

## ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Factors affecting air flow efficiency inside solar dryer

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา<sup>1</sup> อำไพศักดิ์ ทีบุญมา<sup>2</sup> พรเมินทร์ มาลีหวล<sup>1</sup> และประทีป ตุ่มทอง<sup>1</sup>  
Praphanpong Somsila<sup>1</sup>, Umphisak Teeboonma<sup>2</sup>, Poramain Mareehuan<sup>1</sup> and Prateep Tumtong<sup>1</sup>

### Abstract

The factor effect on air flow inside the solar dryer was investigated in this research to guide the design and construction of solar dryer high performance by using computation fluid dynamics (CFD) method. The studied parameters were aspect ratio of outlet with inlet area 0.5 – 1.5 and heat flux 400 – 800 W/m<sup>2</sup>. Criteria used for comparative study were air mass flow rate and stabilized temperature inside the solar dryer. Results shows that the maximum average air flow rate was 0.8 m/s smooth under the condition of inlet and outlet ratio of 10 cm with 10 cm and lessen on ratio of 10 cm with 5 cm, 5 cm with 10 cm and 5 cm with 5 cm, respectively. It was found out that the air flow efficiency increases with increment of heat flux.

**Keywords:** Air flow efficiency, Drying, Dryer and Solar energy

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง ด้วยการวิเคราะห์โดยใช้วิธีคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล (Computation Fluid Dynamics, CFD) โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ ขนาดทางออกและทางเข้าเท่ากับ 5 – 10 cm และฟลักซ์ความร้อน อยู่ระหว่าง 400 – 800 W/m<sup>2</sup> โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ คือ ความเร็วของอากาศ และความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ผลการศึกษาพบว่า ขนาดทางเข้าออกอากาศเท่ากับ 10 และ 10 cm ตามลำดับ เป็นผลทำให้ความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากที่สุด เท่ากับ 0.08 m/s และมีความสม่ำเสมอมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาด 10 กับ 5 cm, 5 กับ 10 cm และ 5 กับ 5 cm ตามลำดับ และยังพบว่าเมื่อฟลักซ์ความร้อนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

**คำสำคัญ:** ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศ การอบแห้ง เครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

### คำนำ

เครื่องอบแห้งที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานเชิงพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่ เช่น แก๊สหุงต้ม ไฟฟ้า หรือน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้มีต้นทุนสูง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกอย่างหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับภูมิประเทศ การตากแดดโดยตรง เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่มักจะเกิดปัญหาในเรื่องของฝน ฝุ่นละออง แมลง และเชื้อรา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมา ปัจจุบันพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกษตรกรใช้ยังมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผลของประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เหมาะสม ที่ผ่านมามีนักวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าการจำลองการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งและที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ อากาศกรณ และ ธงชัย [1] ศึกษาการจำลองการอบลำไยด้วยวิธีคำนวณพลศาสตร์ของไหลเปรียบเทียบกับผลการทดลอง จากการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิการอบ 75 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์การเปิดช่องปล่องอากาศที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ความเร็วลมเปลี่ยนพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด และผลจากแบบจำลองการไหลมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลการทดลอง ณัฐพล [2] ได้ศึกษาการจำลองและการปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศภายในเตาอบยางพาราโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล จากการศึกษาพบว่า ขนาดช่องลมและความสูงของห้องพัสดุมีต่อการกระจายตัวของความเร็วของอากาศ โดยที่ช่องลมขนาด 0.7 ถึง 0.8 m และที่ความสูง

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 32000

<sup>1</sup> Mechanical department, Faculty of agriculture and technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin campus, 32000

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

<sup>2</sup> Mechanical department, Faculty of Engineering, Uboratchathani university, 34190

ของห้องพัดลม 1.4 m จะทำให้ความเร็วของอากาศบริเวณทางเข้ามากที่สุด เท่ากับ 3.0 m/s Seres และ Farkas [3] ได้ศึกษา รูปแบบการไหลของอากาศภายในตู้อบผลไม้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้การคำนวณความเร็วอากาศช่วงสั้น ซึ่งใช้การจำลอง การไหลของอากาศเปรียบเทียบกับผลการทดลอง สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ ANSYS ผลจากการศึกษาพบว่า การศึกษาในแบบ 2 มิติจะให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองมากกว่า 1 มิติ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งได้เป็นอย่างดี Ben Richard และ Michael Oates [4] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (CFD) เปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยใช้วิธี Finite volume method โมเดลความปั่นป่วนใช้ The RNG k-epsilon model พบว่าสามารถแก้ปัญหาจุดหมุนวน ลดเวลาในการอบลง ความจุของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการอบเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าไม่มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดทางเข้า ทางออก และฟลักซ์ความร้อน

### อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาค่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ ถือว่าเป็นส่วน หนึ่งของการศึกษาเพื่อออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใน การศึกษาพฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษา ซึ่งมีระเบียบวิธีดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ระบบใน 2 มิติ ขนาดกว้าง 0.2 m ยาว 1.5 m และผนังด้านบนทำมุม 15 องศา กับแนว ระดับ ระเบียบวิธีคำนวณ Density Base แบบ implicit แบบจำลองความปั่นป่วน viscous model กำหนดให้เป็น The RNG k- epsilon model ที่สภาวะ Full Buoyancy Effect นอกจากนั้นยังพิจารณาการแผ่รังสี (Radiation heat transfer) ภายในเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แบบจำลอง Discrete Ordinates (DO) model ในส่วนของ Operating condition กำหนดค่า Gravity สำหรับแกน y เท่ากับ  $-9.81 \text{ m/s}^2$  อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมทางเข้า และทางออก เท่ากับ  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $303 \text{ K}$ ) ในส่วนของการกำหนดขอบเขตในการศึกษา ประกอบด้วย ทางเข้าและทางออก มีลักษณะเป็น pressure inlet และ pressure outlet ตามลำดับ ส่วนผนังทั้งสามด้านกำหนดให้เป็น Wall ยกเว้นผนังด้านบนที่กำหนดให้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับกระจก ดัง แสดงใน Figure 1 สำหรับปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ขนาดทางเข้าและทางออก เท่ากับ 5 - 10 cm และฟลักซ์ความร้อน อยู่ใน ช่วง  $400 - 800 \text{ W/m}^2$

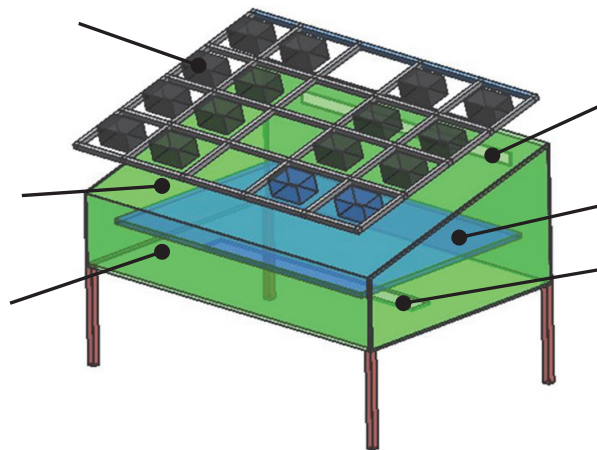


Fig. 1. Experimental solar dryer

### ผลการวิจัย

จากการศึกษาค่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการ วิเคราะห์โดยใช้วิธีคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล (Computation Fluid Dynamics, CFD) พบว่าผลของขนาดทางเข้า ขนาด ทางออกของอากาศ และฟลักซ์ความร้อน มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ Figure 2 แสดงความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในตลอดความกว้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายใน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในทุกขนาดทางเข้าออก และทุกฟลักซ์ความร้อนที่ความกว้าง 0.75 - 1.5 m มีค่ามากกว่าที่ความ กว้าง 0.0 - 0.75 m อยู่ประมาณ 28.60 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาได้จากปริมาณความร้อนและหลักการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า ที่ความกว้าง 0.75 - 1.5 m มีปริมาณความร้อนโดยเฉลี่ยที่ได้จากแผ่รังสีและการพาความร้อนมากกว่า ทำให้

ความหนาแน่นอากาศบริเวณดังกล่าวมีค่าน้อย เป็นผลทำให้ความเร็วของอากาศที่เกิดขึ้นมากกว่า ผนวกกับความเร็วของอากาศที่ทางออกเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากกว่าความเร็วที่ทางเข้าอยู่ด้วยแล้ว จึงเป็นผลให้ความเร็วเฉลี่ยของอากาศบริเวณดังกล่าวมีค่ามากกว่า และยังพบอีกว่าที่ภายใต้เงื่อนไขฟลักซ์ความร้อนเท่ากัน ขนาดของทางเข้าออกเท่ากับ 10 และ 10 cm มีความเร็วเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากที่สุด เท่ากับ 0.08 m/s รองลงมาคือ 10 กับ 5 cm, 5 กับ 10 cm และ 5 กับ 5 cm ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้เป็นความเร็วที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ในแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน บางตำแหน่งไม่มีการไหลเวียนของอากาศหรือน้อยมีค่อนข้างมากและบางตำแหน่งมีการไหลเวียนค่อนข้างสูงมีไม่มากนัก ดังนั้นเมื่อนำมาคิดความเร็วเฉลี่ยจึงมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ และสำหรับภายใต้เงื่อนไขขนาดทางเข้าออกเท่ากัน พบว่า ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m<sup>2</sup> ทำให้ความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 600 และ 400 W/m<sup>2</sup> ตามลำดับ

