O-CT13

การเพิ่มสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระดาษทรายสีดำ

Enhancement of Solar Dryer Performance using the Black Sand Paper

คมเพ็ชร อินลา,ปฏิวัติ วรามิตร และบัณฑิต กฤตาคม

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000

E-mail: bundit.kr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสมรรถนะดีกว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรุ่น SD - 050 ตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบแผ่นเรียบซึ่งเลือกใช้กระดาษทรายสีดำเป็นตัวดูดซับความร้อน และโครงสร้างของตู้อบแห้งจะไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ ในการวิจัยจะดำเนินการ 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะทดสอบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของกระดาษทรายสีดำจำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ เบอร์ 30,40 และ 60 เพื่อหากระดาษทรายสีดำที่มีคุณสมบัติในการรับรังสีความร้อนได้สูงสุด จากการทดลองพบว่า กระดาษทรายสีดำเบอร์ 40 (NO#40) มีอุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ NO#40 สำหรับขั้นตอนที่ 2 จะทำการติดตั้ง NO#40 ในตู้อบแห้งและทำการเปรียบเทียบกับตู้อบแห้ง รุ่น SD - 050 ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำสูงกว่ารุ่น SD - 050 ทุกช่วงเวลาการทดลอง เนื่องจากอิทธิพลการรับรังสีและการแผ่รังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้กล้วยน้ำหว้า พบว่าการลดลงของค่าอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) ในกรณีตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำใช้เวลาเร็วกว่ากรณีตู้อบแห้ง รุ่น SD - 050 ซึ่งแสดงถึง ความสามารถในการอบแห้งที่ดีกว่า

คำสำคัญ: ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์, กระดาษทรายสีดำ, การถ่ายเทความร้อน

1. บทนำ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่พบมากที่สุดที่ใช้ในการเก็บรักษาสินค้าเกษตรเนื่องจากมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งานแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ จึงมีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรหลายท่าน [1-5] ได้วิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ [6]ได้แก่ 1) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดูดกลืนทางตรง 2) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อมหรือแบบการพาความร้อนและ 3) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมพลังงานทางตรงและทางอ้อม สำหรับประเภทแรก ผลิตภัณฑ์ถูกทำให้ร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ประเภทที่สองคือผลิตภัณฑ์จะสัมผัสอากาศที่อุ่นและให้ความร้อนโดยการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์หรือการแลกเปลี่ยนความร้อน และประเภทสุดท้ายเป็นการรวมกันของสองวิธีโดยที่ผลิตภัณฑ์จะสัมผัสกับดวงอาทิตย์และการไหลของอากาศอุ่น

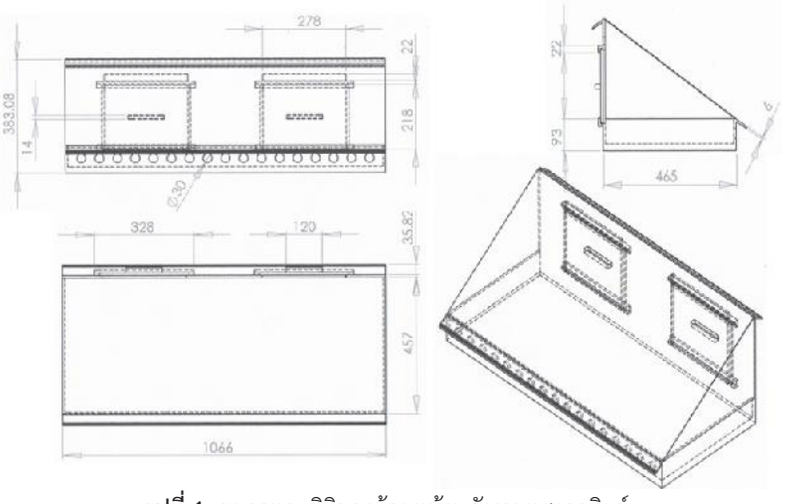
จากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบในงานวิจัยนี้จึงสนใจตู้อบแห้งแบบที่ 2 ซึ่งตู้อบแห้งสามารถแบ่งประเภทตามรูปแบบของการไหลของอากาศในตู้อบแห้งได้ 2แบบคือ แบบการพาความร้อนแบบบังคับและการพาความร้อนตามธรรมชาติ จากข้อดีที่ตู้อบแห้งแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติไม่ต้องใช้พลังงานจากแหล่งใดมาช่วยนำพาอากาศเข้าสู่ตู้อบแห้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงได้ทำการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนตามธรรมชาติขึ้นมาและนำ ออกจำหน่ายให้กับผู้สนใจเพื่อนำไปใช้งานภายในครัวเรือนได้จริง จำนวน 3 รุ่น ได้แก่ รุ่น SD-025ขนาด 45x 57 เซนติเมตร,รุ่น SD-050 ขนาด 45x 108 เซนติเมตร และ รุ่น SD-165 ขนาด 110x 150 เซนติเมตร [8] ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของ กฟผ. นี้แม้ว่ามีความทนทาน เนื่องจากทำมาจากสแตนเลส เคลื่อนย้ายได้สะดวก แต่ก็ยังมีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำและมีราคาค่อนข้างสูงสำหรับเกษตรกร

