

อิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศ ภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

Effect of aspect ratio on efficiency of airflow circulation inside solar dryer

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา^{*1} อัมไพศักรดี ทีบุญมา²

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ 3200

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Praphanpong Somsila^{*1} and Umphisak Teeboonma²

¹Faculty of Agriculture and technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus

Amphur Muang, Surin 32000

²Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani, 34190

Tel: 0-4415-090 E-mail: p.somsila@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ ขนาดของอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่ทางเข้ากับทางออก ได้แก่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 และฟลักซ์ความร้อน 400, 600 และ 800 W/m² โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ คือ ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ผลจากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.99 ที่อัตราส่วนสมมูล 2 และฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และค่าน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.92 ที่อัตราส่วนสมมูล 0.5 และฟลักซ์ความร้อน 400 W/m² นอกจากนี้ยังพบอีกว่าอัตราส่วนสมมูล และฟลักซ์ความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

คำหลัก อัตราส่วนสมมูล ฟลักซ์ความร้อน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศ

Abstract

The factor effect on air flow inside the solar dryer was studied in order to guide the design and construction of solar dryer high performance. The aspect ratios at 0.5, 1, 1.5 and 2 and heat flux at 400, 600 and 800 W/m² were investigated. The efficiency at air flow circulation is the criterion of this study. From the study results, the maximum of air flow circulation inside dryer is 61.99% at the condition aspect ratio 2 and heat flux 800 W/m². The minimum of air circulation efficiency inside solar dryer is 18.92% at the condition aspect ratio 0.5 and heat flux 400 W/m². Furthermore, it was found that the air circulation efficiency inside solar dryer increases with increment of aspect ratio and heat flux.

Key words: Aspect ratio, heat flux, solar dryer, air circulation efficiency

1. บทนำ

เครื่องอบแห้งที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องอบแห้งที่มีใช้พลังงานเชิงพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่ เช่น แก๊สหุงต้ม ไฟฟ้า และน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับภูมิประเทศ การตากแดดโดยตรงเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่มักจะเกิดปัญหาในเรื่องของฝน ฝุ่นละออง แมลง และเชื้อรา เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เข้ามา มีบทบาทช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในปัจจุบันพบว่าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่เกษตรกรใช้อยู่มี ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผลของประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิภายใน เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ไม่เหมาะสม ที่ผ่านมามี นักวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับเครื่องอบแห้ง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

อาณาจักร ศรีสระคู และ ธงชัย ฟองสมุทร [1] ได้ ศึกษาการจำลองการอบลำไยด้วยวิธีคำนวณพลศาสตร์ของไหลเปรียบเทียบกับผลการทดลอง จากการศึกษาพบว่าที่ อุณหภูมิการอบ 75 °C และร้อยละการเปิดช่องปล่องอากาศ ทิ้งเท่ากับ 95 ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด และผลจากแบบจำลองการไหลมีความสอดคล้องเป็นอย่างดี กับผลการทดลอง ณัฐพล วิทยานุกาญ [2] ได้ศึกษาการ จำลองและการปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศ ภายในเตาอบยางพาราโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล พบว่าขนาดช่องลมและความสูงของห้องพัดลมมีผลต่อการ กระจายตัวของความเร็วของอากาศ โดยช่องลมขนาด 0.7 ถึง 0.8 m และที่ความสูงของห้องพัดลม 1.4 m จะทำให้ ความเร็วของอากาศบริเวณทางเข้ามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.0 m/s

เสริม จันท์ธนาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด [3] ได้ทำการ ทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ แบบอุโมงค์ลมที่ใช้กระจกปิด ตัวเครื่องมีขนาด 1.22 x 12.2 m² ผลผลิตกัณฑ์ในการอบแห้งคือ กล้วยน้ำว่าสุกที่มีมวลรวม 35-55 กิโลกรัม พบว่า อุณหภูมิของอากาศในห้องอบแห้งมี ค่าระหว่าง 40-70 องศาเซลเซียส โดยแห้งเร็วกว่าการตาก แดดตามธรรมชาติ 1-2 วัน สุขฤดี นาถกรณกุล และบงกช ประสิทธิ์ [4] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ที่มีสมรรถนะทางด้านความร้อนสูงร่วมกับความร้อนเสริม

