Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 212-215 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 212-215 (2555)

ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์

Type of Solar Greenhouse Dryer Affecting Air Circulation and Temperature Distribution Inside Solar Greenhouse Dryer

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา[1] อำไพศักดิ์ ทีบุญมา[2] ประทีป ตุ้มทอง[1] สุริยา อุดด้วง[1] และ มานะ วิชางาม[2]
Praphanpong Somsila[1], Umphisak Teeboonma[2], Prateep Tumtong[1], Suriya Oudduang[1] and Mana Wichangarm[2]

Abstract

Solar greenhouse dryer is another method of drying while can satisfy the required quantity of agricultural products needed for drying. There are various designs this type of the greenhouse dryer. However, many of them do not perform satisfactorily resulted in fungus growth on product surface and non uniform moisture content. The objective of this research is to study the effect of greenhouse dryer type solar dryer on air circulation and temperature distribution inside the dryer by using computational fluid dynamics method for simulation. The influence of different structures such as triangle roof, incline roof, curve roof and straight wall with curve roof with heat flux 400, 600 and 800 W/m^2 were used in the simulation. The result showed that the maximum of air circulate inside dryer occurred in incline roof greenhouse type dryer and the uniform of temperature distribution was occurred on curve roofing with 800 W/m^2 heat flux, and decreased with heat flux decrease. Results from this research may be used for chosen the proper dryer to match with amount and type of product to be dried.

Keywords: solar greenhouse dryer, type of dryer, heat flux, Computational Fluid Dynamics (CFD)

บทคัดย่อ

โรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์เป็นวิธีการอบแห้งอีกวิธีหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในเรื่องของปริมาณผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งได้เป็นอย่างดี ในปัจจุบันพบว่ามีการสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ในหลายรูปแบบ โดยที่ไม่ได้คำนึงการไหลเวียนและการกระจายอุณหภูมิของอากาศเท่าที่ควร จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการอบแห้งมีความแห้งไม่เท่ากัน ประกอบกับการเกิดเชื้อราด้วยเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของโครงสร้างโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ ด้วยการใช้วิธีคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหลภายในโรงเรือน โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่ศึกษาได้แก่ แบบหลังคาหน้าจั่วสามเหลี่ยม แบบหลังคาแนวเอียง แบบหลังคาโค้ง และแบบหลังคาโค้งผนังตรง และฟลักซ์ความร้อน 400, 600 และ 800 W/m^2 ตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่า ชนิดของโรงเรือนที่มีการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนมากที่สุดคือ แบบหลังคาแนวเอียง และชนิดของโรงเรือนที่มีการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากที่สุดคือ แบบหลังคาโค้ง ที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m^2 และจะมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์ความร้อนลดลง สำหรับประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประกอบการศึกษาที่เป็นการสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์จริง ผลที่จะได้จากการศึกษาทั้งสองส่วนจะทำให้เกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการเลือกใช้ชนิดของโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ให้มีความเหมาะสมกับปริมาณ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: โรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ ชนิดโครงสร้างของโรงเรือน ฟลักซ์ความร้อน การคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์ 32000
[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin campus, Surin 32000
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Ubonratchathani 34190

