



## การพัฒนาเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วม YRU-TLD#1(R&E)

อีลีหียะ สนิโซ\* มะรุติง กาชะ\* และ มูฮัมมัดรุสตี เจ๊ะเต๊ะ\*

### บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกที่จะออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วมระหว่างลมร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์ (YRU-TLD#1(R&E)) เพื่อใช้ศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรในลักษณะต่าง ๆ โดยทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้ง เมื่อควบคุมอุณหภูมิของขดลวดความร้อน และความเร็วลมในช่วง 60-200°C และ 1-3 m/s ตามลำดับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเพิ่มสูงขึ้นอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและที่อุณหภูมิของขดลวดความร้อนเท่ากันการทดสอบกลางแจ้งจะให้อุณหภูมิในห้องอบสูงกว่าการทดสอบในที่ร่ม ในขณะที่ความเร็วลมจะมีผลต่ออุณหภูมิในห้องอบทั้งที่ทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้ง โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในห้องอบจะลดลง และเครื่องอบแห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถใช้ในการอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรได้

**คำสำคัญ :** อุปกรณ์อบแห้งชั้นบาง พลังงานแสงอาทิตย์ สมรรถนะ พลังงานความร้อนร่วม



## The Development of Thin-layer Dryer Using Combine Heating Energy YRU-TLD#1(R&E)

Eleeyah Saniso\* Maruding Kasa\* and Muhammadrusdee Cheteh\*

### ABSTRACT

The dryer is an important apparatus for the studying of the drying kinetic of food materials and agricultural products. Thus, this research are selected to design and construction of the Thin-layer dryer (TLD) using combine heating energy of hot air and solar energy (YRU-TLD#1(R&E)) for drying kinetic of food materials and agricultural products. The indoor and outdoor situations are tested, the temperature of heater and air velocity is supervised in range of 60-200 °C and 1-3 m/s respectively. The result from this study indicates that the heater temperature increases according to the rising temperature in the dryer and when the heater temperature is constant, the outdoor testing shows higher temperature than the indoor. The air velocity is affected by the temperature within the dryer chamber regardless of an indoor and outdoor testing, and it was found that whenever the air velocity increases the temperature in the dryer chamber decreases accordingly. This designed and constructed dryer is, therefore, able to use for drying kinetic of food and agricultural products.

**Keywords:** Thin-layer dryer Solar energy Performance Combine heating energy

\*Department of Science, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University,  
133 Tesaban Road 3, Amphur Muang, Yala 95000, Thailand. e-mail: Saniso.E@hotmail.com

## บทนำ

วัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ถั่ว ผัก ผลไม้ และอื่น ๆ เมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวจะเกิดปัญหาผลผลิตล้นตลาดส่งผลให้ราคาตกต่ำ และบางส่วนที่จำหน่ายไม่ทันเกิดการเน่าเสีย การแปรรูปโดยกระบวนการอบแห้ง (Drying process) เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ (1) เครื่องอบแห้งที่เข้ามามีบทบาทสำคัญส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้ก๊าซหุงต้ม ไฟฟ้า หรือน้ำมันเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งมีต้นทุนสูงมากในปัจจุบันและจะยังเพิ่มสูงขึ้นต่อไปอีกในอนาคต (2-4) ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแหล่งพลังงานทางเลือกมาทดแทน เช่น พลังงานชีวมวลจากขยะ มูลสัตว์ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนที่มีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีโดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยประมาณ 4-5 kW-hr/m<sup>2</sup>/day (5) ซึ่งเป็นพลังงานที่มากพอสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง (1) แต่การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรงตามลำพังอาจเกิดปัญหาที่ไม่เอื้อต่อการอบแห้ง เช่น ฝุ่นละออง แมลง และบางเวลาอาจมีฝนตกหากไม่สามารถเก็บกักได้ทันทีจะทำให้วัสดุที่ตากแห้งเกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ จึงควรมีการใช้ร่วมกับพลังงานอื่น ๆ (6)

