจัย	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	36

## สารบัญ

	หน้า
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	
ก. บทความตีพิมพ์ในการประชุม	40

## สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1	ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม	29
4.2	ผลการทดสอบค่าการค่าความชื้น	33

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร	2
1.2 การหมักโกโก้ในเชิง	2
1.3 คลุมล้งไม้ด้วยกระสอบป่านเพื่อรักษาความร้อน	3
1.4 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร	3
1.5 การพลิกกลับเมล็ดเพื่อให้เมล็ดโกโก้แห้งทั้งหมด	4
2.1 ต้นโกโก้	5
2.2 ผลโกโก้	6
2.3 เมล็ดโกโก้	6
2.4 เมล็ดโกโก้ที่แกะออกจากผลสำหรับเตรียมหมัก	7
2.5 เมล็ดโกโก้ที่หมักแล้ว	7
2.6 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร	8
2.7 การพลิกกลับเมล็ดเพื่อให้เมล็ดโกโก้แห้งทั้งหมด	8
2.8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยธรรมชาติ	13
2.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยการบังคับ	14
2.10 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์ทางอ้อม	14
2.11 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม	15
2.12 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	16
2.13 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล	17
2.14 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร	18
2.15 เครื่องอบแห้งลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดระดับห้องปฏิบัติการ	19
2.16 ตู้อบสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	19
2.17 เครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระโจม	21
3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	22
3.2 โครงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้	23
3.3 ชุดรองรับเมล็ดโกโก้ภายในตู้อบ	23
3.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ	24
3.5 พัดลม ขนาด 3 นิ้ว	24
3.6 ตู้ไฟขนาด 6 x 8 นิ้ว	24
3.7 การติดตั้งกล่องไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในตัวเครื่อง	25
3.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	25



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.9 ด้านหน้าของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้	26
3.10 ด้านหลังของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้	26
3.11 ด้านข้างของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้	26
3.12 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	27
3.13 นำโกโก้หมักใส่ในตะแกรงรองรับ	27
3.14 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง ณ ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา	28
4.1 กราฟแสดงเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิภายในและแวดล้อมของเครื่องอบแห้ง	30
4.2 เมล็ดโกโก้ที่นำมาทดลอง	31
4.3 ตัวอย่างโกโก้หมักที่นำมาทดลองตากแห้ง	31
4.4 ทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบ	31
4.5 ค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง	32
4.6 เมล็ดโกโก้ก่อนและหลังการอบแห้ง	32
4.7 ตู้อบความร้อน	32
4.8 การเปรียบเทียบค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน	33
4.9 ตัวอย่างเมล็ดโกโก้	34
4.10 ชั่งน้ำหนักก่อนอบของตัวอย่างเพื่อนำไปหาความชื้น	34

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โกโก้ (Cocoa) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Theobroma cacao* L. เป็นพืชในวงศ์ STERCULIACEAE เป็นไม้ยืนต้น ใบเดี่ยวเรียงสลับรูปขอบขนานแกมไข่กลับหรือรูปขอบขนาน ดอกเดี่ยวหรือออกเป็นกระจุก ที่ลำต้นและกิ่งก้าน กลีบดอกสีขาวแกมเหลือง เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันสีม่วงเข้ม ปลายยอดสีขาว ผลสดรูปไข่แกมกระสวย ผิวขรุขระ เมื่อสุกสีม่วงหรือเหลือง เมล็ดรูปกระสวยสีน้ำตาล มีแหล่งกำเนิดอยู่ในแถบลุ่มน้ำอเมซอน ตอนบน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในแอฟริกาตะวันตก (63%) ประเทศในเขตร้อนของอเมริกา (20%) และเอเชีย (17%) ในประเทศไทยมีแหล่งปลูกโกโก้ อยู่หลายจังหวัด เช่น ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง พังงาและ สมุทรสงคราม เป็นต้น (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2014) โกโก้จะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอนาคตเนื่องจากทั่วโลกมีความต้องการมากนำไปผลิตช็อกโกแลต เครื่องสำอาง อาทิ ลิปสติก ยาทาเล็บ ฯลฯ เฉลี่ยปีละ 2 หมื่นตัน ราคาเมล็ดแห้งมีแนวโน้มจะขยับขึ้นไปสูงกว่าปัจจุบันที่ราคา กิโลกรัมละ 40-50 บาท โดยเฉพาะผลผลิตโกโก้ที่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์หรือออร์แกนิกจะได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ ซึ่งถือว่าตลาดโกโก้ในไทยมีโอกาสขยายตัว จึงเริ่มมีเกษตรกรให้ความสนใจปลูกโกโก้มากขึ้นด้วย เพราะราคาดี โดยพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ อยู่ที่ 5,464.39 ไร่ และพื้นที่เก็บเกี่ยว 4,090.66 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ 3,957.59 ไร่ ซึ่งจังหวัดที่ปลูกมาก คือ น่าน เชียงรายลำปาง ตาก ภาคตะวันออกก็ปลูกมากเช่นกันโดยมีพื้นที่เพาะปลูก 586.48 ไร่ จังหวัดที่ปลูกมาก คือ จันทบุรี (ศิริพร เหลียงกอบกิจ, 2560) ส่วนพื้นที่ภาคใต้นั้นภายหลังจากราคาที่ตกต่ำ ทำให้รัฐบาลมีแนวคิดส่งเสริมการปลูกโกโก้ขึ้นมา เพราะตลาดดูจะสดใสกว่าจึงมีการเสนอให้ปลูกแซมไปก่อนดีกว่าไค้ไปทั้งหมดหรือการปลูกทดแทนการทำสวนยางพาราที่อายุเกิน 25 ปี หรือให้น้ำยางน้อย ซึ่งรัฐบาลโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้วางแผนเบื้องต้น ศึกษาข้อมูลด้านการตลาดทั้งในและต่างประเทศ สภาพพื้นที่เหมาะสม ที่ได้สามารถปลูกทดแทนยางเก่าหรือปลูกแซมในสวนยาง สวนปาล์มหรือสวนมะพร้าวได้

จากการศึกษากลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอบ้านตาพร จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าเป็นแหล่งผลิตโกโก้สำคัญของนครศรีธรรมราช โกโก้กลายเป็นสินค้าทางการเกษตรที่ผลิตได้ไม่มากนักจากต้นโกโก้ที่มีพื้นที่ปลูกอยู่แบบแซมพืชสวนอื่นกลายเป็นผลผลิตที่มีราคาดี แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดที่กำลังขยายตัว โกโก้จึงถูกให้ความสนใจอีกครั้งจากการที่รัฐบาลและจังหวัดนครศรีธรรมราชมีนโยบายส่งเสริมเป็นพืชทดแทนยางพารา ราคานี้มีราคาขึ้นมากและมีจุดรับซื้อสำคัญหลายจุด เช่น อำเภอกะสมุยและอำเภอยะรัง ราคาในขณะนี้ผลสดต่อ 1 ผลมีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมประมาณ 7-8 บาท เมล็ดสด กิโลกรัมละประมาณ 30 บาท ถ้าเมล็ดแห้งแล้ว กิโลกรัมละประมาณ 130 บาท (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก, 2558) ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงนิยมทำเป็นเมล็ดโกโก้แห้งเนื่องจากมีราคาที่สูงกว่า โดยโกโก้จะมีผลผลิตแทบทั้งปีจะมีผลชุกช่วงหน้าฝนทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งปีเมื่อเก็บผลโกโก้ที่สุกพอดีโดยดูจากสีผลที่เป็นสีเหลืองจนถึงส้ม โดยใช้กรรไกรตัดขั้วผลออกจากกิ่ง ไม่ควรใช้มือเด็ด เพื่อป้องกันไม่ให้ขั้วผลเข้า

จากนั้นนำมาแกะเมล็ดออกจากผลซึ่งจะต้องผ่าผลแล้วแกะเมล็ดออกจากผลและใส่ที่ติดมากับเมล็ด แล้วนำเมล็ดมาทำการหมัก เพื่อให้ได้เมล็ดโกโก้แห้งที่มีกลิ่น รสและคุณภาพที่ดี ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่เหมาะสมกับการหมักแต่ละครั้งอยู่ระหว่าง 50-100 กิโลกรัมหรือประมาณ 500 ผล เพื่อให้ได้กลิ่นและรสที่ดี จากนั้นนำไปตากแดดเป็นเมล็ดโกโก้แห้ง ที่จะส่งเข้าโรงงานทำช็อคโกแลต ซึ่งในขั้นตอนการตากแดดพบว่า เป็นการตากแบบดั้งเดิมที่ทำกันมานานแล้ว โดยการการตากแดดให้ตากบนเสื่อหรือลานซีเมนต์และต้องคอยกลับเมล็ดเพื่อให้แห้งสนิททั่วทั้งเมล็ด รวมไปถึงปัญหาจากการมีสิ่งเจือปน เช่น ดิน ทราย ฝุ่นหรือเปลือกผลโกโก้ ซึ่งการตากแดดต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3-4 วัน หลังตากแดดดีแล้ว ภายในเมล็ดจะเปลี่ยนสีเป็นสีโกโก้หรือสีน้ำตาลอ่อนก็นำมาบรรจุกระสอบเพื่อขนส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปต่อไป



ภาพที่ 1.1 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร



ภาพที่ 1.2 การหมักโกโก้ในเชิง



ภาพที่ 1.3 คลุมถังไม้ด้วยกระสอบป่านเพื่อรักษาความร้อน

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ เพื่อใช้ในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่ได้รับความร้อนทั่วถึงสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน อีกทั้งยังเป็นการลดเวลาในการอบแห้ง เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดโกโก้แห้งมากขึ้น เป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาใช้เพิ่มเติมประสิทธิภาพในภาคการเกษตร เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ รวมทั้งเป็นการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนาในการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งของเกษตรกรที่ยังเป็นการผลิตในรูปแบบเดิมที่ได้ผลผลิตต่ำและพัฒนาาระบบให้เป็นชุมชนต้นแบบการอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 1.4 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร



ภาพที่ 1.5 การพลิกกลับเมล็ดเพื่อให้เมล็ดโกโก้แห้งทั้งหมด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาออกแบบพัฒนาเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปโกโก้แห้ง โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และใช้พัดลมดูดอากาศระบายความชื้นออกจากเครื่องอบแห้งโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นต้นกำลัง
2. ทดลองและประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องอบแห้งและนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีกับเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นชุมชนต้นแบบ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้อบแห้ง
2. สามารถลดเวลาในการอบแห้งและสิ่งเจือปนเมล็ดโกโก้อบแห้ง
3. ส่งเสริมการใช้นวัตกรรมมาช่วยในการแปรรูปเมล็ดโกโก้อบแห้งของชุมชน



## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 โกโก้

เป็นพืชเป็นไม้ยืนต้นทรงพุ่มขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Theobroma cocoa* L. อยู่ในวงศ์ Sterculiaceae จัดเป็นพรรณไม้พื้นเมืองของประเทศเม็กซิโก แต่มีการนำมาปลูกทั่วไปในเขตร้อนเป็นพืชที่ชอบร่มเงา ในประเทศไทยมีผู้นำเข้ามาปลูกตามสวนทั่วไป โดยจัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก มีความสูงของต้นประมาณ 3-8 เมตร และอาจสูงได้ถึง 13 เมตร ขึ้นได้ร่มเงาไม้ อากาศร้อน ความชื้นสูงและมีฝนตกชุก ผลโกโก้เป็นรูปไข่ ขนาดใหญ่ ยาว 20-25 ซม. กว้าง 10 ซม. ผลฉ่ำน้ำ แห้งแล้วไม่แตก ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป คือ เมล็ดในผล (Cocoa bean) ซึ่งนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น โกโก้ผง (Cocoa powder) เนยโกโก้ เนื้อโกโก้ และช็อกโกแลต เป็นต้น นอกจากนั้น ประโยชน์ด้านสุขภาพ นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันยังพบว่า การดื่มโกโก้ร้อน 1 ถ้วยจะมีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ ซึ่งผลการศึกษายังได้เน้นถึงคุณสมบัติของโกโก้ในที่มีผลต่อสุขภาพเช่นเดียวกับที่พบใน ชา ไวน์แดง หรืออาจมากกว่าชา ไวน์แดงถึง 2 เท่า (<http://variety.com/food for brain>) โกโก้เป็นแหล่งสำคัญของพอลิฟีนอล (Polyphenol) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ประเทศไทยเริ่มมีเกษตรกรให้ความสนใจปลูกโกโก้มากขึ้นด้วย เพราะราคาดี โดยพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ อยู่ที่ 5,464.39 ไร่ และพื้นที่เก็บเกี่ยว 4,090.66 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ คิดเป็นพื้นที่ 3,957.59 ไร่ ซึ่งจังหวัดที่ปลูกมาก คือ น่าน เชียงราย ลำปาง ตาก ภาคตะวันออกก็ปลูกมากเช่นกัน โดยมีพื้นที่เพาะปลูก 586.48 ไร่ จังหวัดที่ปลูกมาก คือ จันทบุรี ส่วนภาคใต้ปลูกมากที่จังหวัดนครศรีธรรมราช (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ, 2561)