จากระบบแก๊สชีวภาพ(biogas system) จากการทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย ร้อยละ 54.9 ประสิทธิภาพของระบบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบ อุโมงค์เมื่อผลิตกัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบเป็น กล้วยน้ำว่า พริก มะม่วงแช่ห่อเท่ากับร้อยละ 42.8, 33.4, และ 76.9 ตามลำดับ

วิฑูรย์ อบรม และคณะ [5] ศึกษาสมรรถนะของตู้อบ แห้งแสงอาทิตย์ระหว่างมีและไม่มีลูกระบาย จากผลการ ทดลองพบว่า กรณีมีลูกระบายอากาศจะให้ประสิทธิภาพสูง กว่ากรณีไม่มีลูกระบายอากาศประมาณร้อยละ 10 และหาก ความสูงของปล่องระบายอากาศสูงขึ้นไป 2 เมตรจะทำให้การ ระบายของน้ำในวัสดุดีขึ้นประมาณร้อยละ 20 ของกรณีไม่ เพิ่มความสูงของปล่องระบายอากาศ ณัฐพล ศรีสิทธิ์โภกกุล [6] ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้ง สมุนไพรและเครื่องเทศ ขนาด 1.25 x 2.44 x 0.75 m³ จาก ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งนี้สามารถอบแห้งดอก กระจับและพริกจำนวน 200 kg ให้แห้งภายในเวลา 3 วัน

อดิพงษ์ นันทพันธ์ และคณะ [7] ได้ศึกษาการประหยัด พลังงานของเตาอบแห้งลำไยแบบเบด โดยใช้ชุดสารดูด ความชื้นแบบถาดลดความชื้นของอากาศก่อนเข้าห้องเผา ไหม้และทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเตาอบแห้งลำไยแบบ ดั้งเดิม ใช้ลำไยสดหนักประมาณ 2,000 kg ทดสอบการ อบแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 80 °C ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง ประมาณ 60 ชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าสามารถประหยัด ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้ 0.18 บาทต่อกิโลกรัม ลำไยสด โดยเตาอบแห้งลำไยที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพมากกว่าเตา อบแห้งลำไยแบบปกติร้อยละ 4.06

สุทธิชัย ภมรสมิต และคณะ [8] ได้ทำการศึกษา สมรรถนะเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดโดย เปรียบเทียบกับผลการทดลองอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง แสงอาทิตย์ และการตากแดดโดยตรง เพื่อศึกษาผลของรังสี อินฟราเรดโดยทำการอบแห้งปลานิล ผลการทดลองพบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อ่ำไพศักดิ์ ที่บุญมาและคณะ [9] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งด้วยเครื่อง อบแห้งแสงอาทิตย์ร่วมกับอินฟราเรด โดยทำการ เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และการตากแดด โดยตรง พบว่า การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ร่วมกับอินฟราเรดใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้น และให้อัตราการ

อบแห้งสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการตากแดดโดยตรง

บงกช ประสิทธิ์ [10] ได้ทำการศึกษาค่าการใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์แปรูปผลผลิตทางการเกษตรร่วมกับระบบแก๊สซีไฟเออร์ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์เท่ากับ 58 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี

Ben Richard และ Michael Oates [11] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข เปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยใช้วิธี Finite volume method โมเดลความปั่นป่วนใช้ The RNG k-epsilon model พบว่าสามารถแก้ปัญหาจุดหม่นวน ลดเวลาในการอบแห้งลง ความจุของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการอบแห้งเพิ่มขึ้น

Seres และ Farkas [12] ได้ศึกษารูปแบบการไหลของอากาศภายในตู้อบผลไม้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้การวัดตรวจสอบความเร็วอากาศช่วงสั้น ซึ่งใช้การจำลองการไหลของอากาศเปรียบเทียบกับผลการทดลอง สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ ANSYS ผลจากการศึกษาพบว่า การศึกษาในแบบ 2 มิติจะให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองมากกว่า 1 มิติ ได้เป็นอย่างดี

Li และคณะ [13] ทำการศึกษาอบแห้งผลไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดโดยตรง พบว่าอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 45-55 °C โดยสามารถอบแห้งได้ในระยะเวลา 15 วัน หากตากแดดต้องใช้เวลาทั้งสิ้น 48 วัน