การพัฒนาเครื่องอบแห้งที่มีแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนร่วมเพื่อช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมานับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง ดังเช่น ในงานวิจัยของ เซวาร์ เอื้อเพื่อ (7) ที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำแบบพลังงานหมุนเวียน (Low temperature dryer with re-energy) โดยนำอากาศร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (Solar collector) เข้าสู่ตู้อบด้วยพัดลม

หมุนเวียนอากาศ (Blower) ที่ทำหน้าที่ดูดอากาศร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มาสู่ตู้อบและนำอากาศร้อนที่ระบายออกส่วนหนึ่งกลับมาใช้ใหม่ โดยมีขดลวดความร้อนแบบครีบ (Fin heater) เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริมในกรณีที่พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีไม่เพียงพอ ทำนองเดียวกันกับ ซีระพล บุญธรรม (8) ที่ได้สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประยุกต์ซึ่งอาศัยแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับแผงรับความร้อนทำให้อากาศที่อยู่เหนือแผ่นรับความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นพร้อมกับเคลื่อนตัวเข้าห้องอบผ่านวัสดุที่จะอบแห้งตามชั้นต่าง ๆ แล้วนำพาความชื้นจากวัสดุที่อบแห้งออกไป ในขณะที่ จงจิตรี หิรัญลาภ (9) ได้ใช้ท่อนำอากาศร้อนที่เชื่อมต่อกับพัดลมเป่าอากาศขนาด 746 W ซึ่งสามารถให้ปริมาณลมสูงสุด 52 m<sup>3</sup>/s ทำหน้าที่เป่าอากาศจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เข้าเครื่องอบแห้ง และนำอากาศร้อนที่ผ่านการอบแห้งแล้วแต่ยังมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมกลับมาใช้ใหม่ โดยติดตั้งวาล์วปีกผีเสื้อที่ท่อนำอากาศและขดลวดความร้อนเพื่อปรับอัตราส่วนการนำอากาศร้อนกับการระบายอากาศออก

นอกจากนี้ ยังมีเครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (10) ซึ่งมีตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เป็นแผ่นเหล็กทาสีดำขนาด 300 m<sup>2</sup> ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านอากาศจะร้อนและมีอุณหภูมิประมาณ 40-90°C มีพัดลมดูดอากาศร้อนจากตัวรับแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปยังตู้อบแห้ง มีตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchange) จากอากาศอิมตัวไปสู่อากาศที่ตัวรับแสงอาทิตย์เมื่ออากาศร้อนมีไม่เพียงพอต่อการอบแห้ง และมีพลังงานเสริมจากไอน้ำร้อนที่ได้จากการต้มน้ำด้วยเชื้อเพลิงน้ำมันเตาและหม้อต้ม (Boiler) ซึ่งจะใช้เมื่อพลังงานจากแสง