จากข้อเสียดังกล่าวข้างต้นกลุ่มผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญและปัญหาจึงมีแนวคิดที่จะสร้างและออกแบบตู้อบแห้งเอนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดปริมาณการใช้พลังงาน ประหยัดต้นทุนการผลิตให้ลดน้อยลง และมีราคาถูกสามารถหาซื้อหรือสร้างเองได้อย่างสะดวก ด้วยเหตุนี้กระดาษทรายสีดำ จึงถูกนำมาใช้เพื่อตัวรับรังสีความร้อน หรือกักเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขนาดและโครงสร้างของตู้อบเท่ากับตู้อบแห้งรุ่น SD-050 ของ กฟผ. นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้งานจริง ซึ่งเป็นการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับตู้อบ รุ่น SD-050ของ กฟผ. เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการอบแห้งของตู้อบที่สร้างขึ้น

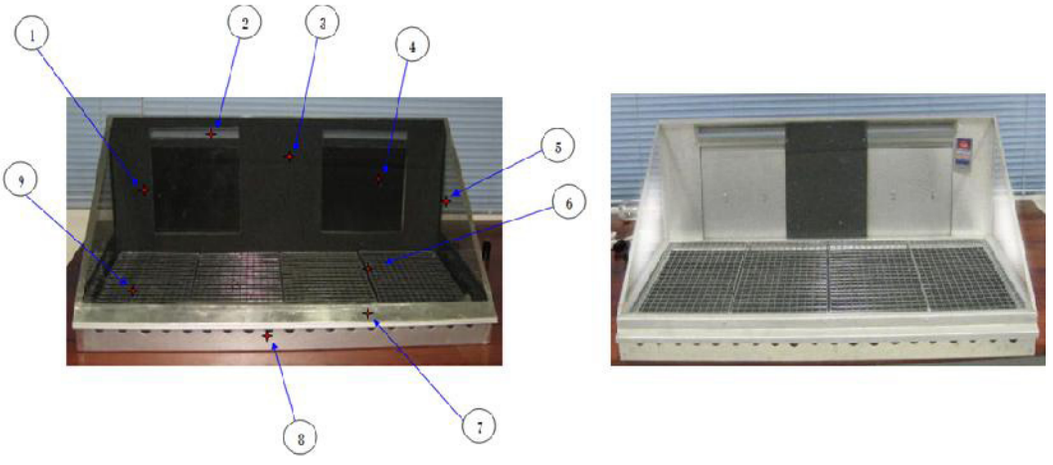
2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงขนาดและมิติของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 ของ กฟผ. เพื่อให้เข้าใจในการศึกษาครั้งนี้ ภาพถ่ายและรายละเอียดของโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำ ได้แสดงในรูปที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้ 1) กระจกป้องกันฝุ่นละอองและการสูญเสียความร้อน 2) ช่องระบายความชื้น3) แผ่นรับรังสีจากดวงอาทิตย์ 4) ช่องใส่ผลิตภัณฑ์ 5) กระจกด้านข้างดังพื้น 6) กระดาษทรายสีดำเป็นตัวรับพลังงานจาดแสงอาทิตย์ 7) กันสาด 8) ช่องอากาศภายนอกไหลเข้า และ 9) ตะแกรงสำหรับวางวัตถุดิบ ในที่นี้คือ กล้วยน้ำหว้า



รูปที่ 1: ขนาดและมิติของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



(ก) (ข)

รูปที่ 2: รายละเอียดของตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้ง รุ่น SD- 050ของ กฟผ.