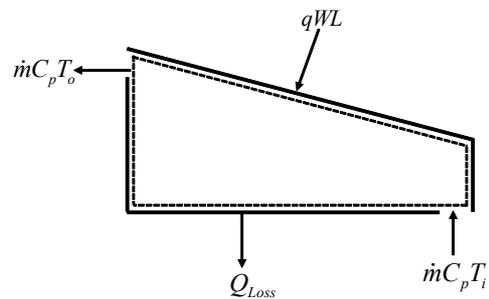
Pangavhane และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาออกแบบสร้างและทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เพื่ออบแห้งผลไม้และพืชผักต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้นได้เลือกใช้อุ่นเป็นตัวอย่างในการทดลอง พบว่า เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งอยู่ระหว่าง 50-55 °C สามารถอบแห้งได้แล้วเสร็จภายใน 4 วันสามารถลดระยะเวลาจากเดิมซึ่งต้องใช้เวลาในการตากแดด 7 วัน

Wanguangsatit [15] ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ชนิดมีปล่องความร้อน จากการทดลองพบว่าขนาดความสูงของปล่องที่มีความเหมาะสมต่อการอบแห้งของเครื่องนี้คือ 5 m

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ไม่มีการศึกษาผลของอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่ทางเข้าและทางออกที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่ทางเข้าและทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ และฟลักซ์ความร้อน ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการกระจายอุณหภูมิและการไหลเวียนอากาศอย่างสม่ำเสมอ อาจจะไปสู่การมีประสิทธิภาพในการอบแห้งที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิและการไหลเวียนอากาศกรณีที่ยังไม่มีผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งแต่อย่างใด โดยที่การศึกษาในลำดับถัดไปจะเป็นการนำผลดังกล่าวไปทำการต่อยอดเพื่อศึกษาในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบแห้งต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์สมดุลพลังงานของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ สามารถเขียนจากหลักการสมดุลพลังงาน คือ พลังงานที่ให้แก่ระบบมีค่าเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบ โดยตั้งสมมติฐานให้ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) ซึ่งสามารถเขียนรูปประกอบการพิจารณาได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สมดุลพลังงานของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 1 สามารถนำมาเขียนสมการเพื่อแสดงการสมดุลพลังงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ดังสมการที่ 1

$$qWL = \dot{m}C_p(T_o - T_i) + Q_{Loss} \quad (1)$$

โดยที่ q คือ ฟลักซ์ความร้อน (W/m^2), W คือ ความกว้างของพื้นที่รับแสง (m), L คือ ความยาวของพื้นที่รับแสง (m), \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s),

C_p คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ (kJ/kg.K), T_o คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (K), T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (K) และ Q_{Loss} คือ ความร้อนที่มีการสูญเสีย (kJ)

สำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวล (\dot{m}) ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์นั้น สามารถหาได้จากสมการที่ 2

$$\dot{m} = \rho_o A_{av} \overline{v_{av}} \quad (2)$$

โดยที่ ρ_o คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³), A_o คือ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (m²) และ $\overline{v_{av}}$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (m/s)

การหาประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (efficiency of ventilation) สามารถวิเคราะห์ได้จากสัดส่วนของพลังงานที่ถ่ายเทออกจากระบบต่อพลังงานที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 3

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_o - T_i)}{qWL} \quad (3)$$

ในส่วนของ การคำนวณหาคุณสมบัติของอากาศที่ใช้สมการต่างๆ ดังนี้ (Incropera F.P and Dewitt D.P, [20])

$$\rho = 1.1614 - 0.00353(T - 300) \quad (4)$$

$$C_p = [1.007 + 0.00004(T - 300)] \times 10^3 \quad (5)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ (kg/m³)

3. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

รูปที่ 2 ชุดทดลองเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ซึ่งถือเป็นอุปกรณ์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากการแปรผันอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่ทางเข้าและทางออกเกิดขึ้นกับอุปกรณ์นี้ มีขนาดเท่ากับ 1 x 1.5 x 2 m³ ผึงด้านบนทำมาจากกระจกหนา 4 mm มุมเอียง 14 องศาับแนวระดับ ผึง

ด้านที่เหลือทำจากแผ่นอลูมิเนียมหนา 5 mm และมีระยะจากขอบด้านบนถึงทางเข้าอากาศเท่ากับ 20 cm