ภาพที่ 2.1 ต้นโกโก้



ภาพที่ 2.2 ผลโกโก้

2.1.1 การเก็บผล ผลโกโก้ (Cocoa Pod) จะเริ่มให้ผลผลิตเมื่ออย่างเข้าปีที่ 3 โดยโกโก้จะทยอยออกดอกเป็นรุ่นตลอดทั้งปี โดยปกติจะห่างกันประมาณ 2-3 สัปดาห์ หากดูแลดี โกโก้จะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี โดยจะเก็บเกี่ยวได้ 2-3 สัปดาห์ต่อครั้ง อายุของผลนับจากดอกบานประมาณ 5-6 เดือน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่สีเหลืองหรือแดง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การเก็บผลโกโก้ควรใช้กรรไกรตัดขั้วผลออกจากกิ่ง ไม่ควรใช้มือเด็ด เพื่อป้องกันไม่ให้ขั้วผลช้ำ เพื่อจะได้เกิดเป็นตาดอกและผลรุ่นถัดไปเมล็ดโกโก้ เป็นส่วนของผลโกโก้ซึ่งแก่จัด ที่นำมาใช้ประโยชน์ เม็ดโกโก้จะเรียงเป็นแถว 5 แถว รอบแกนกลางผล มีเนื้อนุ่มสีขาวออกเหลือง ภายในมีเมล็ดสีน้ำตาล จำนวนหลายเมล็ด รูปร่างยาว 2-2.5 ซม. กว้าง 1.2-1.5 ซม. ผลโกโก้จะมีลักษณะคล้ายแคนตาลูปยาวๆ เมล็ดพันธุ์โกโก้จะเติบโตในฝัก ซึ่งจะเปลี่ยนสีเมื่อแก่ เช่น จากสีเขียวสู่สีแดง หรือจากสีแดงสู่สีม่วงหรือจากสีม่วงสู่สีเหลือง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ข้างในผลโกโก้มีเนื้อเยื่ออ่อนสีขาวๆ หุ้มเมล็ดโกโก้อยู่จำนวน 30-50 เมล็ด เมื่อผลโกโก้แก่จัดเราจะนำผลมาผ่าครึ่งแล้วแกะเอาแต่เมล็ดออก แล้วนำไปหมักในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 2.3 เมล็ดโกโก้

2.1.2 การหมักโกโก้ ผลโกโก้ที่เก็บมาแล้ว จะต้องผ่าผลแล้วแกะเมล็ดออกจากผลและใส่ที่ติดมากับเมล็ด แล้วนำเมล็ด (พร้อมทั้งเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว) มาหมักเพื่อให้ได้เมล็ดโกโก้แห้งที่มีกลิ่น รส และคุณภาพที่ดี โดยผลที่จะนำมาหมักต้องสุกพอดี โดยดูจากสีผลที่เป็นสีเหลืองจนถึงส้ม ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่เหมาะสมกับการหมักแต่ละครั้งอยู่ระหว่าง 50-100 กิโลกรัม หรือประมาณ 500 ผล เพื่อให้ได้กลิ่นและรสที่ดี ซึ่งวิธีการหมัก มีขั้นตอนดังนี้

1. การหมักโดยใช้แข่ง : นิยมในหมู่เกษตรกรรายย่อย ทำโดยบรรจุเมล็ด โกโก้สด (พร้อมเยื่อหุ้มเมล็ด) ลงในแข่ง ซึ่งบรรจุได้ประมาณ 25-30 กิโลกรัม คลุมเมล็ดด้วยใบตอง 2-3 ชั้น แล้วยกแข่งไปตากแดด 2 วัน แล้วจึงถ่ายเมล็ดโกโก้ลงในแข่งใหม่ ซึ่งเป็นการกลับเมล็ดไปในตัว จากนั้นคลุมด้วยใบตอง แล้วตากไว้อีก 2 วัน แล้วจึงถ่ายกลับลงไปในแข่งใบแรก สลับกันเช่นนี้จนครบ 7 วัน จึงนำเอาเมล็ดออกจากแข่งไปตากแดด เมล็ดโกโก้ที่บ่มได้ที่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเหลืองหรือม่วงอมน้ำตาล ขึ้นกับสายพันธุ์

2. การหมักในลังไม้ : ทำโดยบรรจุเมล็ดโกโก้สดลงในลังไม้ ขนาด 1.5x2x1 ฟุต ซึ่งบรรจุเมล็ดได้ 50 กิโลกรัม หรือ 3x4x2.5 ฟุต บรรจุเมล็ดโกโก้ได้ 700 กิโลกรัม



ภาพที่ 2.4 เมล็ดโกโก้ที่แกะออกจากผลสำหรับเตรียมหมัก



ภาพที่ 2.5 เมล็ดโกโก้ที่หมักแล้ว

2.1.3 การทำเมล็ดให้แห้ง อาจใช้การตากแดดหรือเตาอบ การตากแดดให้ตากบนเสื่อหรือลานซีเมนต์ ให้เมล็ดที่ตากหนา 2-3 เซนติเมตร และควรกลับเมล็ด เพื่อให้แห้งสนิททั่วทั้งเมล็ด การตากแดดใช้เวลา 3-4 วัน หลังตากแดดดีแล้ว เมล็ดจะมีความชื้นไม่เกิน 7.5% ภายในเมล็ดจะเปลี่ยนสีเป็นสีโกโก้หรือสีน้ำตาลอ่อน ก็นำมาบรรจุกระสอบ หลังจากกระบวนการหมักเสร็จสิ้น เมล็ดโกโก้จะถูกนำมาทำแห้ง ซึ่งหากเป็นผู้ผลิตหรือเกษตรกรรายเล็กมักจะใช้วิธีการตากแดด แต่หากเป็นโรงงานขนาดใหญ่ มักจะใช้เครื่องจักรโดยใช้ความร้อน ซึ่งในขั้นตอนนี้ ทางผู้ผลิตจะสามารถสังเกตกลิ่นโกโก้ได้ โดยปกติการตากแดดเพื่อทำแห้งจะใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดระดับความชื้นจาก 60



เปอร์เซ็นต์ให้เหลือเพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ และในขั้นตอนนี้สีของเมล็ดโกโก้จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้นจนออกน้ำตาลเข้ม



ภาพที่ 2.6 การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบดั้งเดิมของเกษตรกร



ภาพที่ 2.7 การพลิกกลับเมล็ดเพื่อให้เมล็ดโกโก้แห้งทั้งหมด

2.1.4 มาตรฐานเมล็ดโกโก้แห้ง เมล็ดโกโก้แห้งที่ตั้นจะต้องมีลักษณะเป็นเมล็ดที่เต่ง ผิวเรียบ ไม่เหี่ยวยุ่น ขนาดของเมล็ดสม่ำเสมอ แห้ง สะอาด มีเยื่อหุ้มเมล็ดติดอยู่น้อย ไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เปลือกผลโกโก้ ดิน ทราย เมล็ดไม่จับกันเป็นก้อน โดยเมล็ดที่ได้มาตรฐานมีลักษณะดังนี้

1) ความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 7.5%

2) เปลือกหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่นกับเนื้อเมล็ด แต่ก็แข็งแรงพอที่จะไม่แตกหักง่าย ไม่มีเยื่อหุ้มติดกับเมล็ดมากในการสูมตัวอย่างเมล็ดโกโก้แห้ง 200 เมล็ด นำมาผ่าตามความยาวเมล็ด เมื่อนำจำนวนเมล็ดต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- เมล็ดที่เป็นราไม่เกิน 3%

- เมล็ดที่เป็นสีเทา หรือสีหินชนวน มีไม่เกิน 3%

- เมล็ดที่ถูกแมลงเจาะทำลาย เมล็ดงอกและเมล็ดลีบเสีย รวมกันมีไม่เกิน 3%

- เมล็ดสีม่วงมีไม่เกิน 20%

## 2.2 ทฤษฎีการคำนวณหาค่าความชื้นของผลผลิต

การวัดความชื้นของผลผลิต (Moisture Content) จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มี 2 วิธีด้วยกันคือ

1. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (Wet Basis) เป็นการวัดโดยใช้น้ำหนักของผลผลิตที่ชื้นเป็นหลัก ดังนี้

$$MC (\% \text{ w.b.}) = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100$$

2. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง (Dry Basis) เป็นการวัดโดยใช้น้ำหนักของผลผลิตที่แห้งเป็นหลัก ดังนี้

$$MC (\% \text{ d.b.}) = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100$$

เมื่อ  $W_w$  = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ภายในเนื้อของวัสดุ

$W_d$  = น้ำหนักของเนื้อวัสดุแห้ง

## 2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการอบแห้ง

การอบแห้ง คือการลดปริมาณความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการเน่าเสียในช่วงเวลาหนึ่งกระบวนการอบแห้งประกอบด้วย 2 กระบวนการที่สำคัญคือการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์และถ่ายเทความชื้นออกจากภายในผลิตภัณฑ์มาที่ผิวและออกสู่อากาศภายนอกวัสดุ ซึ่งมีความชื้นอยู่ภายในเมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ และวัสดุอบแห้งดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกไปจากวัสดุสู่บรรยากาศรอบข้างถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่และอากาศที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อนขึ้นตอนการลดลงของความชื้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ (คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, 2554)

2.3.1 ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง (Initial period) ระยะช่วงนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน (Dynamic equilibrium) และจะมีการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุอบแห้ง อัตราการอบแห้งของวัสดุจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.3.2 ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ (Constant-rate period) ระยะนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะมีค่าคงที่และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวการกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอโดยที่อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งมายังพื้นผิวของวัสดุมีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุอัตราการอบแห้งในระยะนี้จะมีค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่พื้นผิวของวัสดุ

2.3.3 ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำลดลง (Falling-rate period) ระยะนี้จะเริ่มจากเมื่อความชื้นบนพื้นผิวไม่อิ่มตัวอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในของวัสดุอบแห้งไปยังบริเวณพื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง

อัตราการระเหยที่คงที่มาเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยคงที่มาเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยลดลงเรียกว่า จุดความชื้นวิกฤต (Critical moisture content) การระเหยของไอน้ำจะสิ้นสุดลงเมื่อถึงจุดที่เรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) เป็นจุดที่ความชื้นของวัสดุที่ยังคงที่มีอยู่ภายในเนื้อวัสดุวัสดุแต่ไม่มีการสูญเสียให้กับอากาศภายนอก

## 2.4 ชนิดของการอบแห้ง

2.4.1 การอบแห้งแบบตู้ (Cabinet Drying) ระบบการอบแห้งชนิดนี้จะใช้ภาชนะที่สามารถให้วัสดุอบแห้งสัมผัสกับอากาศร้อนในห้องที่ปิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเครื่องอบแห้งแบบตู้จะทำงานลักษณะเป็นกะ (Batch system) การอบแห้งแบบนี้จะมีข้อเสียคือการอบแห้งวัสดุไม่สม่ำเสมอที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันภายในระบบ จึงควรมีการปรับปรุงให้ภาชนะหมุนได้เพื่อช่วยปรับปรุงการอบแห้งให้สม่ำเสมอขึ้น

2.4.2 การอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel Drying) วัสดุจะวางเรียงอยู่บนภาชนะซึ่งจะซ้อนกันเป็นชั้นและภาชนะวางวัสดุอบแห้งที่เรียงซ้อนกันหลาย ๆ ภาชนะจะถูกนำไปยังอุโมงค์ที่มีอากาศ โดยสามารถส่งวัสดุอบแห้งเข้าและนำวัสดุออกจากอุโมงค์ได้หลายวิธี ได้แก่ การไหลสวนทางของอากาศกับการเคลื่อนที่ของวัสดุอบแห้งผ่านอุโมงค์หรือการเคลื่อนที่ขนานกันของอากาศและวัสดุอบแห้งผ่านอุโมงค์ หรือการเคลื่อนที่ของอากาศสวนทางกับวัสดุอบแห้งที่ผ่านอุโมงค์และมีอากาศบางส่วนหมุนเวียนกลับมาใช้ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับเครื่องอบแบบตู้คือการอบแห้งวัสดุไม่สม่ำเสมอที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอุโมงค์เพื่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุดสามารถทำได้โดยการกระจายความเร็วของอากาศผ่านอุโมงค์อย่างสม่ำเสมอ

2.4.3 การอบแห้งแบบสายพาน (Conveyor Drying) ทำได้โดยการวางเรียงวัสดุอบแห้งชั้นเดียวบนสายพานเจาะรูที่เคลื่อนที่อากาศที่ใช้ทำให้แห้งจะไหลผ่านรูของสายพานไปในทิศทางขึ้นหรือลงขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของวัสดุอบแห้ง นิยมอบให้ความชื้นของวัสดุลดลงถึงระดับหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องที่สองเพื่อทำการอบแห้งวัสดุจนถึงระดับความชื้นที่ต้องการ

2.4.4 การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงและอยู่ในสภาพเริ่มต้นเป็นของเหลว ลักษณะเฉพาะของการอบแห้งแบบพ่นฝอยคือวงจรการอบแห้งจะเร็ว เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในห้องอบแห้งสั้นและผลิตภัณฑ์สุดท้ายพร้อมที่จะบรรจุทันทีที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

2.4.5 การอบแห้งแบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Drying) เหมาะที่จะใช้กับวัสดุอบแห้งที่มีลักษณะเป็นผงเมล็ดหรือแผ่น ซึ่งความชื้นส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อากาศร้อนจะนำวัสดุที่ผ่านช่วงอบแห้งแล้วเข้าสู่ส่วนแยก ในสถานะเช่นนี้จะมีการสัมผัสอย่างใกล้ชิดระหว่างวัสดุและอากาศที่ใช้อบแห้ง ถ้าเวลาที่สัมผัสสั้นมากจะสามารถรักษาคุณภาพของวัสดุไว้ได้ สามารถใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนได้ถึง 1,100 องศาเซลเซียส