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกการทดสอบการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ของกระดาษทรายจำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ เบอร์ 20, 30และ 40เพื่อหากระดาษทรายสีดำที่มีสมบัติในการรับรังสีความร้อนได้สูงสุดขั้นตอนที่ 2 จะทำการติดตั้งกระดาษทรายในตู้อบแห้งซึ่งเลือกเบอร์ที่มีความสามารถรับรังสีความร้อนได้สูงสุด พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตู้อบกับตู้อบแห้งรุ่น SD- 050 ของกฟผ. และขั้นตอนสุดท้ายทำการอบแห้งกล้วยน้ำหว้า เพื่อค้นหาความสามารถในการอบแห้งของตู้อบแห้งนี้ โดยจะใช้กล้วยน้ำหว้าจำนวน 10 ลูกต่อการอบหนึ่งครั้ง ให้มีมวลสุดท้ายของการอบแห้งประมาณ20 กรัม ซึ่งเป็นมวลโดยเฉลี่ยของกล้วยอบแห้งที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป

3 อัตราส่วนความชื้น (MR)

เพื่อระบุการทำงานของอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้งรุ่น SD-050 (กฟผ.) ค่าอัตราส่วนความชื้น (MR) ในการอบแห้งพื้นฐานถูกนำมาใช้และเขียนใหม่ไดคือ [9]

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้นในเวลาที่กำหนด

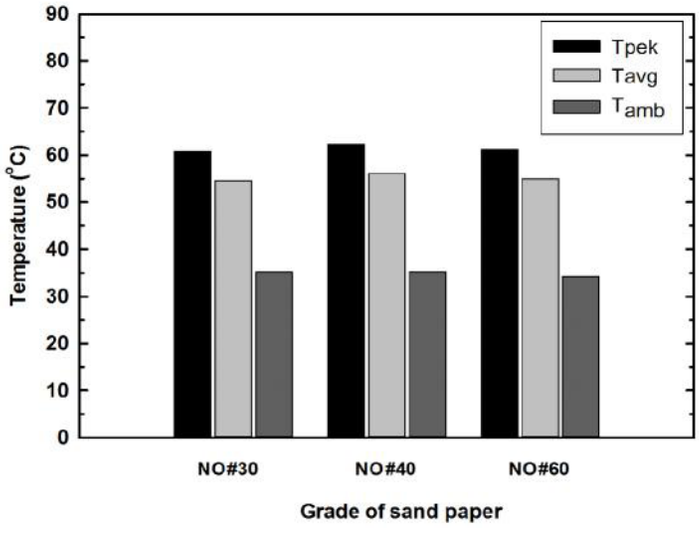
M_e คือ ปริมาณความชื้นสมดุล

M_i คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น

4. ผลการทดลอง

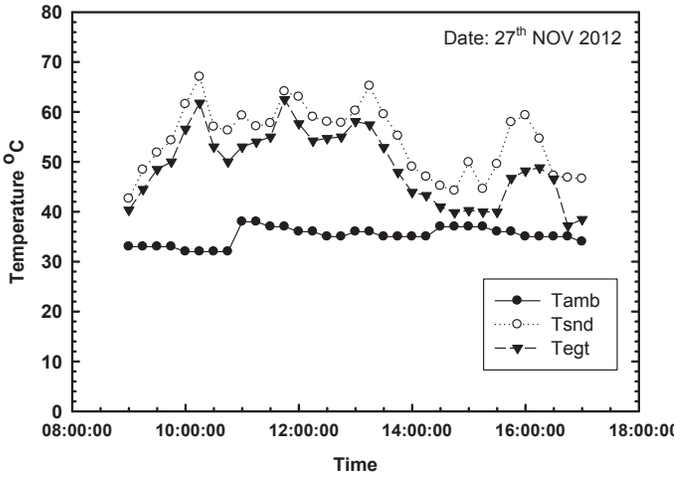
4.1 วิธีการเลือกกระดาษทรายสีดำ

รูปที่ 3แสดงการเปรียบเทียบของกระดาษทรายสีดำที่ใช้ในการทดสอบรับพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ #30 #40 และ #60 ตามลับดับ โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในช่วงระหว่างวันที่ 19 ถึง 25 พฤศจิกายน 2555 จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงสุด (T_{peak}) และอุณหภูมิเฉลี่ย (T_{avg})ตลอดวันจากทั้ง 7 วันของกระดาษทราย NO#40จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 62.3 และ 52.3 °C ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 7 วัน คืออยู่ในช่วง30 – 37 °Cดังนั้นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจึงเลือกใช้กระดาษทรายสีดำ NO#40เป็นตัวรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์