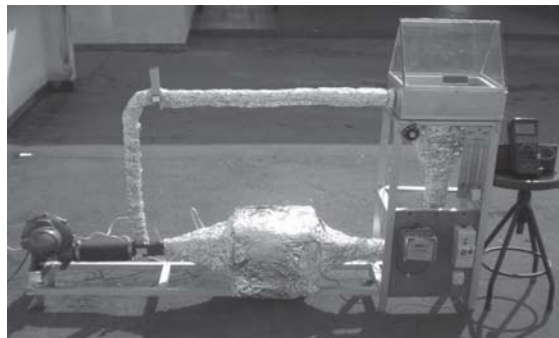
อาทิตย์มีไม่เพียงพอต่อการอบแห้ง

ปัจจุบันเครื่องอบแห้งได้มีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง อาทิเช่น การใช้ลมร้อนร่วมกับบี้มความร้อนอบแห้งข้าวเปลือก (11) การใช้ลมร้อนอบแห้งมันฝรั่งและส้มแขก (12-13) การอบแห้งข้าวเปลือกในที่เก็บด้วยลมร้อน (14) การอบแห้งพริกแดงด้วยลมร้อนร่วมกับแสงจากสปอร์ตไลท์ (15) การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยลมร้อนและไอน้ำร้อนยิ่งยวด (16) และการอบแห้งเส้นใยผ้าโดยใช้บี้มความร้อนของเครื่องปรับอากาศ (17) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และให้ประสิทธิภาพสูงสุด การวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วมระหว่างลมร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดสาธิตขึ้น ซึ่งน่าจะสามารเพิ่มอัตราการอบแห้งวัสดุอาหาร และผลผลิตทางการเกษตรได้ดีกว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้ก๊าซหุงต้ม ไฟฟ้า หรือน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานเพียงอย่างเดียว และยังสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้านฟิสิกส์พลังงาน และการวิจัยเพื่อพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้นต่อไป

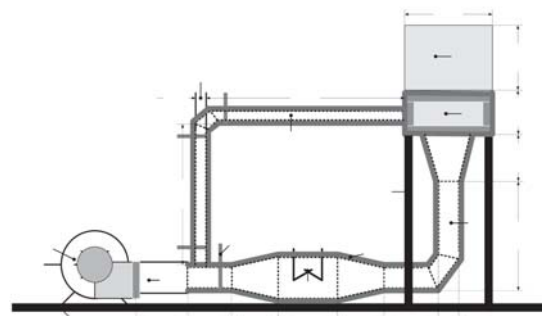
### วิธีการ

การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วม YRU-TLD#1(R&E) ทำได้โดยกำหนดให้ห้องอบแห้งเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่ภายในเท่ากับ  $330 \times 260 \times 120 \text{ mm}^3$  หลังคาเป็นกระจก (Sheet glass) หนา 3 mm ขนาด  $330 \times 180 \text{ mm}$  จำนวน 2 แผ่นประกบกันเป็นทรงหน้าจั่วทำมุม 60 องศาต่อกัน ทำหน้าที่รับรังสีแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในห้องอบแห้ง รวมทั้งช่วยป้องกันแมลงและฝุ่นละอองระหว่างการอบแห้ง โดยกำหนดความสูงของห้องอบแห้งเมื่อวัดจากคานรับประมาณ 550 mm มีท่ออัลลอยด์ (Alloy pipe) แผ่นสังกะสี (Sheet

zinc) และสแตนเลส (Stainless steel) เป็นโครงสร้างยึดติดกับโครงสร้างต่าง ๆ ได้แก่ ท่ออากาศ ห้องขดลวดความร้อน (ขดลวดความร้อนแบบขดยากันยุบ ; 132 mm/240 W) ห้องอบ พัดลมเป่าอากาศ (YAMAGUSHI Electric Blower ; KY-20/220 V/50 Hz) และอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เช่น มิเตอร์ไฟฟ้า (WATT-HOUR METER ; DD 28 / 220 V / 5(10) A / 50 Hz) อุปกรณ์ควบคุมความร้อนอัตโนมัติ (EGO Thermostat ; 50-300°C) และสวิตช์ตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ เข้ากับคานรับแล้วหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนโพลีเอทิลีน (M-PE Alumax ; R-Value 20 hr.ft<sup>2</sup>.°f/Btu) หนา 10 mm (ภาพที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้ง YRU-TLD#1(R&E)



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง YRU-TLD#1(R&E)

- |                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| (1) พัดลม             | (7) ห้องอบแห้ง                  |
| (2) ท่อนำอากาศเวดล้อม | (8) กระจกรับแสงอาทิตย์          |
| (3) วาล์วผีเสื้อ      | (9) ท่อนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ |
| (4) ขดลวดความร้อน     | (10) ท่อระบายอากาศออก           |
| (5) ฉนวนความร้อน      | (11) เสายึดห้องอบแห้ง           |
| (6) ท่อนำอากาศร้อน    | (12) คานรับ                     |



การทดสอบเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วม YRU-TLD#1(R&E) ทำได้โดยนำเครื่องไปทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้ง โดยเปิดสวิสท์ให้พัดลมเป่าอากาศทำงาน แล้ววัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ ขณะเข้าและออกจากขดลวดความร้อน และขณะเข้าห้องอบแห้งด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer ; DIGICON DA-41) ความละเอียด 0.1 m/s โดยทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วคำนวณค่าเฉลี่ย จากนั้นเปิดสวิสท์ให้ขดลวดความร้อนทำงานแล้วนำเครื่องวัดอุณหภูมิ (Digital Multimeter ; UNAOHM 9400) ความละเอียด 0.1°C ต่อเข้ากับสายเทอร์โมคัพเปิลชนิดเค (K Type Thermocouple) ที่ติดอยู่กับขดลวดความร้อนแล้วอ่านค่าอุณหภูมิ ซึ่งทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วใช้ค่าเฉลี่ย และวัดอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเมื่อกำหนดอุณหภูมิขดลวดความร้อนและความเร็วลมในช่วง 60-200°C และ 1-3 m/s ตามลำดับ โดยนำเครื่องวัดอุณหภูมิต่อเข้ากับสาย

เทอร์โมคัพเปิลที่ติดอยู่ภายในห้องอบแห้ง บันทึกค่าอุณหภูมิในห้องอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อมทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก

## ผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งชั้นบางพลังงานความร้อนร่วมระหว่างลมร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์ YRU-TLD#1(R&E) (ภาพที่ 1 และ 2) เมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องพบว่าขดลวดความร้อนสามารถให้อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ  $71 \pm 35^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่พัดลมเป่าอากาศสามารถให้ความเร็วลมสูงสุดเท่ากับ 113 m/s และค่าอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อทดสอบในที่ร่มและกลางแจ้งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อุณหภูมิในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วลมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแยกพิจารณาได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 อุณหภูมิของขดลวดความร้อน ห้องอบแห้ง และอุณหภูมิแวดล้อม เมื่อทดสอบในที่ร่ม

ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ	ขดลวดความร้อน <sup>(1)</sup>			ห้องอบแห้ง			แวดล้อม <sup>(2)</sup>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ความเร็วลม (m/s)	60	60	60	60	58	55	33	33	33
	80	80	80	75	74	70	36	35	35
	100	100	100	82	80	77	32	32	34
อุณหภูมิ (°C)	120	120	120	90	85	80	37	38	37
	140	140	140	101	97	92	35	36	37
	160	160	160	113	106	100	37	37	38
	180	180	180	127	120	105	37	38	37
	200	200	200	134	130	127	37	37	37
	ค่าเฉลี่ย						36		



ตารางที่ 2 อุณหภูมิของขดลวดความร้อน ห้องอบแห้ง และอุณหภูมิแวดล้อม เมื่อทดสอบที่กลางแจ้ง