ชุดแหล่งกำเนิดแสงเป็นชุดอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดฟลักซ์ความร้อนเพื่อใช้ในการทดลองแทนการรับแสงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากแสงอาทิตย์มีฟลักซ์ความร้อนไม่คงที่ในแต่ละวัน รวมถึงความผันแปรของสภาพอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นในวันที่ทำการทดลอง ดังนั้นเพื่อกำจัดปัญหาดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้นจึงได้ใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ได้มาจากหลอดสปอर्टไลท์ โดยที่คุณสมบัติของแสงถือว่าสามารถเทียบเคียงได้กับแสงอาทิตย์ เนื่องจากคุณสมบัติของแสงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสี 3 ชนิด คือ รังสีอินฟราเรด (IR) 53% รังสีอุลตราไวโอเลต (UV) 3% และแสงสว่าง (แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) 44% ส่วนแสงจากหลอดสปอर्टไลท์ประกอบด้วยรังสี 3 ชนิด คือ รังสีอินฟราเรด 75% รังสีอุลตราไวโอเลต 0.5% และแสงสว่าง 25% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสามารถใช้เทียบเคียงกันได้ และข้อดีอีกประการคือยังสามารถปรับระดับของฟลักซ์ความร้อนด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่เรียกว่า Dimmer ได้ตามต้องการ



รูปที่ 2 ชุดการทดลองเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

ชุดอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและความเร็วอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (data logger) ยี่ห้อ Graphtec รุ่น GL820 ที่มีค่าความถูกต้อง ±1°C มีช่องสัญญาณที่ใช้เพื่อติดตั้งสาย Thermocouple type K จำนวน 20 ช่องสัญญาณ ใช้ในการวัดอุณหภูมิของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วน Hot wire anemometer ยี่ห้อ Testo รุ่น 425 ที่มีค่าความถูกต้อง ±0.01 m/s ใช้ในการวัดความเร็วของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าฟลักซ์ความร้อนคือ Solar

integrator ยี่ห้อ TES รุ่น 1333 โดยใช้วัดปริมาณ ฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับทิศทางของแสงบนแผ่นกระจก โดยที่ตำแหน่งในการวัดเพื่อให้ได้ค่า ฟลักซ์ความร้อนที่ใช้ในการศึกษาคือ ตำแหน่งด้านบนติดกับแผ่นกระจกตลอดทั้งพื้นที่ของกระจก

สำหรับอัตราส่วนสมมูล (aspect ratio) คำนวณได้จากขนาดของพื้นที่ทางเข้าของอากาศหารด้วยขนาดของพื้นที่ทางออกของอากาศ ดังสมการที่ 6

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{Inlet area}}{\text{Outlet area}} \quad (6)$$

ตารางที่ 1 ขนาดของอัตราส่วนสมมูล

อัตราส่วนสมมูล	0.50		1.00		1.50		2.00	
ขนาด	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง	ยาว	กว้าง
ทางเข้า	40.00	7.50	40.00	7.50	43.00	7.00	62.00	9.00
ทางออก	80.00	7.50	80.00	3.75	81.00	2.50	80.00	3.50

3.1 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้จะมีการวัดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาในส่วนของตัวเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการอบแห้งผลิตภัณฑ์ เริ่มต้นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละเงื่อนไขของการทดลอง จากนั้นทำการเปิดหลอดสปอร์ตไลท์ และปรับค่า ฟลักซ์ความร้อนที่ได้ทำการศึกษา ในการทดลองจะทำการบันทึกอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทุก 10 วินาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (data logger) ต่อเข้ากับสาย Thermocouple type K จากนั้นทำการวัดความเร็วของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ด้วย Hot wire anemometer ทุกๆ 30 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง เช่นเดียวกับกับอุณหภูมิ และมีความสอดคล้องกันกับค่าต่างๆ ของอัตราส่วนสมมูลดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับอุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลจะใช้ค่าที่บันทึกหลังจาก 1 ชั่วโมง 30 นาทีจนถึง ชั่วโมงที่ 2 เนื่องจากเป็นช่วงที่ค่าของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state)

4.การวิเคราะห์ผล

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้ที่ประกอบด้วยผลการทดลอง ซึ่งสามารถแสดงผลดังต่อไปนี้