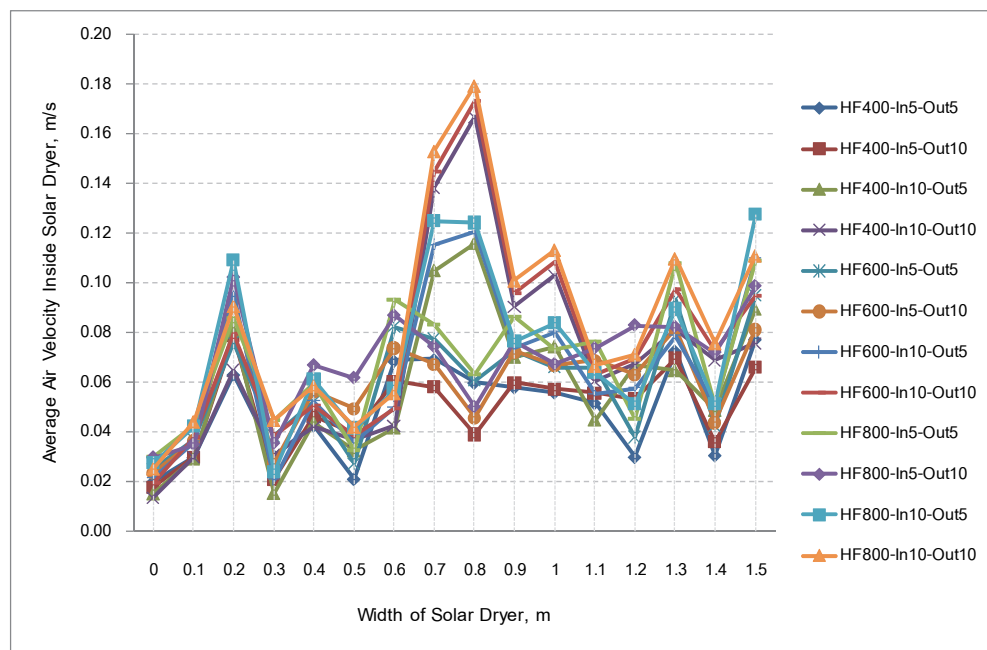


Fig. 2. Average velocity of air inside the solar dryer

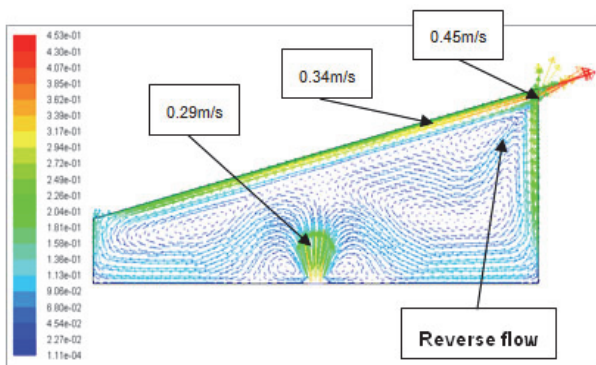


Fig. 3. Vector velocity of airflow of 5 cm inlet and 5 cm outlet of solar dryer, at 800 W/m<sup>2</sup> heat flux

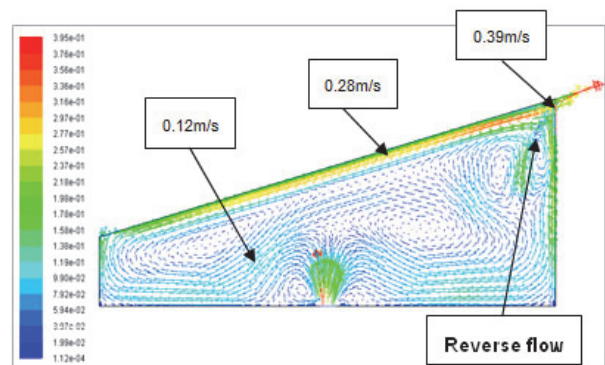


Fig. 4. Vector velocity of airflow of 5 cm inlet and 10 cm outlet of solar dryer, at 800 W/m<sup>2</sup> heat flux