4.2อุณหภูมิเฉลี่ยภายในของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

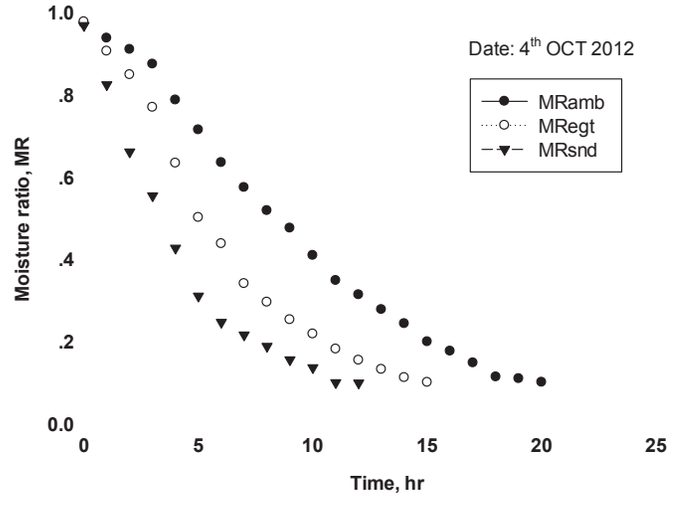
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้งรุ่น SD-050ของ กฝผ.ในวันที่27พฤศจิกายน2555ซึ่งจะใช้เวลาในการทดลองตั้งแต่ 9.00–17.00 นาฬิกา ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดวันประมาณ 12.28MJ/m^2 และมีอุณหภูมิของบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) ในวันดังกล่าว อยู่ในช่วง32 - 38°Cรูปที่4พบว่าอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทราย (T_{sand}) มีระดับสูงกว่าอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 (T_{egat}) ทุกช่วงเวลา สามารถอธิบายได้ด้วยความสามารถและอิทธิพลการรับรังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง ส่งผลให้มีการถ่ายเทความร้อนโดยเฉพาะการแผ่รังสีได้มากกว่าตู้อบแบบ SD-050 และช่วงเวลาที่ตู้อบแห้งด้วยกระดาษทรายสีดำมีอุณหภูมิสูงสุดของวันที่ 27 กันยายน 2555 อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 10.00-14.00 นาฬิกา ผลเช่นนี้เป็นไปตามปรากฏการณ์ธรรมชาติของดวงอาทิตย์ กล่าวคือเป็นช่วงเวลาที่รังสีแสงอาทิตย์มีความเข้มสูงสุด



รูปที่ 4: อุณหภูมิเฉลี่ยภายในของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ วันที่27พฤศจิกายน 2555

4.3 อัตราส่วนความชื้น (MR) ในกระบวนการอบแห้งของกล้วยน้ำหว้า

รูปที่ 5แสดงแสดงอัตราส่วนความชื้น (MR) ที่เปลี่ยนไปของกล้วยน้ำหว้าเมื่อเทียบกับเวลา (ข้อมูลของวันที่ 4 ธันวาคม 2555) พบว่า MR ของทั้ง 3 กรณี จะลดลงตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งทั้ง 3 กรณี จะเห็นได้เด่นชัดว่าอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าด้วยตู้อบแห้งกระดาษทรายสีดำ (MR_{sand}) ลดลงรวดเร็วที่สุด ตามมาด้วยอัตราส่วนความชื้นจากตู้อบแห้งรุ่นSD-050 (MR_{egat}) และอัตราส่วนความชื้นจากการตากแห้งตามธรรมชาติ (MR_{amb}) ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอบแห้งได้เร็วและดีกว่าของตู้อบแห้งที่ใช้กระดาษทรายสีดำเป็นตัวช่วยรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 5: อัตราส่วนความชื้น (MR) ที่เปลี่ยนไปของกล้วยน้ำหว้าเทียบกับเวลา

4.4 การเปรียบเทียบกายภาพและสมรรถนะของตู้อบแห้ง

ตารางที่1แสดงการเปรียบเทียบกายภาพและสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง2แบบซึ่งพบว่าตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีข้อดีกว่าตู้อบแห้งรุ่นSD-050ได้แก่มีราคาต่ำกว่ามีอุณหภูมิสูงสุด (Peak temperature) ภายในตู้อบที่สูงกว่า