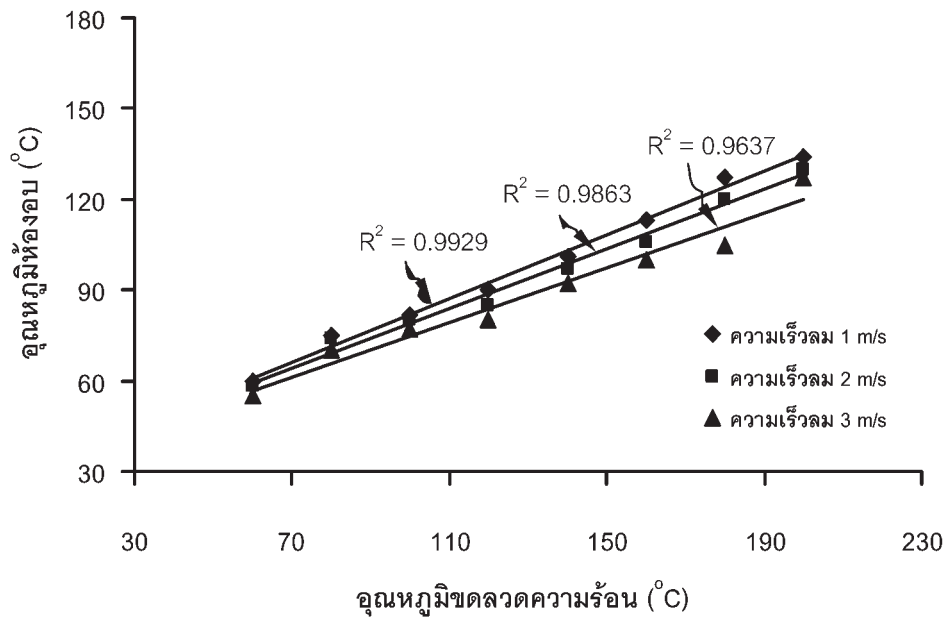
ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ	ขดลวดความร้อน <sup>(1)</sup>			ห้องอบแห้ง			แวดล้อม <sup>(2)</sup>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ความเร็วลม (m/s)	60	60	60	63	59	56	32	36	34
อุณหภูมิ (°C)	80	80	80	79	75	71	36	35	35
	100	100	100	101	92	85	32	35	36
	120	120	120	126	113	110	37	38	36
	140	140	140	137	120	110	35	36	37
	160	160	160	134	127	116	37	37	38
	180	180	180	141	129	122	37	38	37
	200	200	200	150	144	136	37	37	37
	ค่าเฉลี่ย								36

<sup>(1)</sup> อุณหภูมิของขดลวดความร้อน กำหนดโดยผู้ทดลองให้อยู่ในช่วง 60-200°C

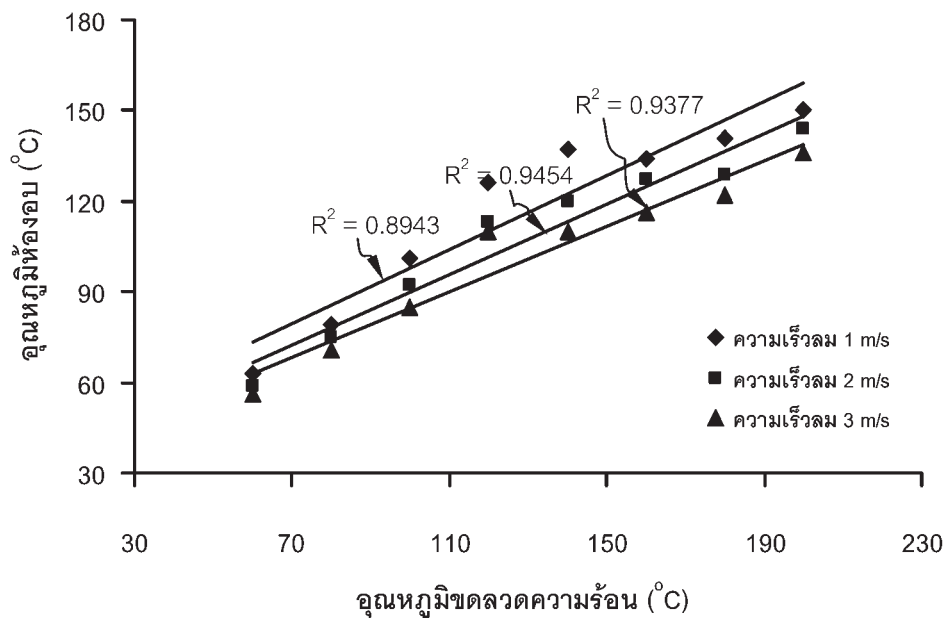
<sup>(2)</sup> อุณหภูมิแวดล้อม วัดขณะทดลองช่วงเวลา 09.00-15.30 น. วันที่ 20 เดือน ธันวาคม 2550 ถึง วันที่ 25 เดือน กุมภาพันธ์ 2551 ณ ชั้นดาดฟ้า อาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เมื่อทดสอบในที่ร่ม ซึ่งอุณหภูมิห้องอบแห้ง เกิดจากขดลวดความร้อนเพียงอย่างเดียวสามารถ แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่ ความเร็วลมต่างๆ ได้ดังภาพที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็น ว่า เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเพิ่มขึ้นจะส่ง ผลให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนอุณหภูมิของขดลวดความร้อนเท่ากับ 200°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ทดสอบ จะได้อุณหภูมิใน ห้องอบแห้งเฉลี่ยที่ความเร็วลม 1, 2, และ 3 m/s เท่ากับ  $130 \pm 4^{\circ}\text{C}$  โดยความเร็วลมจะมีอิทธิพล ต่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง กล่าวคือ เมื่อความ เร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลง ประมาณ  $4^{\circ}\text{C}$  เมื่อความเร็วลมเปลี่ยนจาก 1 m/s ไปเป็น 2 m/s และจะลดลงอีกประมาณ  $3^{\circ}\text{C}$  เมื่อ ความเร็วลมเปลี่ยนจาก 2 m/s ไปเป็น 3 m/s