2.4.6 การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized-bed Drying) การสัมผัสระหว่างวัสดุและอากาศร้อนเช่นเดียวกับการอบแห้งแบบนิวเมติกส์ อากาศจะถูกบังคับผ่านอนุภาคของวัสดุอบแห้งด้วยความเร็วสูงพอที่จะพองให้วัสดุลอยตัวอยู่ได้และเคลื่อนที่ตามแนวนอน ขณะที่กระบวนการอบแห้งดำเนินอยู่ โดยทั่วไปความเร็วลมที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 0.05-0.75 เมตรต่อวินาที

2.4.7 การอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum Drying) เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะมีลูกกลิ้งทรงกระบอกร้อนจะหมุนในแนวนอน เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารละลายหรือของเหลวหนืดอย่างต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์จะแห้งขณะที่ติดกับลูกกลิ้งและจะแยกออก โดยใช้ใบมีดการอบแห้งเกิดขึ้นในฟิล์มของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนโดยการนำจากผิวของลูกกลิ้งไปยังผลิตภัณฑ์ วิธีนี้จะให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงแต่ทำให้คุณภาพลดลงได้มาก ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน

2.4.8 การอบแห้งแบบการระเหิด (Freeze Drying) เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งก่อนแล้ว จึงให้ความร้อนแก่ผิวของผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำแข็งระเหิด ณ จุดนั้นแล้วไอน้ำจะถูกกำจัดออกไปทันที การระเหิดและกำจัดไอน้ำจะทำให้ผิวหน้าของน้ำแข็ง (Ice front) ลดน้อยลงขณะที่ Ice front เคลื่อนที่ห่างจากผิวผลิตภัณฑ์จะมีการถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของไอเป็นตัวบ่งบอกอัตราการอบแห้งแบบระเหิดของผลิตภัณฑ์ ข้อดีของกระบวนการอบแห้งแบบระเหิดคือการกำจัดความชื้น สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกินไปเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งมีโครงสร้างดี คือ มีโครงสร้างเปิดเป็นรูพรุนทำให้สามารถคืนรูปเดิมได้ดีและรวดเร็วมีกลิ่นดี แต่การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสูงมากจึงใช้เฉพาะงานที่ต้องการผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงจริงๆ

2.4.9 การอบแห้งโดยไมโครเวฟ (Microwave Drying) เป็นวิธีการอบแห้งโดยใช้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถทะลุทะลวงเข้าไปในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้งโดยคลื่นดังกล่าวจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ การระเหยของน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก การอบแห้งวิธีนี้ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเพราะต้องลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายสูง

2.4.10 การอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Drying) การอบแห้งแบบนี้จะสามารถระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำในสภาพบรรยากาศปกติ ช่วยลดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลของการใช้ความร้อนสูงในการอบแห้ง แต่การลงทุนและการทำงานของเครื่องต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงมักใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างไวต่อการเสื่อมเสียด้วยความร้อน และต้องการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำมาก

2.4.11 การอบแห้งแบบการเกิดฟอง (Foam-mat Drying) นิยมใช้ในการทำน้ำผลไม้ผง เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศและน้ำองุ่น เป็นต้น อาศัยหลักการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับอาหารที่จะสัมผัสกับอากาศร้อน ซึ่งในขั้นแรกต้องทำให้อาหารเหลวเกิดเป็นฟองเล็ก ๆ โดยใช้สารทำให้เกิดฟอง (Foaming agent) จากนั้นจะผ่านอาหารเหลวไปบนตัวกลางที่มีความร้อนทำให้น้ำระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมากอาจเหลือเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

2.4.12 การอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน (Heat Pump Drying) ระบบนี้แบ่งตามการไหลเวียนของอากาศได้เป็น 2 ลักษณะคือการอบแห้งระบบเปิด (Open system) เมื่ออากาศร้อนถูกนำไปใช้ในการอบแห้งแล้วจะถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศทั้งหมดและการอบแห้งระบบปิด (Close system) ซึ่งอากาศหลังอบแห้งจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ทั้งหมด เพื่อช่วยประหยัดพลังงานและยังสามารถแบ่งย่อยเป็นระบบปิดบางส่วน (Partial closed system) คืออากาศหลังอบแห้งจะถูกปล่อยทิ้งบางส่วนและนำอากาศใหม่เข้ามาแทนที่ สำหรับการอบแห้งแบบระบบปิดซึ่งใช้ปั๊มความร้อนลดความชื้นและอุ่นอากาศร่วมกัน จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นเนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งสองส่วน ควบคุมการทำงานของระบบได้ง่ายและไม่มีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม

2.4.13 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นเนื่องจากจุดประสงค์หลัก 2 ประการ คือประการแรกเพื่อควบคุมอัตราการอบแห้ง โดยการสร้างตู้หรือห้องที่สามารถเก็บสะสมความร้อนโดยมีแผงสะสมความร้อน เพื่อช่วยให้อุณหภูมิในตู้อบสูงทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้เร็วขึ้น และควบคุมอัตราการอบแห้งได้ ประการที่สองเพื่อควบคุมความสะอาด เนื่องจากการอบแห้งแบบนี้จะไม่มีปัญหาจากแมลงวัน สัตว์ปีกหรือสัตว์อื่น ๆ มารบกวนผลิตภัณฑ์อบแห้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาดและคุณภาพดี

## 2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

2.5.1 ลักษณะทางธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ หากสภาพทางธรรมชาติของผลิตภัณฑ์เอื้ออำนวยต่อการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ และเอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพืชผลทางการเกษตร โมเลกุลของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ออกมาได้ง่ายทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

2.5.2 ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดและรูปร่างที่ทำให้อัตราส่วนของพื้นที่ต่อปริมาตรมากจะทำให้การระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ดีขึ้นส่งผลให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

2.5.3 ปริมาณและการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ควรทำการจัดเรียงเป็นชั้นบางเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ

2.5.4 อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงและความชื้นต่ำอัตราการลดความชื้นจะเร็วเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับผลิตภัณฑ์มีมาก ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนสู่น้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี มีผลทำให้น้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่และระเหยเร็วขึ้นแต่การใช้อุณหภูมิสูงจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดด้วย

2.5.5 ความเร็วของอากาศ หากความเร็วของอากาศมีค่ามาก จะทำให้การระเหยของน้ำที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์เกิดได้ดีขึ้น มีผลให้อัตราการลดความชื้นเร็วขึ้น

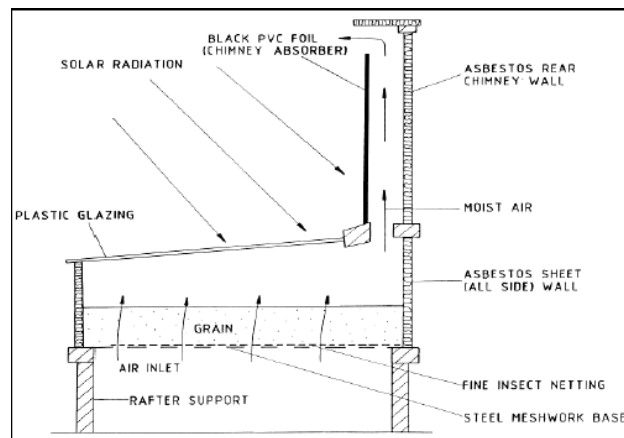
2.5.6 ความดันบรรยากาศ การลดความชื้น โดยทั่วไปมักทำที่ความดันบรรยากาศ หากมีการลดความดันบรรยากาศในขณะที่ทำการลดความชื้น จะทำให้จุดเดือดของน้ำลดลงมีผลให้อัตราการลดความชื้นสูงขึ้น

2.5.7 คุณสมบัติเชิงความร้อนและฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติเชิงความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความร้อนจำเพาะสภาพการนำความร้อน ส่วนคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ได้แก่ ความหนาแน่นและสัดส่วนของช่องว่างอากาศในของผลิตภัณฑ์

## 2.6 การจำแนกเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

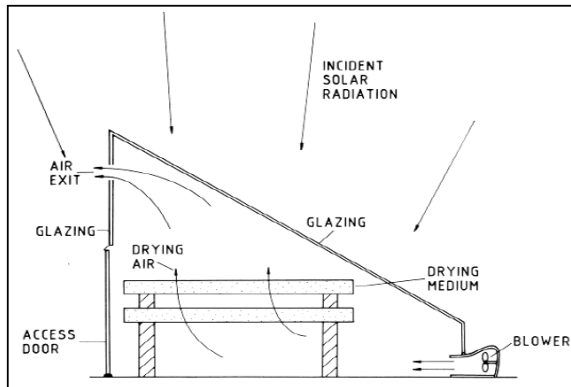
1. จำแนกตามการไหลเวียนของอากาศเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ หากจำแนกตามการไหลเวียนอากาศ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท (พูลทวี, 2550) คือ

1.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยธรรมชาติ (Natural-convection) หลักการทำงานของเครื่องอบประเภทนี้ จะอาศัยผลต่างของความดันภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง มวลอากาศร้อนที่เบาซึ่งจะลอยขึ้นสู่ที่สูง การเคลื่อนที่ของอากาศแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ กล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ และมวลอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะเบากว่ามวลอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ เครื่องอบแห้งที่อาศัยการไหลเวียนอากาศโดยธรรมชาติจะมีข้อดีคือ สร้างง่ายและต้นทุนต่ำ แต่จะมีข้อเสีย คือ ประสิทธิภาพในการอบแห้งต่ำ ดังนั้น ผลผลิตที่อาจเกิดการเสียหายขึ้นก่อนได้ เนื่องจากจะใช้เวลาในการอบแห้งที่นาน



ภาพที่ 2.8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยธรรมชาติ

1.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยการบังคับ (Force-convection) เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะใช้พัดลมช่วยในการไหลของอากาศ ทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสูง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งเครื่องอบแห้งประเภทนี้จะสร้างยุ่งยากกว่าแบบแรก และมีต้นทุนที่สูงกว่า นอกจากนั้นหากพัดลมใช้แหล่งพลังงานจากไฟฟ้า ซึ่งไม่ได้ผลิตจาก Solar cell ก็จะทำให้มีต้นทุนการดำเนินการเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะใช้ Solar cell ในการผลิตกระแสไฟฟ้าก็ยังมีต้นทุนที่สูง เนื่องจากราคา Solar cell ในปัจจุบันยังค่อนข้างแพง ในขณะที่ประสิทธิภาพยังต่ำด้วย ดังนั้นการใช้ Solar cell จึงส่งผลให้ระยะคืนทุนยาวนานขึ้นกว่าเดิม อย่างไรก็ตาม เครื่องอบแห้งประเภทนี้จะมีข้อดี คือ มีประสิทธิภาพในการอบแห้งที่สูงกว่ากรณีที่ไม่มีการบังคับอากาศ

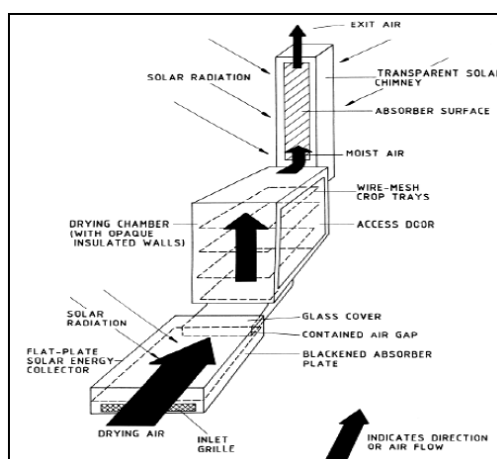


ภาพที่ 2.9 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอากาศไหลเวียนโดยการบังคับ

2. จำแนกตามการรับรังสีดวงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ หากจำแนกตามการรับรังสีดวงอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท (พูลทวิ, 2550) คือ

2.1 เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) ลักษณะของเครื่องอบแห้งจะมีโครงสร้างทำจากวัสดุใส แสงแดดสามารถทะลุผ่านเข้าไปยังตัวเครื่องได้โดยตรง ข้อดีคือ เป็นแบบที่สร้างและบำรุงรักษาง่ายมีต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่จะมีข้อเสีย คือ มีประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำและมีการสูญเสียความร้อนสูง

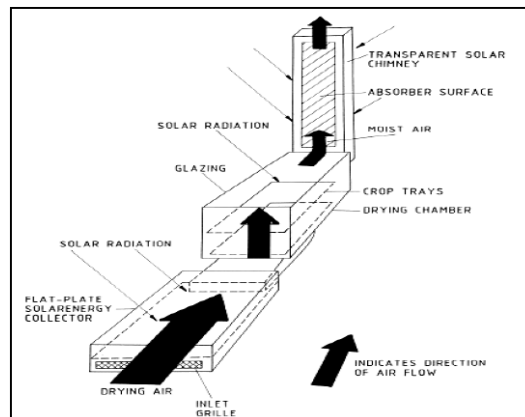
2.2 เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีดวงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect Type) ลักษณะของเครื่องอบแห้งนี้จะมีส่วนที่เป็นพื้นที่รับแสง โดยส่วนใหญ่มักจะใช้พัดลมช่วยในการไหลเวียนของอากาศ เครื่องอบแห้งที่มีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่จะเข้าห้องอบแห้งได้ค่อนข้างสูงบริเวณห้องอบแห้งจะถูกออกแบบให้ทึบ มีการติดฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน เครื่องอบแห้งแบบนี้จึงมีประสิทธิภาพการอบแห้งที่สูงกว่ากรณีรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง