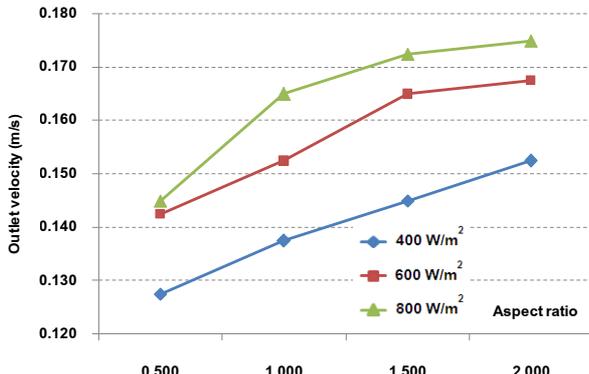
รูปที่ 3 แสดงผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่า ผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนสมมูลเพิ่มขึ้น กล่าวคืออัตราส่วนสมมูลที่มีค่าน้อยจะมีผลต่างของอุณหภูมิน้อยกว่าอัตราส่วนสมมูลที่มีค่ามาก เนื่องจากอัตราส่วนสมมูลที่มีค่าน้อยจะมีพื้นที่ทางเข้าน้อยกว่าพื้นที่ทางออกของอากาศ ทำให้อากาศบริเวณทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ไหลออกทางช่องทางออกได้เร็วกว่าอัตราส่วนสมมูลที่มีค่ามาก ส่งผลให้อากาศภายในเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่น้อย เป็นผลทำให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างทางออกกับทางเข้ามีค่าน้อยกว่าค่าของอัตราส่วนสมมูลที่มีค่าที่มากกว่า



รูปที่ 3 ผลต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

การเพิ่มขึ้นของผลต่างระหว่างอุณหภูมิทางออกกับทางเข้าเมื่อนำมาคิดเป็นร้อยละของการเพิ่มขึ้นสามารถแสดงได้ดังนี้ คือ ที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกันพบว่า ปริมาณการเพิ่มขึ้นของผลต่างระหว่างอุณหภูมิทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 7.45 ของทุกการเพิ่มอัตราส่วนสมมูล 0.5 และในทำนองเดียวกันที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเดียวกันพบว่า ปริมาณการเพิ่มขึ้นของผลต่างของอุณหภูมิจากอุณหภูมิระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 6.83 ของทุกการเพิ่มฟลักซ์ความร้อน 200 W/m² เนื่องจากผลของช่วงฟลักซ์ความร้อน

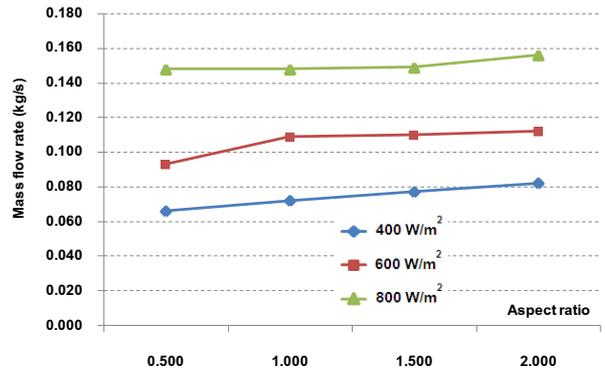
ดังกล่าวเป็นช่วงฟลักซ์ความร้อนที่เกิดขึ้นกับสภาพอากาศของประเทศไทย จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนสมมูลจะทำให้ผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกและทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น และในทำนองเดียวกันการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อนก็ส่งผลทำให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างทางออกกับทางเข้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4 ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

รูปที่ 4 แสดงความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่าลักษณะของผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เมื่อเปรียบเทียบที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกัน กล่าวคืออัตราส่วนสมมูลที่ 2 จะมีความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนสมมูล 1.5, 1 และ 0.5 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนสมมูลเดียวกันพบว่า ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² จะทำให้มีค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 600 และ 400 W/m² ตามลำดับ โดยที่ค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.175 m/s ภายใต้สภาวะอัตราส่วนสมมูลที่ 2 และฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และในทางกลับกัน ค่าที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.12 m/s ภายใต้สภาวะอัตราส่วนสมมูลที่ 0.5 และฟลักซ์ความร้อน 400 W/m² นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเพิ่มขึ้นของความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งทางออกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากันจะมีค่าเท่ากับ