เมื่อทดสอบที่กลางแจ้ง ซึ่งอุณหภูมิห้องอบแห้งเกิดจากขดลวดความร้อนและพลังงานแสง อาทิตย์สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใน ห้องอบแห้งที่ความเร็วลมต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความ เร็วเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่ม ขึ้นตามไปด้วยจนอุณหภูมิของขดลวดความร้อน เท่ากับ 200°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ทดสอบ จะได้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเฉลี่ยที่ความเร็วลม 1, 2, และ 3 m/s เท่ากับ  $143 \pm 7^{\circ}\text{C}$  โดยความเร็ว ลมจะมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง กล่าวคือ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นอุณหภูมิใน ห้องอบแห้งจะมีค่าลดลงประมาณ  $6^{\circ}\text{C}$  เมื่อความ เร็วลมเปลี่ยนจาก 1 m/s ไปเป็น 2 m/s และจะลด ลงอีกประมาณ  $8^{\circ}\text{C}$  เมื่อความเร็วลมเปลี่ยนจาก 2 m/s ไปเป็น 3 m/s



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของขดลวดความร้อนและห้องอบแห้งเมื่อทดสอบในที่ร่ม



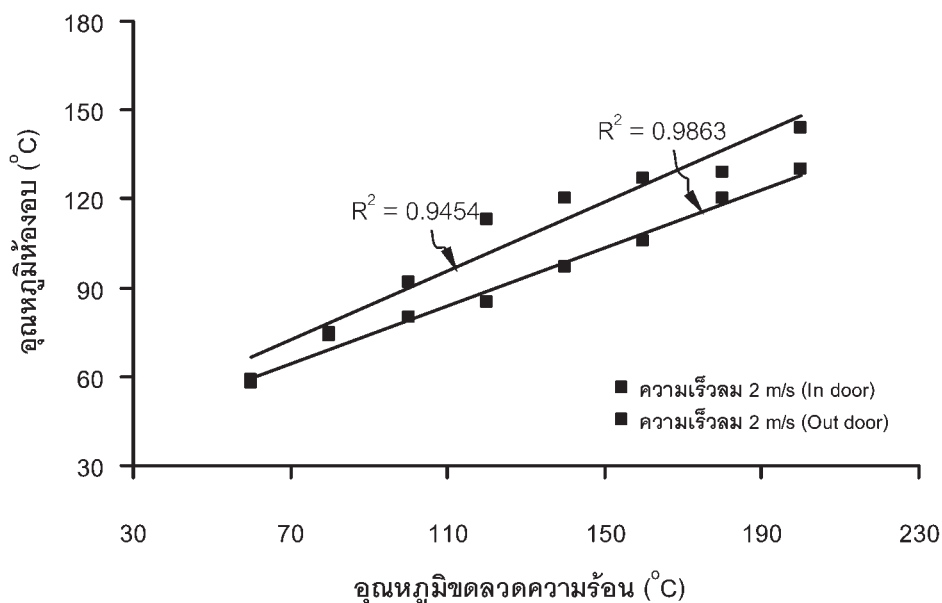
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของขดลวดความร้อนและห้องอบแห้งเมื่อทดสอบที่กลางแจ้ง