ตารางที่ 1: การเปรียบเทียบระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำกับตู้อบแห้งรุ่น SD-050

รายการ	ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำ	ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต
1. ราคาการผลิต	2,327 Bath Thai	3,400 Bath Thai
2. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง	55.4°C	49.9°C

5.สรุปผลการทดลอง

1. อุณหภูมิเฉลี่ย (T_{avg}) และอุณหภูมิสูงสุด (T_{pek}) ของกระดาษทรายสีดำเบอร์ 40(NO#40) ที่ทำการวัดในช่วงเวลา 9.00 –17.00 นาฬิกา เป็นเวลา 7 วัน มีค่าสูงกว่ากระดาษทรายทุกเบอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 40(NO#40) เป็นตัวรับรังสีความร้อนหรือพลังงานแสงอาทิตย์

2. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งสูงกว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นSD–050 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและการตากแห้งตามธรรมชาติทุกช่วงเวลาเนื่องจากอิทธิพลการรับรังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง

3. อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าด้วยตู้อบแห้งกระดาษทรายสีดำ (MR_{sand}) ลดลงรวดเร็วที่สุดตามมาด้วยอัตราส่วนความชื้นจากตู้อบแห้งรุ่นSD-050 (MR_{egat}) และอัตราส่วนความชื้นจากการตากแห้งตามธรรมชาติ (MR_{amb}) ตามลำดับ

4. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีต้นทุนในการจัดสร้างต่ำกว่าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นSD–050ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและส่วนประกอบของโครงสร้างตู้อบชนิดกระดาษทรายจะไม่มีการใช้โลหะ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้และสาขาวิชาวิศวกรรมแปรสภาพหลังการเก็บเกี่ยว ที่ได้อนุเคราะห์ให้ยืมตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต รุ่น SD-050 เพื่อใช้ทำการทดลองและสถานีทดลองใช้น้ำประปาเขต 3 (ห้วยบ้านยาง) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวทางด้านอุตุนิยมวิทยา นอกจากนี้ขอขอบนายสุวัฒน์ ป้องนอก นายสมพงษ์ ชิดสูงเนิน และนายดนุพล พินิจมนตรี นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งอยู่ภายในห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน (Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory, DiTo-Lab) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ช่วยเก็บข้อมูลการทดลองบางส่วนจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์,2531,“การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และตัวรับรังสี. กรุงเทพมหานครสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี”

[2] ทนงศักดิ์วัฒนา,2554,“การอบแห้งและการประยุกต์ใช้งานเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”.จาก http://thailandindustry.com/guru/view.php?id= 13208&section =9&rcount=Y[25 ตุลาคม2554]

[3] บงกชประสิทธิ์, อนันต์พงศ์ธรกุลพานิช, 2550, “การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษเยื่อกล้วย”การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3, 23-25 พฤษภาคม2550 โรงแรมใบหยกสกายจังหวัดกรุงเทพฯ, ENETT2550-010.

[4] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2554, “ส่วนประกอบของกระดาษทราย”จากhttp:// www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php[25ตุลาคม2554]

[5] สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร, 2553, “โรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผา” จากhttp://www.rubberthai.com/rubberthai/ index.php?option=com_content&view=article&id =11390:-11072554&catid=10:2010-05-04-03-57-14[25ตุลาคม2554]

[6] เสริม จันทร์ฉาย, พูลศักดิ์อินทวี, จำนงธำรงมาศ, ยงยุทธ์สวัสดิสวนีย์, วาสนาคำวงศ์สา, ประสานปานแก้วและคณะ, 2550, “สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบม. ศิลปากรในการอบแห้งขิง: การทดลองที่ประเทศไทยและประเทศ Sierra Leone ทวีปแอฟริกา”. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3, 23-25พฤษภาคม2550โรงแรมใบหยกสกายจังหวัดกรุงเทพฯ, ENETT2550-140.

[7] สุขฤดี สุขใจ, 2535, “สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนและแบบต่อเนื่อง”วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธรบุรี

[8] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย , 2554, “ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์” จาก http://www2.egat.co.th/re/egat_business/egat_dryer/egat_dryer.htm [25 ตุลาคม2554]

[9] Strumillo, C.,Kudra T., 1986, “Drying Principles,” Applications and Design. Gordon and Breach, New York.