ภาพที่ 2.10 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์ทางอ้อม

2.3 เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม (Mixed mode Type) ซึ่งจะมีการสร้างส่วนพื้นที่รับแสงและส่วนที่เป็นห้องอบแห้งทำจากวัสดุใส โดยส่วนมากจะใช้วัสดุใสเฉพาะด้านหน้าหรือ

ด้านเดียวกับพื้นที่รับแสง ในขณะที่ด้านอื่นจะทึบและติดฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งจะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ทั้ง 2 ทาง คือ ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรงเนื่องจากหลังคาของอุโมงค์อบแห้งเป็นวัสดุโปร่งใส และได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่ากรณีรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง และกรณีรับรังสีดวงอาทิตย์ทางอ้อม



ภาพที่ 2.11 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์แบบผสม

2.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยทั่วไปมีส่วนประกอบหลักของเครื่องอบแห้งดังต่อไปนี้

1. แผ่นปิดใส (Transparent cover) ควรมีความสมบัติทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศและลดการสูญเสียความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งให้สูงตลอด ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาใช้จะต้องยอมให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านได้สะดวก สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดสูงและยอมให้ผ่านต่ำติดตั้งง่าย และมีน้ำหนักเบา

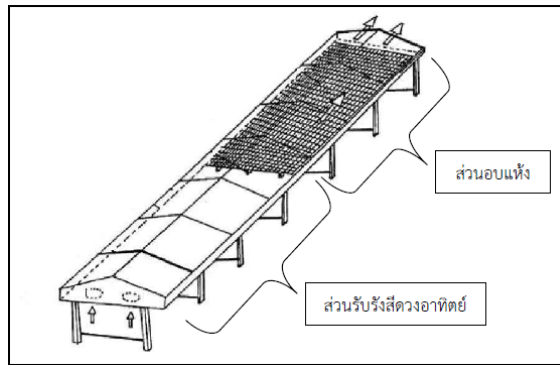
2. ฉนวนกันความร้อน (Insulation) จะทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนจากตัวดูดซับรังสี ดังนั้นฉนวนกันความร้อนจะต้องมีค่าการนำความร้อนต่ำ ทนต่ออุณหภูมิสูง ดูดซับน้ำได้ต่ำหรือไม่ดูดซับน้ำยึดและหดตัวต่ำ

3. ตัวดูดซับรังสี (Absorber) ทำหน้าที่ดูดซับพลังงานจากดวงอาทิตย์ และจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลเข้ามาในห้องอบแห้ง ตัวดูดซับควรมีค่าการดูดซับสูง ในขณะที่ค่าการปลดปล่อยต่ำ มีค่าการนำและการพาความร้อนสูง ไม่ขยายหรือหดตัว และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

หน้าที่สำคัญของส่วนรับรังสี คือ ดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์และในขณะเดียวกันต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนผ่านลงไปยังด้านล่างมากที่สุดเพื่อเก็บความร้อนที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปพื้นที่รับแสงจะประกอบด้วย ตัวดูดซับรังสี (Absorber) แผ่นปิดใส (Transparent cover) อาจจะทำด้วยพลาสติกหรือกระจกโปร่งแสง และฉนวนกันความร้อน (Insulator) ที่อยู่ด้านล่างตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ รังสีดวงอาทิตย์จะตกกระทบในส่วนแผ่นปิดใสและทะลุผ่านเข้ามา แต่จะสะท้อนออกไปบางส่วนซึ่งการสะท้อนออกนี้มีค่าไม่มากนัก รังสีที่สามารถทะลุผ่านเข้ามากระทบกับตัวดูดซับรังสีและถูกดูดซับรังสีไว้ รังสีที่ถูกดูดซับไว้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและถ่ายเทให้กับอากาศเหนือตัวดูดซับรังสี ความร้อนที่เปลี่ยนมาจากตัวรับรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนจะสามารถทะลุผ่านตัวรับรังสีไปได้



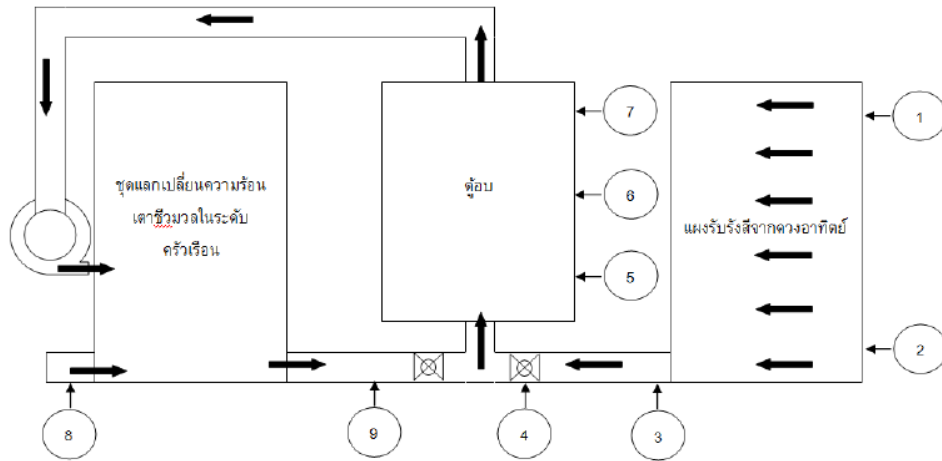
ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้แผ่นฉนวนวางซ้อนด้านล่างตัวดูดซับรังสี เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนที่สามารถทะลุผ่านออกทางด้านล่างสุดออกไปได้



ภาพที่ 2.12 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

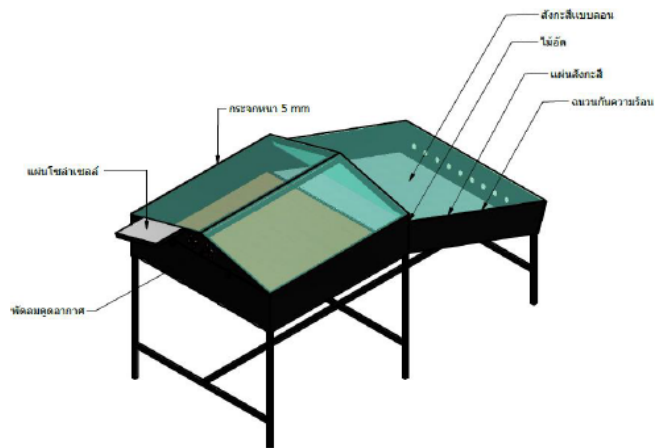
## 2.7 งานวิจัยเกี่ยวข้อง

สุรชัย อนุรักษ์ จันทร์ศรี (2560) ได้การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มี ตู้อบแห้ง แผงรับรังสีดวงอาทิตย์และชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นได้นำไปทดสอบการอบพริกที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 66.4 มาตรฐานแห้งจำนวน 2 kg ให้เหลือความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13.5 มาตรฐานแห้ง ภายใต้อุณหภูมิ 80°C ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.27 m/s เป็นความเร็วลมที่เหมาะสมต่อการรักษาอุณหภูมิที่ผลิตได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยมากกว่า 50°C นานถึง 6 ชั่วโมง และการอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.63 m/s เหมาะสมต่อการทำให้อุณหภูมิของตู้อบแห้งสูงกว่า 50°C ภายใน 2 ชั่วโมง ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือน เมื่อทดสอบอบพริกจำนวน 2 kg เป็นเวลา 15 ชั่วโมง พบว่า เครื่องอบแห้งมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะอยู่ที่ 1.25 MJ/kg<sub>water</sub> และ 1.44 kg/kg<sub>water</sub> ตามลำดับ พริกที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งนี้มีความชื้นต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งอยู่ประมาณร้อยละ 57.90



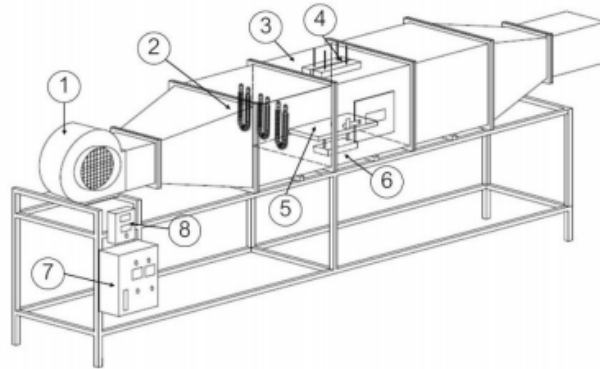
ภาพที่ 2.13 เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล

พุลทวิ ศรพรหม (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครพนม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสนับสนุนให้ชุมชนตระหนักถึงการลดภาวะโลกร้อนและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์และพลังงานทดแทนอื่นในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน 2) เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครพนม และ 3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้กับเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครพนม วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นการศึกษาพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครพนม ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการและสภาพพื้นที่ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความชื้นพริก ทำการทดลองอบแห้งเปรียบเทียบในสองรูปแบบคือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นกับการอบแห้งด้วยวิธีการตากแดดโดยตรง และ 2) ขั้นการส่งเสริมเผยแพร่การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชน โดยใช้วิธีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 1 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์ขนาด 1 ตารางเมตร



ภาพที่ 2.14 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร

ณัฐพล กระจำงและณรงค์ อึ้งกิมบัววน (2559) ได้ศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด ผลลัพธ์ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ขมิ้นชัน โดยใช้เครื่องหั่นเป็นแผ่นบางขนาดประมาณ (กว้าง×ยาว) 1.0×3.0cm ที่ระดับความหนา 2.0 mm ในแต่ละการทดลองจะใช้ตัวอย่างขมิ้นชันในการอบแห้งประมาณ 50-60 กรัม ความชื้นเริ่มต้นของขมิ้นชันมีค่าระหว่าง 400-600 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง การอบแห้งขมิ้นชันทำการทดลองอบแห้ง โดยมีเงื่อนไขการทดลอง ดังนี้ การอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิลมร้อน 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และการอบแห้งขมิ้นชันด้วยรังสีอินฟราเรด โดยใช้กำลังของรังสีอินฟราเรด 300 400 และ 500 W ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขมิ้นชันในระหว่างการอบแห้งโดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 นาที ในครึ่งชั่วโมงแรก หลังจากนั้นเก็บข้อมูลทุก ๆ 15 นาทีจนน้ำหนักของขมิ้นชันไม่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองการอบแห้งขมิ้นชัน แต่ละเงื่อนไขการทดลองจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง การหาความชื้นของขมิ้นชันจะใช้การอบแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สรุปได้ว่าการศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และกำลังรังสีอินฟราเรด 300 400 และ 500 W พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิและกำลังรังสีอินฟราเรดที่สูงขึ้น จะสามารถลดความชื้นของขมิ้นชันได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและกำลังรังสีอินฟราเรดต่ำและจากการวิเคราะห์แบบจำลองการอบแห้งที่ดีที่สุดที่ใช้ในการอธิบายจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งขมิ้นชันจากการทดลองอบแห้งด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด พบว่า แบบจำลองแบบ Two-term ให้ผลการทำนายดีที่สุด สำหรับการอบแห้งขมิ้นชันด้วยลมร้อน และแบบจำลองแบบ Page ให้ผลการทำนายดีที่สุด สำหรับการอบแห้งขมิ้นชันด้วยรังสีอินฟราเรด



ภาพที่ 2.15 เครื่องอบแห้งลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดระดับห้องปฏิบัติการ

อาริษา โสภางารย์ (2561) ได้ศึกษาการอบใบพลูสำหรับเป็นชาสมุนไพรโดยใช้ตู้อบสมุนไพรแบบฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 350 วัตต์ เป็นอุปกรณ์สำหรับให้ความร้อน และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์ ขนาด 100 วัตต์ แบตเตอรี่ ขนาด 100 แอมแปร์ 12 โวลต์เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าแบบออฟกริดเป็นระบบแยกเดี่ยว แต่ตู้อบสมุนไพรสามารถใช้ไฟฟ้านครหลวงได้โดยตรงเมื่อระบบโซลาร์เซลล์ ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งในการทดลองใช้ใบพลูในการอบครั้งละ 200 กรัม โดยทำการศึกษาการลดความชื้นของใบพลู เมื่อทำการอบสมุนไพรใบพลูที่สภาวะอุณหภูมิ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบ 3, 5 และ 7 ชั่วโมง จากผลการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการอบสมุนไพรใบพลูและสามารถลดความชื้นใบพลูได้รวดเร็วที่สุด คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง โดยสามารถใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ ได้นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีความชื้นของชาใบพลูหลังอบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