คำนำ

ลักษณะของการสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ในหลายรูปแบบในปัจจุบันนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ ลักษณะภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ และความยากง่ายในการสร้างโรงเรือนด้วยเช่นกัน ซึ่งการออกแบบและสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ได้นั้นไม่ได้หมายถึงคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งทั้งหมด ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดมาจากหลายสาเหตุ และสาเหตุหนึ่งที่ถือว่าสำคัญอีกอย่างนั้นคือ การไม่ได้คำนึงถึงลักษณะการไหลเวียนของอากาศที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน ที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยที่ได้ศึกษาดังต่อไปนี้ อาภากรณ์และธงชัย (2549) ศึกษาการจำลองการอบลำไยด้วยวิธีคำนวณพลศาสตร์ของไหลเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิการอบ 75 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์การเปิดช่องปล่องอากาศทิ้ง 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด และผลจากแบบจำลองการไหลมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลการทดลอง ณัฐพล (2550) ศึกษาการจำลองและการปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศภายในเตาอบยางพาราโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล พบว่า ขนาดช่องลมและความสูงของห้องพัดลมมีต่อการกระจายตัวของความเร็วของอากาศ โดยที่ช่องลมขนาด 0.7 ถึง 0.8 m และที่ความสูงของห้องพัดลม 1.4 m จะทำให้ความเร็วของอากาศบริเวณทางเข้ามากที่สุด เท่ากับ 3.0 m/s Seres and Farkas (2007) ได้ศึกษารูปแบบการไหลของอากาศภายในตู้อบผลไม้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้การตัวตรวจความเร็วอากาศช่วงสั้น ซึ่งใช้การจำลองการไหลของอากาศเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่าการศึกษาในแบบ 2 มิติจะให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองมากกว่า 1 มิติ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งได้เป็นอย่างดี จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับชนิดของโครงสร้างโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์พร้อมกันกับการศึกษาลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนด้วยเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของโครงสร้างโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ ด้วยการใช้วิธีคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหลภายในโรงเรือน โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่ศึกษาได้แก่ แบบหลังคาหน้าจั่วสามเหลี่ยม แบบหลังคาแนวเอียง แบบหลังคาโค้ง และแบบหลังคาโค้งผนังตรง และฟลักซ์ความร้อน 400, 600 และ 800 W/m^2 ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

การศึกษาการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ ถือเป็นความสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะสามารถบ่งชี้ได้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของประเด็นดังกล่าว จึงได้ศึกษาลักษณะการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนเพื่อให้ได้โรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูง ในเบื้องต้นนี้จะเป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลภายในโรงเรือนอบแห้งที่มีการใช้งานจริงชนิดต่างๆ โดยที่มีการใช้แบบจำลอง 3 มิติ ระเบียบวิธีคำนวณ Density Base แบบ implicit แบบจำลองความปั่นป่วน viscous model กำหนดให้เป็น The RNG k-epsilon model ที่สภาวะ Full Buoyancy Effect นอกจากนั้นยังพิจารณาการแผ่รังสี (Radiation heat transfer) ภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์ โดยใช้แบบจำลอง Discrete Ordinates (DO) model ในส่วนของ Operating condition กำหนดค่า Gravity สำหรับแกน y เท่ากับ -9.81 m/s^2 อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมทางเข้า และทางออก เท่ากับ 30 °C (303 K) การกำหนดขอบเขตในการศึกษา ประกอบด้วย ทางเข้าและทางออก มีลักษณะเป็น pressure inlet และ pressure outlet ตามลำดับ ส่วนผนังกำหนดให้เป็น Wall สำหรับขนาดของโรงเรือนแต่ละชนิดประกอบด้วย แบบหลังคาหน้าจั่วสามเหลี่ยม ขนาด 3x4x2.5 m แบบหลังคาแนวเอียง ขนาด 3x4x2.5 m แบบหลังคาโค้ง ขนาด 12x20x6 m และแบบหลังคาโค้งผนังตรง ขนาด 3x4x2.5 m ดังแสดงใน Figure 1-4