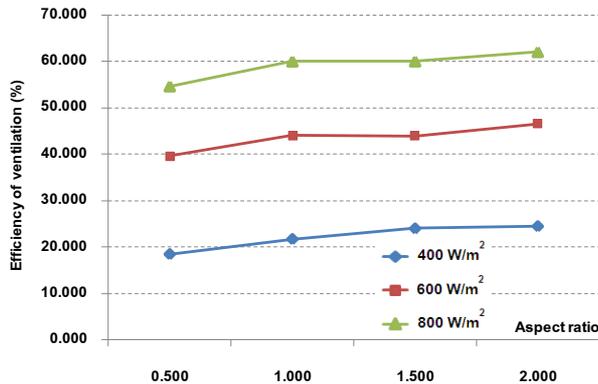
ร้อยละ 3.6 ของทุกการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อน 200 W/m² และที่ฟลักซ์ความร้อนเท่ากันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.83 ของทุกการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนสมมูล 0.5



รูปที่ 5 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

รูปที่ 5 แสดงอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่าอัตราการไหลเชิงมวลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อฟลักซ์ความร้อนเพิ่มขึ้นและอัตราส่วนสมมูลเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงอัตราการไหลเชิงมวลแปรผันตรงกับฟลักซ์ความร้อนและอัตราส่วนสมมูล ซึ่งค่าของอัตราการไหลเชิงมวลจะมีความสอดคล้องกับความเร็วของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์ซึ่งกันละกันในรูปแบบของสมการ เมื่อพิจารณาที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกัน จะพบว่าอัตราส่วนสมมูล 2 จะทำให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 1.5, 1 และ 0.5 ตามลำดับ และในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนสมมูลเดียวกัน พบว่าฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² จะทำให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 600 และ 400 W/m² ตามลำดับ อัตราการไหลเชิงมวลที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.16 kg/s ที่อัตราส่วนสมมูล 2 และฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.067 kg/s ที่อัตราส่วนสมมูล 0.5 และฟลักซ์ความร้อน 400 W/m² นอกจากนี้ยังพบอีกว่า อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของอัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับร้อยละ 3.9 ของทุกการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนสมมูล 0.5 และที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกันจะมีค่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 39 ของทุกการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ความร้อน 200 W/m² สำหรับอัตราการไหลเชิงมวลที่ได้จะนำไปใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศของเครื่องอบแห้ง

แสงอาทิตย์ โดยที่อัตราการไหลเชิงมวลที่มีค่ามากก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามาก และในทางกลับกันค่าของอัตราการไหลเชิงมวลที่มีค่าน้อยก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศของเครื่องพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยด้วยเช่นกัน



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

รูปที่ 6 แสดงประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ จากการศึกษาค้นคว้าประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ที่อัตราส่วนสมมูล 2 และฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² ทำให้มีค่ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 61.99 และมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.29 ภายใต้สภาวะที่อัตราส่วนสมมูล 0.5 และฟลักซ์ความร้อน 400 W/m² สำหรับอัตราส่วนสมมูล 2 เป็นสภาวะที่ทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด เมื่อพิจารณาที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกัน เนื่องจากที่อัตราส่วนสมมูล 2 จะมีพื้นที่ทางเข้ามากกว่าทางออกถึง 2 เท่า เป็นผลทำให้ปริมาณอากาศสามารถไหลเข้าได้ในปริมาณที่มาก และในทางกลับกันสำหรับอัตราส่วนสมมูล 0.5 ทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาที่ฟลักซ์ความร้อนเดียวกัน เนื่องจากที่อัตราส่วนสมมูล 0.5 จะมีพื้นที่ทางเข้าน้อยกว่าพื้นที่ทางออก 1 เท่า ทำให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าน้อยเป็นผลทำให้ความเร็วของอากาศที่บริเวณทางออกมีค่าน้อยด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกและทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่บริเวณทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ และฟลักซ์ความร้อน ซึ่งสามารถ

กล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แปรผันตรงกับผลต่างอุณหภูมิของอากาศระหว่างทางออกกับทางเข้าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่บริเวณทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ และฟลักซ์ความร้อน

ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีที่ไม่ได้มีการอบแห้งผลิตภัณฑ์จริง ผลที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวพบว่าที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 2 จะทำให้มีประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงที่สุด โดยที่ผลที่ได้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพื่อใช้ในการคาดการณ์ถึงลักษณะของการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ในกรณีที่มีการอบผลิตภัณฑ์จริงว่า ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 2 มันอาจจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศมีค่ามากที่สุดด้วยเช่นกัน ประกอบกับในการศึกษาครั้งถัดไปควรจะมีการศึกษาลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์จริง และควรเพิ่มเติมถึงลักษณะของการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ด้วยเช่นกัน