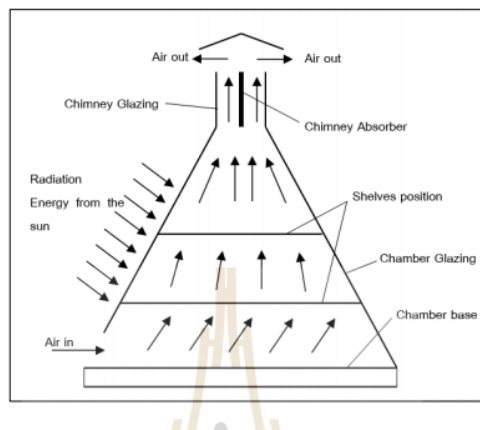


ภาพที่ 2.16 ตู้อบสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

บงกช ประสิทธิ์ (2559) การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้าให้กับพัดลมในอุโมงค์อบแห้งสำหรับพื้นที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน และอัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร เครื่องอบแห้งที่ใช้ทดลองประกอบด้วยชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ ซึ่งประกอบด้วย กระจกใสหนา 3 mm มีพื้นที่รับรังสีเท่ากับ 6.090 cm<sup>2</sup> และชุดตู้อบแห้งซึ่งมีห้องอบแห้งทำจากอลูมิเนียม ด้านบนปิดด้วยแผ่นกระจกใส ภายในมีถาดอลูมิเนียม 4 ถาด สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ มีพื้นที่ในการอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 5,850 cm<sup>2</sup> และมีฮีตเตอร์ขนาด 500 W จำนวน 2 ตัว จากการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s และมีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ 613.3 W/m<sup>2</sup> ชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วง 47.2%-58.3% เฉลี่ย(51.85%) และอากาศไหลที่เข้าสู่บริเวณชุดตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 12.45 °C โดยอุณหภูมิสูงสุด ณ ตำแหน่งกลางตู้อบแห้งเท่ากับ 51.25 °C เมื่อทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้า 6.84 kg ความชื้นเริ่มต้นที่ 222.6 % (d.b.) เป็นเวลา 5 วัน วันละ 9 ชั่วโมง พบว่า กล้วยน้ำว้ามีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 31.1% (d.b.) คิดเป็นอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 4.2% (d.b.)/hr โดยมีอัตราการอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 11.9% (d.b.)/hr เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมเท่ากับ 7.69% ลักษณะรูปร่าง สีและรสชาติของกล้วยน้ำว้าหลังจากการอบแห้งนั้น มีลักษณะไม่ต่างจากกล้วยตากที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยมวลของน้ำที่ถูกระเหยสำหรับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 4.07 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปลี่ยนมาใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าแทนระยะคืนทุนค่าใช้จ่ายพลังงานอยู่ที่ 3.8 ปี

บุษบากร คงเรือง (2560) ได้ศึกษาการอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกด้วยตู้อบแห้ง 2 พลังงาน ประกอบด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มและพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการแปรรูป เพื่อสร้างมูลค่าให้กับสมุนไพรในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการหาประสิทธิภาพการทำงาน คณะผู้วิจัยได้นำตัวอย่างสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นให้เป็นชิ้นขนาดความหนา 1-2 มิลลิเมตร เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ความร้อนจากพลังงานแก๊สหุงต้มและพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในการอบแห้งที่มีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งประมาณ 40±2 องศาเซลเซียสของทั้งสองระบบ จากเครื่องอบแห้งสองพลังงาน โดยพิจารณาจากการชั่งน้ำหนักและวัดความชื้นของสมุนไพรว่านชักมดลูกก่อนและหลังการอบแห้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ คือ ที่เวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ว่านชักมดลูกหั่นที่อบด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 8.31 เปอร์เซ็นต์ ส่วนว่านชักมดลูกหั่นที่อบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 11.73 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามจากการทดลองอบแห้งสมุนไพรว่านชักมดลูกหั่นด้วยเครื่องอบแห้งสองพลังงานที่สร้างขึ้นสามารถช่วยกลุ่มผู้ประกอบการสมุนไพรอบแห้ง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

Afriyie et al. (2016) ทดลองอบแห้งมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจม ลักษณะดังรูปที่ 2.17 และได้เปรียบเทียบกับ การตากแห้งตามธรรมชาติพบว่าร้อยละ 75-80 ของกระบวนการอบแห้งเกิดขึ้นในช่วง 1-2 วันแรกของการอบและการตากแห้งโดยธรรมชาติ ลดความชื้นได้มากกว่าเครื่องอบแห้งในช่วงแรกของการอบ เนื่องจากในช่วง 1-2 วันแรกผิวของ มันสำปะหลังยังชุ่มไปด้วยน้ำและอิทธิพลของอัตราการไหลมีผลต่อการไล่ความชื้นมากกว่า อุณหภูมิ ซึ่งการตากแห้งตามธรรมชาติมีลมพัดผ่านวัสดุอบแห้งตลอดเวลา หลังจากนั้นเมื่อผ่าน 2 วันแรกไป เครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นได้มากกว่าการตากแห้งตามธรรมชาติเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงกว่า ซึ่งพบว่าอุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 4-20 °C โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามความสูงของปล่อง เพราะฉะนั้นหากติดตั้งถาดสำหรับอบแห้งไว้ที่สูงจะดี เนื่องจาก อุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำหรับกระบวนการการอบแห้ง นอกจากนี้การติดตั้ง Absorber ในห้องอบแห้งยังสามารถเพิ่มอุณหภูมิขึ้นได้อีก เมื่อเทียบกับ Solar chimney dryer ที่ไม่มี Absorber



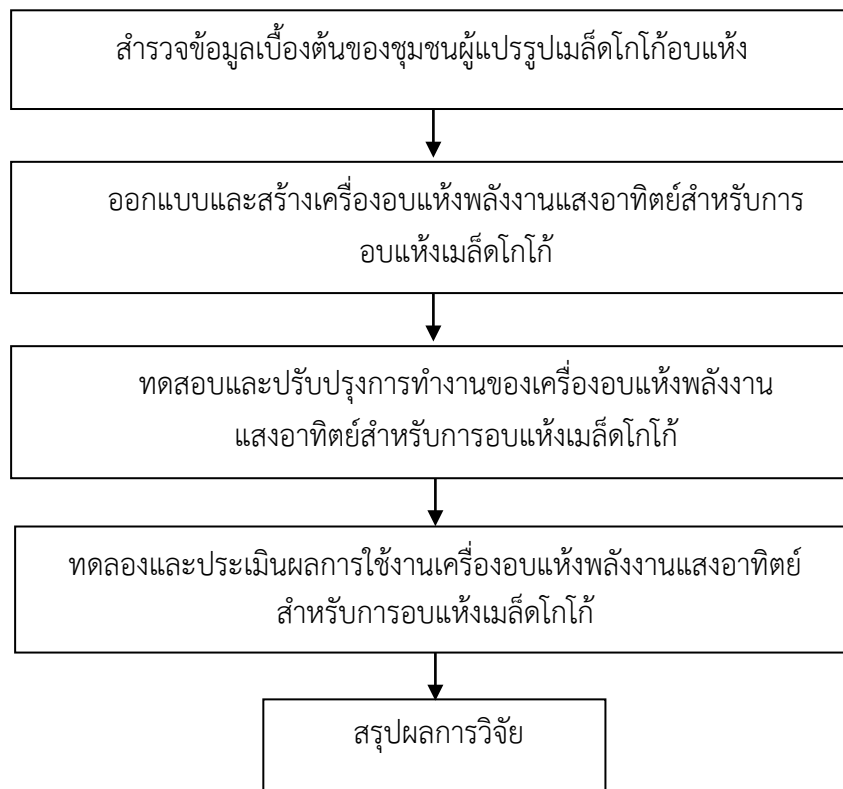
ภาพที่ 2.17 เครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจม

Doymaz (2016) ศึกษาคุณภาพของแครอทแผ่น จากการอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่กำลังอินฟราเรด 62 , 74 , 88 , 104 และ 125 วัตต์แครอทหั่นเป็นแผ่น บางหนา 0.5 เซนติเมตร ผลจากการศึกษา พบว่า กำลังอินฟราเรดมีผลต่อคุณสมบัติของแครอทแผ่น เช่นการคืนตัวและสี สำหรับแบบจำลองเลือกใช้แบบจำลอง 6 แบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุดคือแบบจำลองของ Midilli et al. สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลสำหรับการอบแห้งแครอทจาก สมการ Fick's law ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลอยู่ระหว่าง  $2.45 \times 10^{-9}$  ถึง  $7.38 \times 10^{-9}$  และค่าพลังงานกระตุ้น หาจากสมการ Arrhenius ซึ่งได้ค่าพลังงานกระตุ้น เป็น 4.247 kW/kg

### บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

เป็นโครงการวิจัยที่ต้องการพัฒนาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและคุณภาพการอบแห้งเมล็ดโกโก้ รวมทั้งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้อบแห้ง คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ เป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการแปรรูปเมล็ดโกโก้อบแห้งของชุมชน รวมทั้งเป็นการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการพัฒนาการแปรรูปเมล็ดโกโก้อบแห้งของเกษตรกร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้



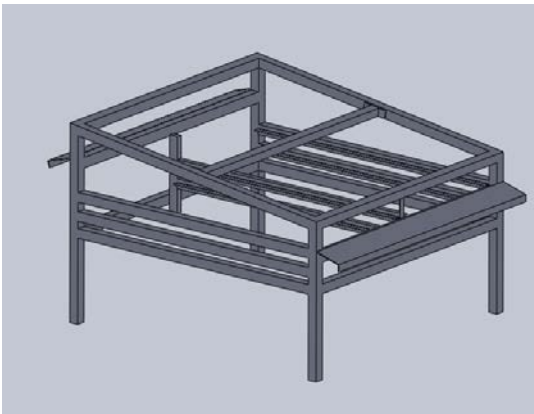
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้

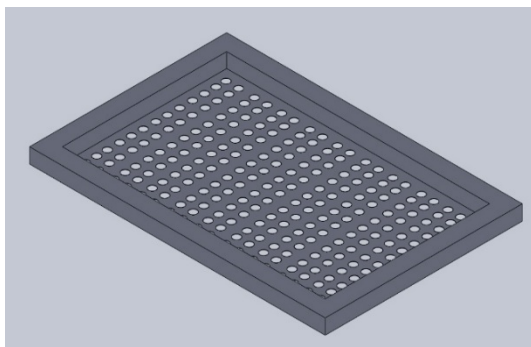
3.1.1 โครงสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำด้วยอลูมิเนียม มีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร ความสูง 90 เซนติเมตร ด้านหน้าและด้านหลัง มีตะแกรงระบายอากาศทางเข้า-ออก ขนาดความกว้าง 11 เซนติเมตร ความยาว 112 เซนติเมตร

3.1.2 มีขนาดพื้นที่รับแสงรวม 120 ตารางเซนติเมตร ทำจากกระจก เอียง 15 องศา กับแนวระนาบ



ภาพที่ 3.2 โครงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้

3.1.3 ชุดรองรับเมล็ดโกโก้ภายในตู้อบทำด้วยอลูมิเนียม มีขนาด ความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 2 ชั้น ชั้นละ 2 แผ่น สามารถอบแห้งเมล็ดโกโก้ได้ครั้งละ 12 กิโลกรัม



ภาพที่ 3.3 ชุดรองรับเมล็ดโกโก้ภายในตู้อบ



3.1.4 ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ใช้ เครื่องควบคุมอุณหภูมิดิจิทัล เครื่องวัดความชื้น และอุณหภูมิ เบรกเกอร์ และพัดลมดูดความชื้น



ภาพที่ 3.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิดิจิทัล



ภาพที่ 3.5 พัดลม ขนาด 3 นิ้ว

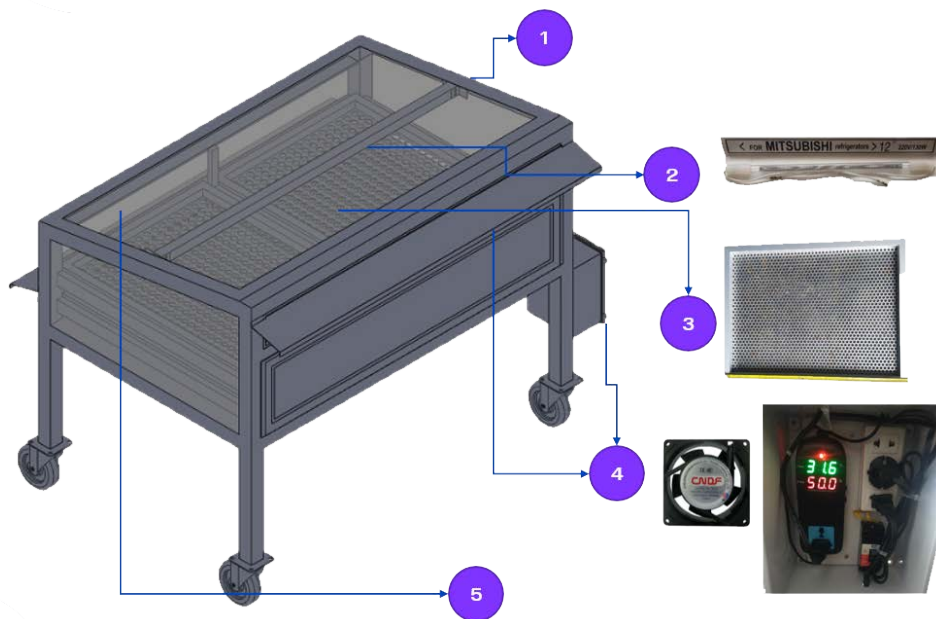


ภาพที่ 3.6 ตู้ไฟขนาด 6 x 8 นิ้ว



ภาพที่ 3.7 การติดตั้งกล่องไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในตัวเครื่อง

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์  
สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้

- หมายเลข 1. โครงสร้างเครื่อง
- หมายเลข 2. ตะแกรงใส่เมล็ดโกโก้
- หมายเลข 3. ฝาปิดใส่เมล็ดโกโก้
- หมายเลข 4. ชุดควบคุมอุณหภูมิ
- หมายเลข 5. พื้นที่ได้รับแสง



ภาพที่ 3.9 ด้านหน้าของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 3.10 ด้านหลังของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 3.11 ด้านข้างของตัวเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้

### 3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้

การทดลองใช้งานอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการทดลองจำนวน 3 ครั้ง ใช้น้ำหนักเมล็ดโกโก้ในการทดลองครั้งละ 12 กิโลกรัม โดยวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อมและค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง