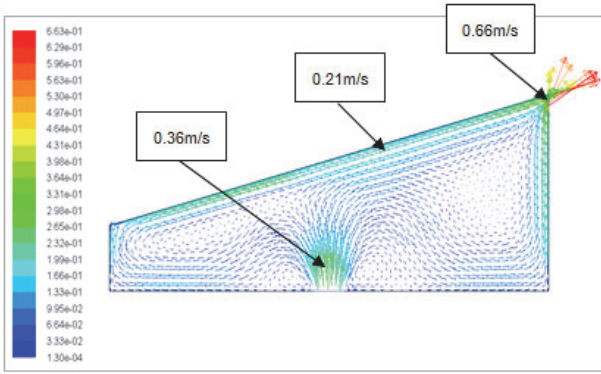


Fig. 5. Vector velocity of airflow of 10 cm inlet and 5 cm outlet of solar dryer, at 800 W/m<sup>2</sup> heat flux

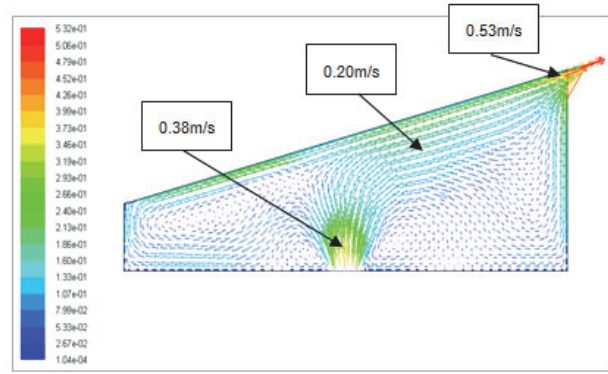


Fig. 6. Vector velocity of airflow of 10 cm inlet and 10 cm outlet of solar dryer, at 800 W/m<sup>2</sup> heat flux

Figure 3, 4, 5 และ 6 แสดงเวกเตอร์ความเร็วของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ขนาดของทางเข้าออกของอากาศต่างกันและที่ฟลักซ์ความร้อนเท่ากับ 800 W/m<sup>2</sup> พบว่า ที่ขนาดทางเข้าเท่ากับ 5 cm กับทางออกเท่ากับ 5 และ 10 cm จะเกิดการไหลกลับ (Reverse flow) ที่บริเวณทางออกและเกิดการไหลเวียนแบบหมุนวนภายในเครื่องอบแห้ง เนื่องจากอากาศบางส่วนมีความเร็วค่อนข้างต่ำเพราะถูกจำกัดด้วยขนาดทางเข้า เมื่ออากาศดังกล่าวพยายามไหลออกที่บริเวณทางออก จึงถูกทำให้เปลี่ยนทิศทางการไหลด้วยอากาศบริเวณติดผนังด้านบนที่มีความเร็วสูงกว่า แต่ที่ขนาดทางเข้าเท่ากับ 10 cm พบว่า การกระจายตัวของเวกเตอร์ความเร็วของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีความสม่ำเสมอ ไม่มีการไหลกลับหรือการไหลแบบหมุนวน เนื่องจากการไหลของอากาศบริเวณทางเข้ากับทางออกมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีบางส่วนสำหรับกรณีทางออกเท่ากับ 5 cm จะเกิดความเร็วดำเนินต่ำบางตำแหน่งเมื่อเทียบกับกรณีทางออกเท่ากับ 10 cm สำหรับฟลักซ์ความร้อน 400 และ 600 W/m<sup>2</sup> จะมีลักษณะของเวกเตอร์ความเร็วของอากาศที่คล้ายคลึงกันกับที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m<sup>2</sup>

**สรุป**

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ พบว่าประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มฟลักซ์ความร้อนและยังพบอีกว่าขนาดทางเข้าออกอากาศเท่ากับ 10 cm และ 10 cm ตามลำดับ เป็นผลทำให้ความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากที่สุด เท่ากับ 0.08 m/s และมีความสม่ำเสมอมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาด 10 กับ 5 cm, 5 กับ 10 cm และ 5 กับ 5 cm ตามลำดับ

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนดำเนินการวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

ณัฐพล วิทยานุกาภร. 2550. การปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศในเตาอบไม้ยางพาราด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของของไหล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 73น.

อากาศกรณ์ ศรีสระคู และ ธงชัย ฟองสมุทร. 2549. การจำลองการอบแห้งลำไยโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน. วันที่ 6 - 7 เมษายน 2549 โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่.

Hughes, B.R. and M. Oates. 2011. Performance investigation of a passive solar assisted kiln in the United Kingdom. Solar Energy 85: 1488-1498.

Seres, I. and I. Farkas. 2007. Determination of air flow pattern during solar dryer of fruit using a low rang air speed sensor. Food and Bioproducts processing 85: 155-152.