5.สรุปผลงานวิจัย

จากผลและการวิเคราะห์ผลการศึกษาร่วมกันของปัจจัยที่มีต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลอัตราส่วนสมมูลที่มีต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนสมมูลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่าที่ค่าฟลักซ์ความร้อนเดียวกัน อัตราส่วนสมมูลที่ทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุดคือ 2 รองลงมาคือ 1.5, 1 และ 0.5 ตามลำดับ โดยให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 61.99 ที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m² และค่าของอัตราส่วนสมมูลที่ให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศ

ภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดคือ 0.5 มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.92 ที่ฟลักซ์ความร้อน 400 W/m^2

5.2 ผลของฟลักซ์ความร้อนที่มีต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์

ผลของฟลักซ์ความร้อนที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์พบว่า เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนเดียวกัน ฟลักซ์ความร้อนที่ทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากที่สุดคือ 800 W/m^2 เท่ากับร้อยละ 61.99 ที่อัตราส่วนสมมูล 2 และยังพบอีกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มฟลักซ์ความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อภาภรณ์ ศรีสระคู และ ชงชัย ฟองสมุทร. 2549. การจำลองการอบแห้งลำไยโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน. วันที่ 6 – 7 เมษายน 2549 โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.
- [2] ณัฐพล วิทยานุกาภร. 2550. การปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศในเตาอบไม้ยางพาราด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของของไหล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- [3] เสริม จันทร์ฉาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, 11-13 พฤษภาคม 2548.
- [4] สุขฤดี นาถกรณกุล และบงกช ประสิทธิ์. 2548. เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สชีวภาพ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, 11-13 พฤษภาคม 2548.
- [5] วิฑูรย์ อบรม และคณะ. 2550. การศึกษาสมรรถนะตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีลูกข่ายอากาศ. [http://www.ptwit.ac.th/ee00/acrobat/PSSDV\(18\).dpf](http://www.ptwit.ac.th/ee00/acrobat/PSSDV(18).dpf), 10 ธันวาคม 2550.
- [6] ณัฐพล ศรีสิทธิโชคกุล. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งเครื่องเทศและสมุนไพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.
- [7] อติพงศ์ นันทพันธุ์, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และณัฐวุฒิ ดุษฎี. 2006. การประหยัดพลังงานในเตาอบแห้งลำไยโดยการลดความชื้นของอากาศสำหรับห้องเผาไหม้. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 13 ฉบับที่ 1, 2006.
- [8] สุทธิชัย ภมรสมิต, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ และอำไพศักดิ์ ทีบุญมา. 2549. การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, 27-29 กรกฎาคม 2549.
- [9] อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, นิรันดร์ หันไชยงูวา และชาคริต โพธิ์งาม. 2549. การศึกษาการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และรังสีอินฟราเรด. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549.
- [10] บงกช ประสิทธิ์ และสุขฤดี นาถกรณกุล. 2550. การใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์แปรรูปผลิตผลทางการเกษตรร่วมกับระบบแก๊สชีวภาพ. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, 23-25 พฤษภาคม 2550.
- [11] Ben Richard H. and Michael O. 2011. Performance investigation of a passive solar assisted kiln in the United Kingdom. Solar Energy. Volume 85. p. 1488-1498.
- [12] Seres. I. and Farkas. I. 2007. Determination of air flow pattern during solar dryer of fruit using a low rang air speed sensor. Food and Bioproducts processing. Volume85. p. 155-152.

- [13] Li, Z., Zhong, H., Tang, R., Liu, T., Gao, W., and Zhang, Y. 2006. Experimental investigation on solar drying of salted greengages. *Renewable energy*, Vol. 33, No. 6, pp. 837-847.
- [14] Pangavhane, D.R., Sawhney, R.L., and Sarsavadia, P.N. 2002. Design development and performance testing of a new natural convection solar dryer. *Energy*, Vol. 27, pp. 579-590.
- [15] Wanguangsatit, A. 2003. Improvement of the solar tunnel dryer by using chimney. Thesis (M.S in Renewable Energy), Narasuan university.