ภาพที่ 3.12 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

### 3.3 การทดสอบสมรรถนะและปรับปรุงการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปเมล็ดโกโก้ที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอนาทา ศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีลำดับขั้นตอนและการทดสอบดังนี้

3.3.1 การทดลองการวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อมและค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

3.3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 3.13 นำโกโก้หมักใส่ในตะแกรงรองรับ



ภาพที่ 3.14 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง ณ ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

## บทที่ 4

### ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม

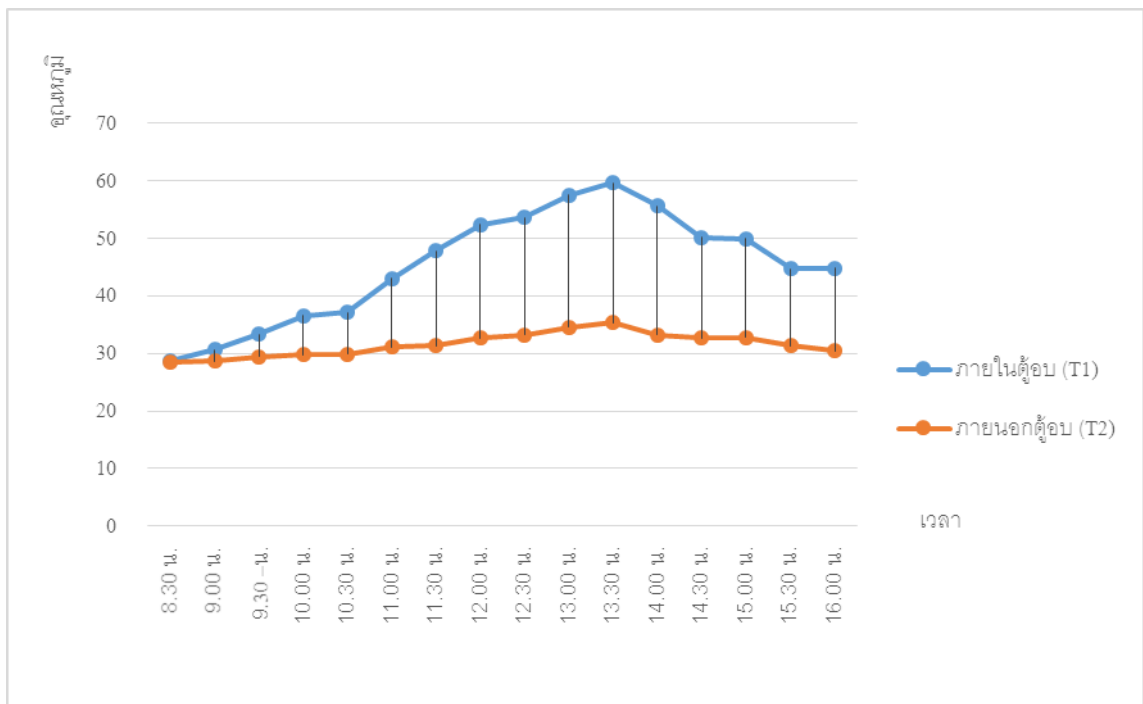
การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอนาทา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการทดลองจำนวน 3 ครั้ง ใช้น้ำหนักเมล็ดโกโก้ในการทดลองครั้งละ 12 กิโลกรัม โดยวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อมและค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งทดลอง โดยทำการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที และบันทึกผลเป็นดังนี้

##### 4.1.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม

ตารางที่ 4.1 วัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อมช่วงเวลา 8:30-16:30 น.

เวลา	ค่าอุณหภูมิ (°C)	
	ภายในตู้อบ (T1)	แวดล้อมตู้อบ (T2)
8.30 – 9.00	28.7	28.6
9.00 – 9.30	30.7	28.7
9.30 – 10.00	33.4	29.4
10.00 – 10.30	36.6	29.8
10.30 – 11.00	37.1	29.9
11.00 – 11.30	43.1	31.1
11.30 – 12.00	47.8	31.3
12.00 – 12.30	52.4	32.7
12.30 – 13.00	53.7	33.2
13.00 – 13.30	57.5	34.6
13.30 – 14.00	59.7	35.4
14.00 – 14.30	55.6	33.2
14.30 – 15.00	50.2	32.7
15.00 – 15.30	50	32.8
15.30 – 16.00	44.7	31.3
16.00 – 16.30	44.8	30.4
เฉลี่ย	45.38	31.57

ผลทดสอบการอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อมช่วงเวลา 8:30-16:30 น. กำหนดให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งของเครื่องอบแห้ง T1 คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง , T2 คือ อุณหภูมิแวดล้อมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยและแตกต่างกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 45.38 มีค่าสูงสุดที่ 59.7 °C ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดและอุณหภูมิแวดล้อมค่าเฉลี่ยประมาณเฉลี่ย 31.57°C โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.4 °C



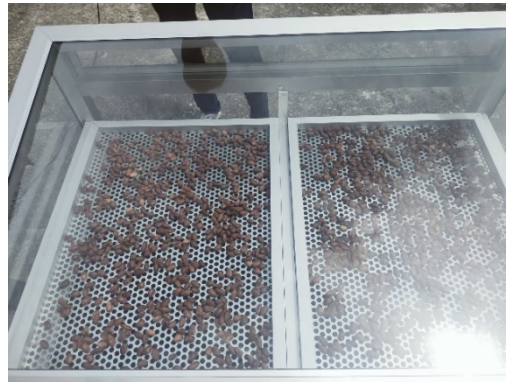
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิภายในและแวดล้อมของเครื่องอบแห้ง

จากภาพที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งของเครื่องอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยและแตกต่างกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 45.38 มีค่าสูงสุดที่ 59.7 °C ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดและอุณหภูมิแวดล้อมค่าเฉลี่ยประมาณเฉลี่ย 31.57°C โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.4 °C





ภาพที่ 4.2 เมล็ดโกโก้หมักที่นำมาทดลอง



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างโกโก้หมักที่นำมาทดลองตากแห้ง



ภาพที่ 4.4 ทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบ





ภาพที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง



ภาพที่ 4.6 เมล็ดโกโก้ก่อนและหลังการอบแห้ง

#### 4.2 ผลการทดสอบการทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดโกโก้

1. ผลการทดสอบค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ที่ผ่านกระบวนการหมัก จากชุมชนแปรรูปเมล็ดโกโก้แห่งในชุมชนพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 10 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 55.6 เปอร์เซ็นต์

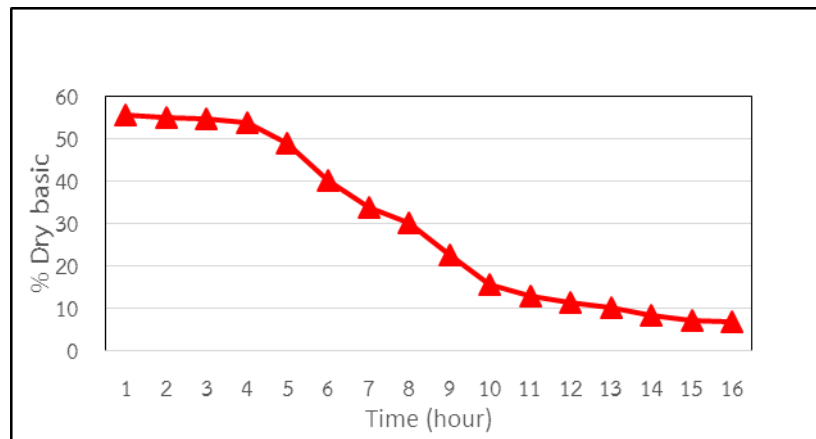


ภาพที่ 4.7 ตู้อบความร้อน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจากการค่าความชื้น

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)
ก่อนอบ	62.5	9	26.39
1	58.33	10	23.06
2	56.67	11	19.17
3	55.69	12	14.72
4	54.72	13	11.53
5	51.67	14	10.83
6	47.08	15	7.22
7	40.00	16	6.81
8	33.19		

จากตารางที่ 4.2 จากผลการทดลอง การหาค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน พบว่าค่าความชื้นของเมล็ดโกโก้เริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 16 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกและเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเครื่องอบความร้อนใช้เวลา 16 ชั่วโมง ในขณะที่การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบตากลานของชุมชนพบว่าใช้เวลา 32 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน

จากภาพที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงผลการศึกษาการเปรียบเทียบการหาค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน พบว่าค่าความชื้นของเมล็ดโกโก้เริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 16 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกและเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเครื่องอบความร้อนใช้เวลา 16 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 4.10 ชั่งน้ำหนักหลังอบของตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่าความชื้น



ภาพที่ 4.11 โกโก้ที่ผ่านการอบของเครื่องอบความร้อน

## บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

### 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม

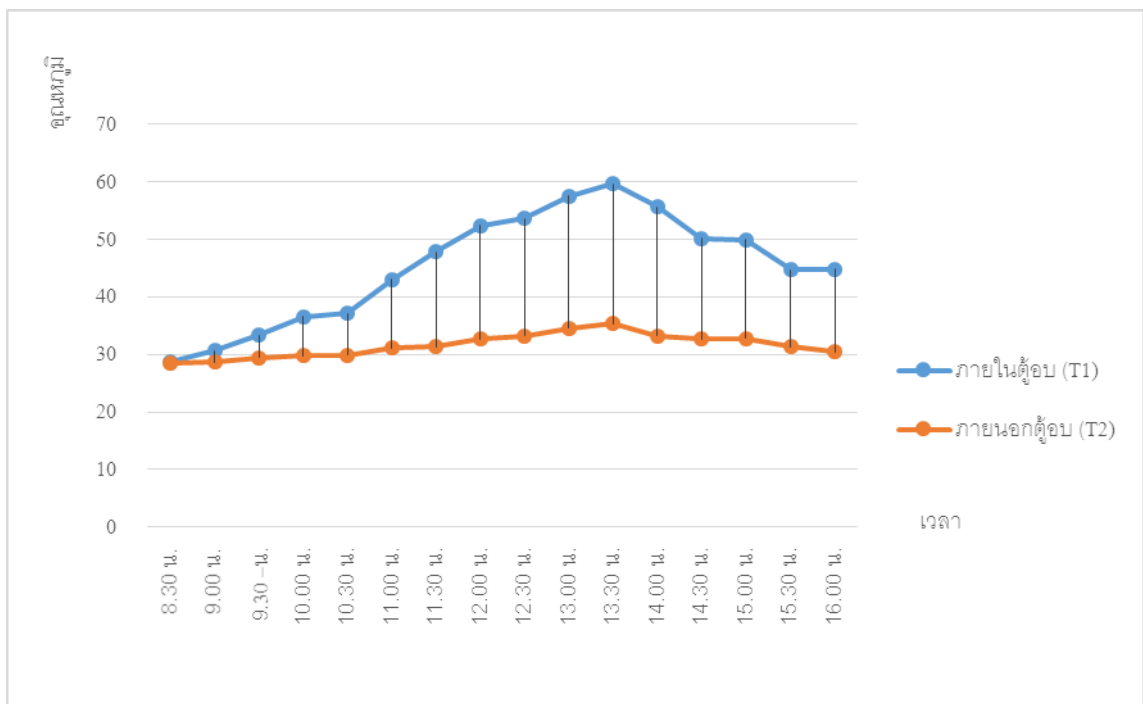
การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอนาทาสา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการทดลองจำนวน 3 ครั้ง ใช้น้ำหนักเมล็ดโกโก้ในการทดลองครั้งละ 12 กิโลกรัม โดยวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อมและค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งทดลอง โดยทำการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที และบันทึกผลเป็นดังนี้

#### 4.1.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม

ตารางที่ 4.1 วัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อมช่วงเวลา 8:30-16:30 น.