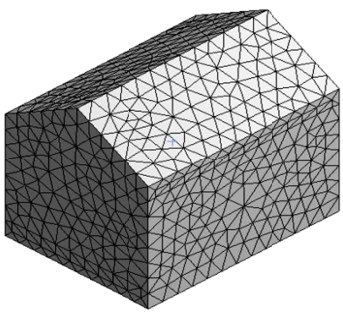

Figure 1 triangle roofing of greenhouse type solar dryer

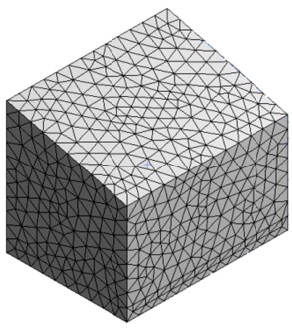

Figure 2 incline roofing of greenhouse type solar dryer

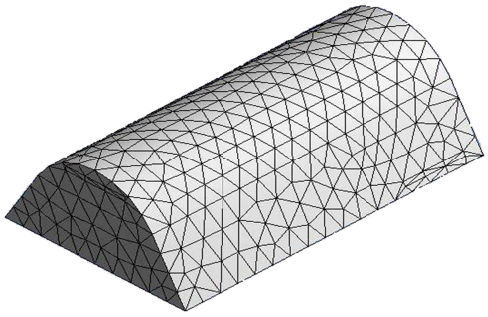

Figure 3 curve roofing of greenhouse type solar dryer

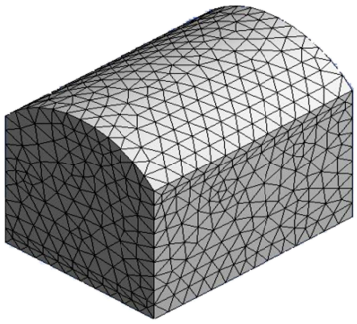

Figure 4 curve roofing and straight wall of greenhouse type solar dryer

ผลการวิจัย

1. ลักษณะการไหลเวียนอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ

โรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์แบบหลังคาแนวเอียง ดังแสดงใน Figure 6 เป็นโรงเรือนที่มีการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนดีที่สุด ซึ่งได้จากปริมาณความเร็วของอากาศที่มีค่าค่อนข้างสูง และสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่โรงเรือน อีกทั้งทิศทางของเวคเตอร์ความเร็วครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดภายในโรงเรือน รองลงมาคือ โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง แบบหลังคาหน้าจั่วสามเหลี่ยม และแบบหลังคาโค้งผนังตรง ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 7, 5 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งรูปดังกล่าวเป็นพื้นที่หน้าตัดตรงกลางของโรงเรือน และที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m^2 และจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงในทุกฟลักซ์ความร้อน