## วิจารณ์

จากผลการทดสอบเครื่องอบแห้งชั้นบาง YRU-TLD#1(R&E) ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น เมื่อพิจารณาโดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของขดลวดความร้อน อุณหภูมิในห้องอบแห้ง และความเร็วลม ทั้งการทดลองในที่ร่มและกลางแจ้ง พบว่า อุณหภูมิในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3 และ 4) โดยการทดลองในที่ร่มและที่กลางแจ้ง เมื่ออุณหภูมิของขดลวดความร้อนเท่ากับ  $200^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ทดสอบที่ความเร็วลม  $1\text{ m/s}$  จะได้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเท่ากับ  $134$  และ  $150^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วลม  $2\text{ m/s}$  จะได้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเท่ากับ  $140$  และ  $144^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และที่ความเร็วลม  $3\text{ m/s}$  จะได้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเท่ากับ  $127$  และ  $136^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ที่อุณหภูมิของขดลวดความร้อนเดียวกันอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น และการทดลองที่กลางแจ้งจะมีอุณหภูมิในห้องอบแห้งสูง

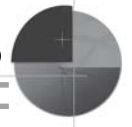
กว่าการทดลองในที่ร่มประมาณ  $16$ ,  $14$  และ  $9^{\circ}\text{C}$  ที่ความเร็วลม  $1$ ,  $2$  และ  $3\text{ m/s}$  ตามลำดับ ผลดังกล่าวคล้ายกับรายงานการวิจัยของ สมชาติ โสภณ รณฤทธิ์ (1) และการทดลองของ Ibrahim (12) George et al. (14) Sami et al. (15) และชรินทร์ เกษม และชโลธร ธรรมแท้ (17)

ความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง จะเห็นได้ชัดเจนที่อุณหภูมิของขดลวดความร้อนสูง ๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความเร็วลมเป็นตัวการหนึ่งที่ควบคุมความร้อนที่จะผ่านเข้าไปในห้องอบแห้ง กล่าวคือ เมื่อใช้ความเร็วลมที่สูงขึ้นจะทำให้ขดลวดความร้อนมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากช่วงเวลา that อากาศแวดล้อมสัมผัสกับขดลวดความร้อนลดลง ส่งผลให้อากาศร้อนที่ผ่านเข้าไปภายในห้องอบแห้งมีความชื้นสูงกว่าอากาศร้อนที่ผ่านเข้าไปเมื่อความเร็วลมต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการทดลองที่กลางแจ้งจะให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงกว่าการทดลองในที่ร่มทุก ๆ ความเร็วลมที่ใช้ทดสอบ เนื่องจากที่กลางแจ้งห้องอบแห้งจะได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย (ภาพที่ 5) และเครื่องอบ



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิของขดลวดความร้อนและห้องอบแห้งเมื่อทดสอบในที่ร่มและที่กลางแจ้ง





แห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรได้เพราะสามารถให้อุณหภูมิและความเร็วลมอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร คือ 40-80°C และ 0.5-2.5 m/s ตามลำดับ (1, 11-14, 18)

จากผลการวิจัยดังกล่าวพอที่จะเสนอแนะได้ว่า ตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นควรมีช่องระบายอากาศเพื่อให้ไอน้ำสามารถถ่ายเทออกไปได้และควรแยกส่วนรับรังสีแสงอาทิตย์ออกจากห้องอบแห้งทำเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) แล้วต่อท่อนำอากาศร้อนเข้าห้องอบ การติดตั้งขดลวดความร้อนควรใช้ฉนวนกันระหว่างขดลวดความร้อนกับผนังห้องขดลวดและใช้สายไฟฟ้าที่ทนความร้อนสูงประมาณ 500-1,000°C เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิขดลวดความร้อนไหม้และไฟฟ้าลัดวงจร และควรใช้อุปกรณ์ควบคุมความร้อนอัตโนมัติ (Thermostat) ที่มีความไวสูง ๆ จะทำให้การควบคุมความร้อนในห้องอบแห้งมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อิศริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ ที่ช่วยตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนรายงานวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์สุนิตย์ โจรจนสุวรรณ และอาจารย์เชิดตระกูล หอมจำปา ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

- สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ : การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร. 338 หน้า, 2540.
- \_\_\_\_\_ .สถานการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง. นโยบายพลังงาน (77) : 34-50, 2550.
- \_\_\_\_\_ .สถานการณ์พลังงานไทยในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2550. นโยบายพลังงาน (77) : 18-33, 2550.
- บัณฑิต พงษ์ธรรมสาร จำนง สรพิพัฒน์ สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ อำนาจ ชิดไธสง สุรินทร์ พิพัฒน์มโนมัย นวดล เหล่าศิริพจน์ และ อธิคม บางวิวัฒน์ : ทางเลือกพลังงานเพื่อดับโลกร้อน. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม. วี วิชช, กรุงเทพมหานคร. 192 หน้า, 2550.
- ชาย ชีวะเกตุ และ ชนาัญญ บัวเขียว. การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์. อ้างเมื่อ 3 พฤษภาคม 2551. สืบค้นจาก URL: <http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html>.
- Sakai, N. and Hanzawa, T. : Application and advances in far-infrared heating in Japan. Trends in Food Science & Technology. 5 : 357-362, 1994.
- เชาวน์ เอื้อเฟื้อ : เครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำแบบพลังงานหมุนเวียน. วารสารเทคโนโลยี 23 (2) : 3-4, 2545.
- ธีระพล บุญธรรม : เครื่องพลังงานแสงอาทิตย์ประยุกต์. วารสารเทคโนโลยี 21(4) : 1-2, 2543.
- จงจิตร หิรัญลามก : เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบสำเร็จรูป. จดหมายข่าว 4 (2) : 1-6, 2539.
- ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร : เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. อ้างเมื่อ 28 เมษายน 2551. สืบค้นจาก URL: [http://www.eeit.or.th/articles/sun\\_stove/stove.html](http://www.eeit.or.th/articles/sun_stove/stove.html).
- Best, R., Cruz, J. M., Gutierrez, J. and Soto, W. : Experimental results of a solar assisted heat pump rice drying



- system. WREC : 690-694, 1996.
12. Ibrahim, D. : Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78(2007) : 1291–1297, 2007.
  13. Waigoon, R. and Chairat, S. : Drying Characteristics of *Garcinia atroviridis*. *Walailak J. Sci & Tech* 3(1) : 13-32, 2006.
  14. George, S., Srzednicki, Ruili, H. and Robert, H. : Driscoll development of a control system for in-store drying of paddy in Northeast China. *Journal of Food Engineering* 77(2006) : 368–377, 2006.
  15. Sami, K., Abdelhamid, F., Abdelhamid, F. and Ali, B. : Drying of red pepper in open sun and greenhouse conditions Mathematical modeling and experimental validation. *Journal of Food Engineering* 79(2007) : 1094–1103, 2007.
  16. Wathanyoo, R., Adisak, N., Warunee T. and Somchart, S. : Comparative study of fluidized bed paddy drying using hot air and superheated steam. *Journal of Food Engineering* 71(2005) : 28–36, 2006.
  17. ชรินทร์ สังข์เกษม และ ชโลธร ธรรมแท้ : การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งเส้นใยผ้าโดยใช้ป้อนความร้อนของเครื่องปรับอากาศ. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, 11-13 พฤษภาคม 2548 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี, AE05 หน้า 1-5.
  18. สุภวรรณ ภูริระวินิชย์กุล : อุปกรณ์ศึกษาอัตราการอบแห้งเมล็ดพืชชั้นบาง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 54 หน้า, 2536.