เวลา	ค่าอุณหภูมิ (°C)	
	ภายในตู้อบ (T1)	แวดล้อมตู้อบ (T2)
8.30 – 9.00	28.7	28.6
9.00 – 9.30	30.7	28.7
9.30 – 10.00	33.4	29.4
10.00 – 10.30	36.6	29.8
10.30 – 11.00	37.1	29.9
11.00 – 11.30	43.1	31.1
11.30 – 12.00	47.8	31.3
12.00 – 12.30	52.4	32.7
12.30 – 13.00	53.7	33.2
13.00 – 13.30	57.5	34.6
13.30 – 14.00	59.7	35.4
14.00 – 14.30	55.6	33.2
14.30 – 15.00	50.2	32.7
15.00 – 15.30	50	32.8
15.30 – 16.00	44.7	31.3
16.00 – 16.30	44.8	30.4
เฉลี่ย	45.38	31.57

ผลทดสอบการอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อมช่วงเวลา 8:30-16:30 น. กำหนดให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งของเครื่องอบแห้ง T1 คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง , T2 คือ อุณหภูมิแวดล้อมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยและแตกต่างกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 45.38 มีค่าสูงสุดที่ 59.7 °C ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดและอุณหภูมิแวดล้อมค่าเฉลี่ยประมาณเฉลี่ย 31.57°C โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.4 °C



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิภายในและแวดล้อมของเครื่องอบแห้ง

จากภาพที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งของเครื่องอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยและแตกต่างกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 45.38 มีค่าสูงสุดที่ 59.7 °C ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดและอุณหภูมิแวดล้อมค่าเฉลี่ยประมาณเฉลี่ย 31.57°C โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.4 °C



ภาพที่ 4.2 เมล็ดโกโก้หมักที่นำมาทดลอง



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างโกโก้หมักที่นำมาทดลองตากแห้ง



ภาพที่ 4.4 ทดลองวัดค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบ





ภาพที่ 4.5 ค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง



ภาพที่ 4.6 เมล็ดโกโก้ก่อนและหลังการอบแห้ง

#### 4.2 ผลการทดสอบการทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดโกโก้

1. ผลการทดสอบค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ที่ผ่านกระบวนการหมัก จากชุมชนแปรรูปเมล็ดโกโก้แห่งในชุมชนพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 10 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 55.6 เปอร์เซ็นต์

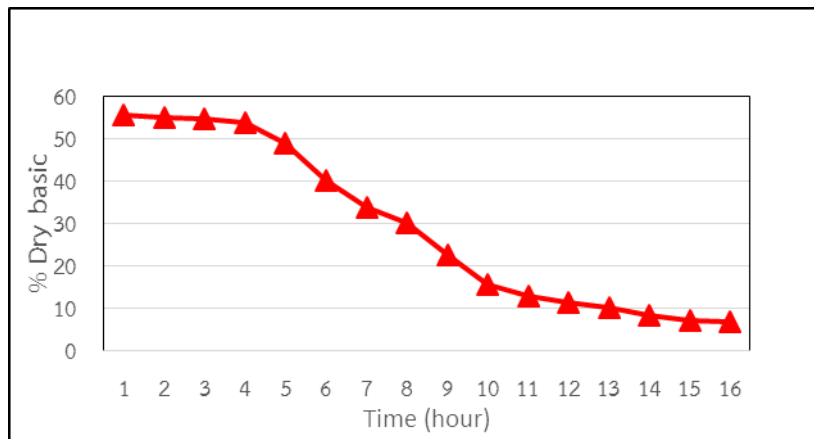


ภาพที่ 4.7 ตู้อบความร้อน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจากการค่าความชื้น

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (%)
ก่อนอบ	62.5	9	26.39
1	58.33	10	23.06
2	56.67	11	19.17
3	55.69	12	14.72
4	54.72	13	11.53
5	51.67	14	10.83
6	47.08	15	7.22
7	40.00	16	6.81
8	33.19		

จากตารางที่ 4.2 จากผลการทดลอง การหาค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน พบว่าค่าความชื้นของเมล็ดโกโก้เริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 16 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกและเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเครื่องอบความร้อนใช้เวลา 16 ชั่วโมง ในขณะที่การตากแห้งเมล็ดโกโก้แบบตากลานของชุมชนพบว่าใช้เวลา 32 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน

จากภาพที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงผลการศึกษาการเปรียบเทียบการหาค่าความชื้นโดยใช้เครื่องอบความร้อน พบว่าค่าความชื้นของเมล็ดโกโก้เริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 16 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกและเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเครื่องอบความร้อนใช้เวลา 16 ชั่วโมง





ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 4.10 ชั่งน้ำหนักหลังอบของตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่าความชื้น



ภาพที่ 4.11 โกโก้ที่ผ่านการอบของเครื่องอบความร้อน

## บทที่ 5

### สรุปผลงานวิจัย

#### 5.1 สรุปผลงานวิจัย

##### 5.1.1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อม

ผลทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและค่าอุณหภูมิแวดล้อมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยและแตกต่างกว่าอุณหภูมิภายนอกอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 45.38 มีค่าสูงสุดที่ 59.7 °C ในช่วงเวลา 13.30 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดมากและอุณหภูมิแวดล้อมค่าเฉลี่ยประมาณเฉลี่ย 31.57°C โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.4 °C

##### 5.1.2 ผลการทดสอบการทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดโกโก้

ผลทดสอบค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดโกโก้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น พบว่า

1. ผลการทดสอบค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ที่ผ่านกระบวนการหมัก จากชุมชนแปรรูปเมล็ดโกโก้แห่งในชุมชนพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดโกโก้ จำนวน 10 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 55.6 เปอร์เซ็นต์

2. การทดลองการใช้งานอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลาในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกและเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเครื่องอบความร้อนใช้เวลา 16 ชั่วโมง

จากการออกแบบและสร้างขึ้นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้เพื่อทดแทนการตากเมล็ดโกโก้แบบตากลาน โดยออกแบบให้มีพื้นที่รับแสงให้เอียงทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบเพื่อให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น โดยอุณหภูมิในตู้อบแห้งในแต่ละวันจะมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและพลังงานแสงอาทิตย์

อัตราการลดความชื้นของเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จะมีอัตราการลดความชื้นที่ดีกว่าการตากเมล็ดโกโก้แบบตากลาน โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 16 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 62.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเมล็ดโกโก้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 6.89 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดโกโก้มีความสะอาดกว่าการตากแบบตากลานเนื่องจากไม่มีฝุ่นละอองติดตาม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการขยายขนาดตัวเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้รองรับปริมาณของเมล็ดโกโก้ที่เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของชุมชนแปรรูปโกโก้แห่งกันมากขึ้น
2. ควรมีการออกแบบให้มีการหมุนของเมล็ดโกโก้ที่อบแห้ง เพื่อให้ความร้อนกระจายได้ทั้งตะแกรงด้านบนและด้านล่าง
3. ควรมีการใช้ความร้อนอื่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เองให้สามารถอบแห้งได้ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือในช่วงหน้าฝน

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2559, ตุลาคม. 24. คู่มือแห่งพลังงานแสงอาทิตย์, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: [www2.dede.go.th/center10/13.pdf](http://www2.dede.go.th/center10/13.pdf).
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. 2554. ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2561, เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th>.
- กานต์ดา บุญเถื่อน. สมุนไพรไทยในอาเซียน. เข้าถึงได้จาก:  
(<http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/it/science/20130917/530400>)  
[เข้าถึงเมื่อ 28 มกราคม 2558].
- กำพล ประทีปชัยกูร, ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และพีระพงศ์ ทีฆสกุล. 2559, ตุลาคม. 14. โครงการส่งเสริมและเผยแพร่การใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.me.psu.ac.th>.
- จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2558. สมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์. [ระบบออนไลน์], เข้าถึงได้จาก  
<http://www.3egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm> [24 ตุลาคม 2560].
- ธนศ ไชยชนะและคณะ. 2559. เครื่องอบแห้งพลังงานร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์) สำหรับการแปรรูปกล้วย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- บงกช ประสิทธิ์และคณะ. 2559. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์. วารสาร RSU JET. Vol. 17, No. 2, 2014.
- พูลทวี ศรพรหม นิรันดร์ หันไชยงวาทและอำไพศักดิ์ ทีบุญมา. 2550. การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 17-19 ตุลาคม 2550 จังหวัดชลบุรี

รวีภา ยงประยูร. 2558. การพัฒนากระบวนการผลิตเห็ดอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกโดยการมีส่วนร่วมของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อเป็นตำบลปางดะ อําเภอกงหรา จังหวัดลําปาง”. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. ปีที่ 3 (ฉบับที่ 2): 133-140, 2558.

ศักดิ์ชาย เพ็ชรตรา. 2557.การพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแบบมีส่วนร่วม กรณี: การถ่ายทอดการสร้างและใช้เตาชีวมวลในระดับครัวเรือนของชุมชนโคกสูง จังหวัดชัยภูมิ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

สมมาส แก้วล้วน, ดำรงค์ดี จันโทสี, สุรัชย์ จันท์ศรีและเวคิน ปิยรัตน์. 2556. การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวล ขนาด 20 kW”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ปีที่ 8 (ฉบับที่ 1) : 24-33.

สำนักงานพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์. 2554. คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาคฟิลิปปินส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปกร

สุรัชย์ อนุรักษ์ จันท์ศรี .2560. การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน

สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีฯ. 2561. ข้อมูลพรรณไม้. กรุงเทพฯ.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. 2014. โภโกกับช็อกโกแลตวาเลนไทน์. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [www.medplant.mahidol.ac.th](http://www.medplant.mahidol.ac.th).

A. Zomirodian and M. Zamanian, .2012. “Designing and evaluating an innovative solar air collector with transpired absorber and cover,” ISRN renewable energy, pp. 1-5

Copetti MV, Pereira JL, Iamanaka BT, Pitt JL, Tanawaki MH. 2010. Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in Cocoa during farm processing. International. Microbiology. September 30:143 (1-2): 67-70.

Jaishree Prasad, V.K. Vijay, G.N. Tiwari and V.P.S. Sorayan. 2012. "Study on performance evaluation of hybrid drier for turmeric (*Curcuma longa* L.) drying at village scale" *Journal of Food Engineering* 75. (pp. 497–502). New Delhi : Indian Institute of Technology.

Jaishree Prasad and V.K. Vijay. 2012. "Experimental studies on drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* l. and *Tinospora cordifolia* in solar-biomass hybrid drier" *Renewable Energy* 30. (pp. 2097–2109). New Delhi : Indian Institute of Technology.

**ภาคผนวก ก**

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ และสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2563

วันพฤหัสบดี ที่ 17 ธันวาคม 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

## เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

พงษ์พันธ์ ราชภักดี<sup>1\*</sup>, รุ่งโรจน์จินดาง<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

**บทนำ:** ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำที่เกษตรกรเพาะเลี้ยงไว้ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงส่งผลเสียต่อปลาหรือสัตว์น้ำอยู่ในสถานะที่ขาดออกซิเจนและตายในที่สุดดังนั้นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง

**วัตถุประสงค์:** เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

**วิธีการศึกษา:** การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มากยิ่งขึ้นโดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ใช้ใบพัดตีน้ำเพื่อช่วยให้กระแสน้ำหมุนเวียนและเกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ต.นาเกาะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช ดำเนินการทดสอบ 2 ลักษณะคือ การทดสอบประสิทธิภาพการประจุพลังงานไฟฟ้าและการทดสอบหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เพิ่มขึ้น

**ผลการศึกษา :** ผลทดสอบพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 176 วัตต์และเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน

**วิจารณ์และสรุปผล:** จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังได้ทุกพื้นที่ เพราะพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งที่รับแสงอาทิตย์ได้ดีและไม่มีอันตรายที่เกิดจากใช้ไฟฟ้า

**คำสำคัญ:** เครื่องเติมอากาศ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

---

<sup>1</sup> ฝศ.สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110



<sup>2</sup>อาจารย์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

<sup>1</sup>Assist. Prof.,Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, *Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, 80110, Thailand.*

<sup>2</sup> Researcher., Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, *Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, 80110, Thailand.*

\*Corresponding author : Tel : 0817980923. E-mail: r\_pongpun@hotmail.com

## Surface Aerator in Water with Solar Energy for Fish Cage Culture

Pongpun Ratchapakdee<sup>1\*</sup>, Rougrote Geendoung<sup>2</sup>

### Abstract

**Introduction** :Dissolved Oxygen (DO) is an important factor in the livelihood of aquatic animals that farmers cultivate. Decreased oxygen can negatively affect fish or aquatic animals that lack of oxygen and eventually death, so increasing of the oxygen into the water is very important. This research presents the development of surface aerator in water by using solar energy for fish cage culture.

**Objective** :To create and design the surface aerator in water with solar energy for fish cage culture.

**Methods**:Design and create a surface water aerator for raising fish in cages to be more effective in increasing the amount of dissolved oxygen without using electricity and used the water-propeller blades to help circulate water flows and disperse on the water surface. The testing performance of the air in water by using solar energy for fish cage culture at BanWat Mai, Chawang, Nakhon Si Thammarat can be conducted two tests :Electric power charge performance testing and testing for increased dissolved oxygen content.

**Results**:The test results showed that the power obtained from the solar cell is about 176 watts and the maximum amount of air dissolved is 8.42 mg/L per day.

**Conclusion** :From this study found that the surface aerator in water with solar energy for fish cage culture can be used in actual use with river basins with fish farming in all areas. Because the fish farming area in most cages is located in open areas that can bask the sunshine and there is no danger of using electricity.

**Keyword**:Aerator, Oxygen Dissolved in Water

## บทนำ

การเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ให้ผลผลิตสูง ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิง เศรษฐศาสตร์และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั่วไปรวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตและมีการลงทุนต่ำกว่า รูปแบบการเลี้ยงอื่นๆ ในขณะที่ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาในกระชังอาจมีข้อเสียอยู่ บ้าง เช่นปัญหาโรคพยาธิที่มากับน้ำซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่อง สภาพแวดล้อมหากไม่มีการคำนึงถึงปริมาณและที่ตั้งของกระชัง ตลอดจนความเหมาะสมของพื้นที่ลำน้ำ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาในกระชังในลุ่มแม่น้ำตาปีของกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระชังในพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ต. นากะชะ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช เป็นชุมชนหนึ่งที่มีการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง เช่น การ เพาะเลี้ยงปลานิลและปลาที่บิหม คิดเป็น 50 % ของประชากรนอกเหนือจากประกอบอาชีพทำสวนยางพาราและ ปลูกปาล์มน้ำมัน จากการสำรวจข้อมูลในส่วนการเลี้ยงปลากระชังเบื้องต้น พบว่าชุมชนได้มีการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงปลา กระชัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือกันในการเลี้ยงปลาในกระชัง หลังได้รับผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาในกระชัง จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำตาปีเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมที่เกิดจากน้ำท่วมหรือภัยแล้ง ซึ่ง ในช่วงที่เกิดภัยแล้งหรือช่วงหน้าร้อนจะทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำลดลงและเริ่มอยู่นิ่งไม่มีการไหลเวียน อุณหภูมิจะ สูงขึ้นและอากาศจะร้อนจัดในตอนกลางวัน โดยอาจต่อเนื่องยาวจนถึงปลายเดือนพฤษภาคม จากสภาวะดังกล่าวอาจ ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นรวมทั้งปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำกว่าค่ามาตรฐานอีกทั้งไม่มีการไหลเวียนของ กระแสน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลาในกระชังที่เกษตรกรเลี้ยงไว้เกิดความเครียด อ่อนแอและมีความทนทานต่อโรคต่ำลง ส่งผลให้ปลาในกระชังนี้ตายเป็นจำนวนมาก (เนติฉินอมตยกุลและคณะ, 2538)ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลา ขาดทุนและเป็นหนี้จากการกู้ยืมเงินมาลงทุนดังแสดงในภาพที่ 1

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยทำจึงออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาใน กระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเติมอากาศในน้ำให้กับปลาในกระชัง โดยดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องที่ สามารถตั้งเวลาในการทำงานแบบอัตโนมัติและทดสอบหาประสิทธิภาพในการเติมอากาศในน้ำของปลาในกระชัง ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า



ภาพ1ปลาในกระชังน็อคน้ำตายเป็นจำนวนมากในช่วงหน้าแล้ง

### วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นโครงการวิจัยที่ต้องการพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำมีการไหลเวียนรวมทั้งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดที่จะพัฒนาออกแบบพัฒนาเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีโดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 18-19 MJ/m<sup>2</sup>/day อีกทั้งพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มแม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตในการเลี้ยงปลาในกระชังให้แก่กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังรวมทั้งเป็นการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการพัฒนาในการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกรให้เป็นชุมชนต้นแบบเลี้ยงปลากระชังสีเขียวอย่างยั่งยืนต่อไป(มหาวิทยาลัยศิลปากร,2560)งานวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้

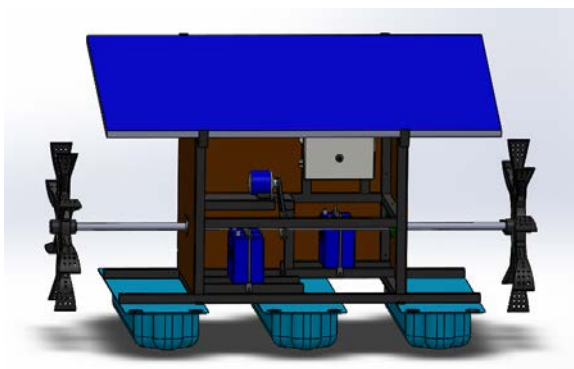
#### 1. ขั้นตอนการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในเลี้ยงปลาในกระชังพื้นชุมชนลุ่มแม่น้ำตาปี

จากสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของการในเลี้ยงปลากระชังในชุมชนแม่น้ำตาปี ในพื้นที่อำเภอฉวาง อำเภอน้ำขุ่น และอำเภอคำพรรณธา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปัญหาปลาในกระชังน็อคน้ำตายจากการขาดออกซิเจนเป็นจำนวนมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคมของทุกปี ที่ระดับน้ำลดลงและน้ำในแม่น้ำไหลเวียนน้อยเกษตรกรต้องการเครื่องเติมอากาศและช่วยผลักดันน้ำให้ไหลเวียน โดยไม่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า

จึงสรุปความเป็นไปได้ของการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังบริเวณลุ่มแม่น้ำตาปีมีการตั้งกระชังในพื้นที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี เป็นการช่วยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและช่วยให้น้ำได้ไหลเวียน

#### 2. การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศ

2.1 การออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องขนาด 68x150x90 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ที่รองรับน้ำหนักของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด250 W แบตเตอรี่ 12 V จำนวน 2 ลูกและมอเตอร์ DC 24V

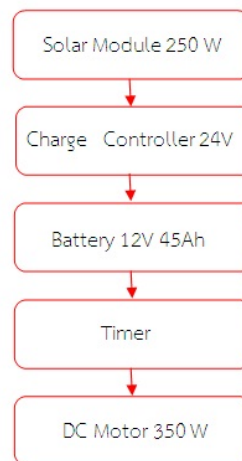


ภาพ2เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบขึ้น

2.2 ติดตั้งทุ่นลอยที่ทำจาก PVC ขนาด 30x120x16 เซนติเมตรโดยติดไว้ใต้เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการยึดแผ่นเหล็กเข้ากับตัวทุ่นลอย

2.3 ติดตั้งกังหันตีน้ำจำนวน 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรจำนวน 8 ใบพัดเพื่อช่วยให้กระแสน้ำหมุนเวียนและเกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำที่ความเร็วรอบของใบพัดตีน้ำประมาณ200รอบต่อนาที

2.4 ติดตั้งชุดควบคุมเวลาการทำงานบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ



ภาพ3บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ

2.5 การทดสอบการลอยตัวของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนาเกาะ อำเภอนางรอง จังหวัดนครราชสีมา



ภาพ4การทดสอบการลอยตัวของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ

### 3. การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่สร้างขึ้น ใช้กลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนากะชะ อำเภอดงจังหวัดนครศรีธรรมราชต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน เริ่มทดสอบเวลา 08:00 น. และหยุดทดสอบเวลา 16:30 น. ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังทำการทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 250 W และการทดสอบหาประสิทธิภาพเติมอากาศที่ผิวน้ำซึ่งมีลำดับขั้นตอนและการทดสอบดังนี้



ภาพ5การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานกับกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง

3.1 การทดลองการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด250 Wทำการวัดแรงดันและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์วัดค่าแรงดันและกระแสทุกระยะเวลา 30 นาทีทำการทดลองจนครบ 10 ชั่วโมงบันทึกผล

3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการเติมอากาศที่ผิวน้ำโดยทำการทดลองโดยการตรวจสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)เปรียบเทียบระหว่างกระชังที่เติมอากาศและกระชังที่ไม่ได้เติมอากาศมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอากาศในน้ำหรือไม่โดยการตรวจวัดค่าทุกระยะเวลา 30 นาที



ภาพ6การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

### ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด250 W พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 27.2 V ค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30น. มีค่าเท่ากับ 25.5 V และ

กระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 7.3 A ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30น. มีค่าเท่ากับ 5.4 A เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 12:30-13:00 น. มีค่าเท่ากับ 198.56W ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์น้อยที่สุดในช่วงเวลา 16:00-16:30 น. มีค่าเท่ากับ 137.70W

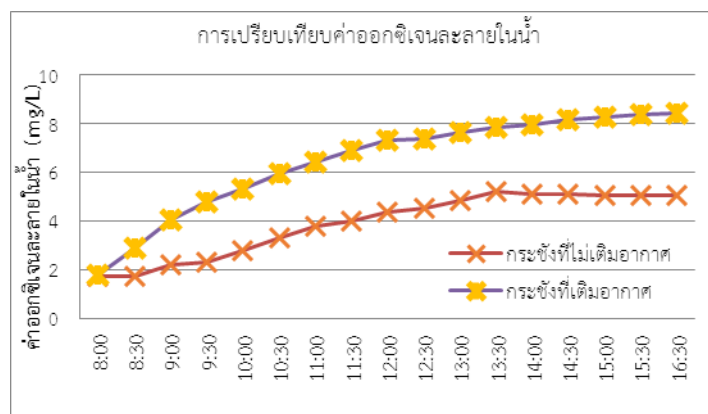
ตาราง 1 ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์ช่วงเวลา 8:00-12:00 น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
08:00-08:30	26.0	5.6	145.60	10:00-10:30	26.8	7.1	190.28
08:30-09:00	26.3	6.4	168.32	10:30-11:00	27.0	7.2	194.40
09:00-09:30	26.5	6.5	172.25	11:00-11:30	27.1	7.2	195.12
09:30-10:00	26.7	6.8	181.56	11:30-12:00	27.1	7.2	195.12
				<b>Average</b>	<b>26.68</b>	<b>6.75</b>	<b>180.33</b>

ตาราง 2 ผลการวัดค่าแรงดันประจุและกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์ช่วงเวลา 12:30-16:30น.

Test Period	Test Result			Test Period	Test Result		
	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)		Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
12:30-13:00	27.2	7.3	198.56	14:30-15:00	26.7	6.2	165.54
13:00-13:30	27.1	7.1	192.41	15:00-15:30	26.5	5.9	156.35
13:30-14:00	27.0	7.1	191.70	15:30-16:00	26.1	5.8	151.38
14:00-14:30	26.8	6.8	182.24	16:00-16:30	25.5	5.4	137.70
				<b>Average</b>	<b>26.6</b>	<b>6.45</b>	<b>171.99</b>

ส่วนผลการทดสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังที่ไม่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุด 1.70 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุด 5.05 mg/L เมื่อพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกระชังที่มีการเติมอากาศค่าน้อยสุดเท่ากับ 1.78 mg/L ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในอากาศมากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L



## ภาพ7การตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO)

การทดสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการทดสอบในพื้นที่ผู้เลี้ยงปลาในกระชังพื้นที่ชุมชนบ้านวัดใหม่ ตำบลนาเกาะ อำเภอดงหลวง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานสามารถควบคุมการเปิดหรือปิดตามเงื่อนไขของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังและทำงานต่อเนื่องได้มากกว่า 10 ชั่วโมงต่อวัน ความเร็วรอบของใบพัดตีน้ำประมาณ 200 รอบต่อนาที การทดสอบการประจุไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจัดเก็บพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 176 วัตต์ ในช่วงเวลา 12:30-13:00 มีค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 198.56W เป็นผลมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับค่าความเข้มของแสงอาทิตย์สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของปรีชาและคณะ (ปรีชา มหาไม้, 2558) ทั้งนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจัดเก็บพลังงานได้เต็มประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากสภาพอากาศและวัสดุที่ใช้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดแตกต่างกันและประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ก็แตกต่างกันตามไปด้วยการทดสอบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่สูงขึ้นนี้มีผลมาจากทำให้น้ำขึ้นมาสัมผัสกับอากาศจึงจะทำให้อากาศสามารถละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็วซึ่งได้สอดคล้องกับหลักการของกังหันน้ำชัยพัฒนาที่มีการตักน้ำมาจะทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศมาก รวมทั้งผลจากการมีการเคลื่อนที่ไหลเวียนของมวลน้ำทั้งภายในและภายนอกกระชังเลี้ยงปลา

### สรุปผลการวิจัย

1. การทดสอบการประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 250 W กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 176W มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เฉลี่ย 26.65 V และกระแสไฟฟ้าที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 6.6 A

2. การทดสอบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen : DO) พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 8.42 mg/L ต่อวัน และกระชังเลี้ยงปลาที่มีการเติมอากาศมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระชังเลี้ยงปลาที่ไม่มีการเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้งานได้จริงกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังได้ทุกพื้นที่ เพราะพื้นที่การเลี้ยงปลาในกระชังส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งที่รับแสงอาทิตย์ได้ดี ไม่มีอันตรายที่เกิดจากใช้ไฟฟ้าและหากมีการศึกษาและพัฒนาในส่วนของการเฝ้าระวังและตรวจสอบการทำงานอัตโนมัติเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ก็จะเป็นประโยชน์ในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนเครื่องมือสำหรับวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชังลุ่มแม่น้ำตาปีที่สนับสนุนพื้นที่สำหรับการวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2562 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

### เอกสารอ้างอิง

- [1]เจียมจิตรขวัญแก้ว.(2550).การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนากรมชลประทาน.  
[2]เชิดฉันทมตยกุลและคณะ.(2538). การเลี้ยงสัตว์น้ำ.กองประมงน้ำจืดกรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ



[3]เฉลิมเกียรติ วงษ์เกษและคณะ. (2558).“เครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ่อเพาะพันธุ์ปลา”.

ในการประชุมวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. 4-6 พฤศจิกายน 2558.

ปทุมธานี:คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 283-285.

[4]ชัยวัฒน์พรหมเพชร. (2551). การพัฒนาเครื่องกลเติมอากาศปล่องลมแดด.ปริญญาานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

[5]ธรรมพันธุ์ภาสบุตรและปฐมภรณ์ศรีผดุงธรรม.(2559).ระบบเพิ่มออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอัตโนมัติโดยใช้

พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์.ในการประชุมวิชาการECTI-CARD 2009, 9พฤษภาคม 2559.กรุงเทพฯ:25-30.

[6]ปรีชา มหาไม้และคณะ.(2558).“เครื่องเติมอากาศแบบกักน้ำใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพลังงานย้อนกลับสำหรับบ่อ

ปลา”.วารสารนเรศวรพะเยาปีที่7 ฉบับที่2.พฤษภาคม - สิงหาคม 2557,141-150.

[7]มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2560).การปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย.(Online).

[www.dede.go.th/download/OpenBigData/Solar\\_Map\\_1\\_2560.pdf](http://www.dede.go.th/download/OpenBigData/Solar_Map_1_2560.pdf).22 เมษายน 2561.

[8]ChonmapatTorasa, PatchaakSannok, WeeraChtithammaporn, SomkiatKorbuakaew and NichanantSermsri.(2016). SOLAR ENERGY AERATOR.Proceedings of 55 th the IRES International Conference, Seoul, SouthKorea, 30th-31st December 2016, ISBN: 978-93-86291-71-4.

[9]Mohammad Tanveer and SivakumarMayilsamy. (2016) .A CONCEPTUAL APPROACH FOR DEVELOPMENT OF SOLAR POWERED AERATION SYSTEM IN AQUACULTURE FARMS.

International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. 5, No 5, 2016, 2921–2925.