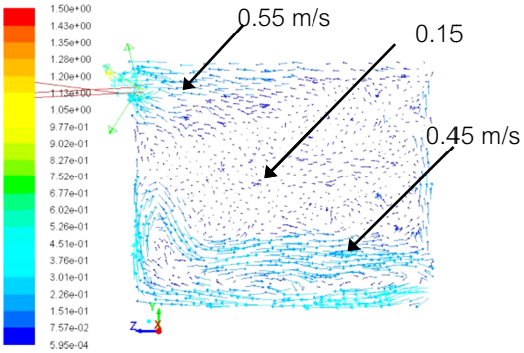

Figure 5 Velocity vector in triangle roofing of green house type solar dryer

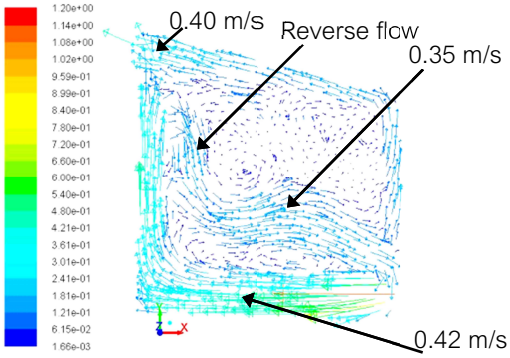

Figure 6 Velocity vector in incline roofing of greenhouse type solar dryer

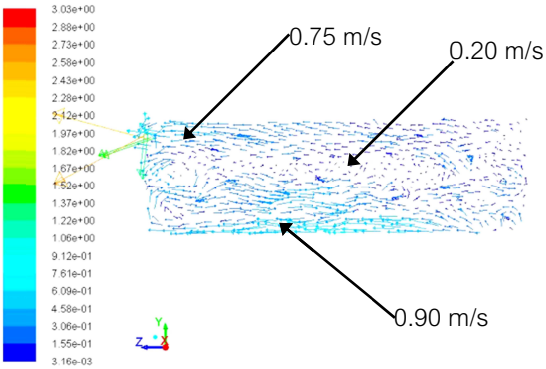

Figure 7 Velocity vector in curve roofing of green-house type solar dryer

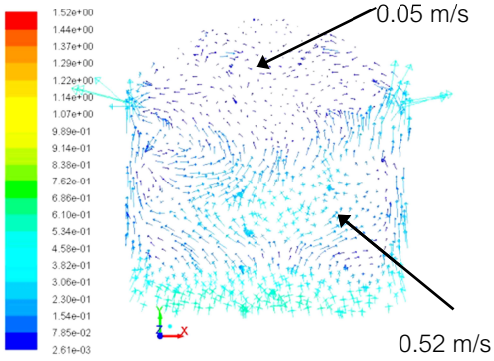

Figure 8 Velocity vector in curve roofing and straight wall of greenhouse type

2. การกระจายอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ

Figure 9-12 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์แบบต่างๆ พบว่า การกระจายตัวที่ดีที่สุดเกิดขึ้นกับโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์แบบหลังคาโค้ง จะเห็นได้จากอุณหภูมิที่มีความสม่ำเสมอ และมีค่าใกล้เคียงกันในเกือบทุกพื้นที่ภายในโรงเรือน รองลงมาคือ แบบหลังคาแนวเอียง แบบหลังคาหน้าจั่วสามเหลี่ยม และแบบหลังคาโค้งผนังตรง ตามลำดับ ซึ่งรูปดังกล่าวเป็นพื้นที่หน้าตัดตรงกลางของโรงเรือนอบแห้ง และที่ฟลักซ์ความร้อน 800 W/m^2 และจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงในทุกฟลักซ์ความร้อน

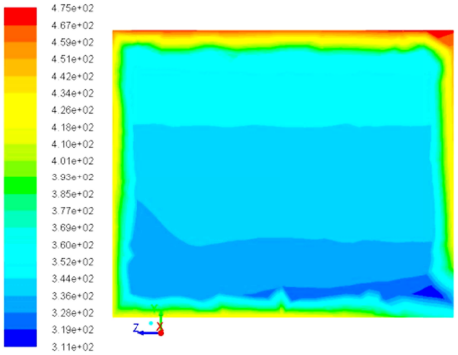

Figure 9 Temperature contour in triangle roofing of greenhouse type solar dryer

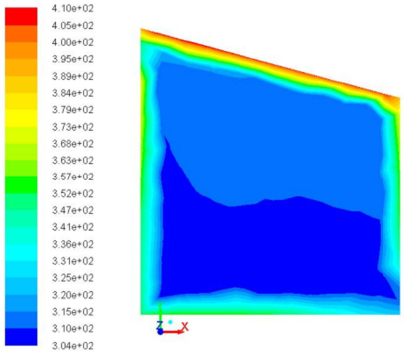

Figure 10 Temperature contour in incline roofing of greenhouse type solar dryer

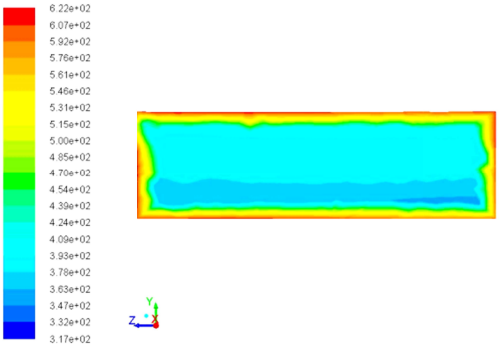

Figure 11 Temperature contour in curve roofing of greenhouse type solar dryer

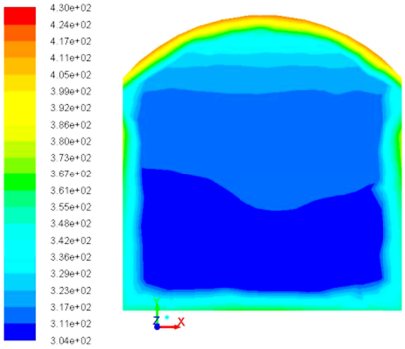

Figure 12 Temperature contour in curve roofing and straight wall of greenhouse type solar dryer

วิจารณ์ผล

แบบหลังคาแนวเอียงมีการไหลเวียนอากาศมากที่สุด เนื่องจากผลของขนาดพื้นที่รวมที่มีความเหมาะสมกับฟลักซ์ความร้อนที่ได้รับ ทำให้อากาศมีผลต่างของความหนาแน่นของอากาศมากที่สุด ส่งผลในมวลอากาศลอยขึ้นและในขณะเดียวกันก็เหนี่ยวนำอากาศด้านล่างเข้ามาด้วย จะทำให้เกิดความเร็วค่อนข้างมาก ประกอบกับแนวเอียงของหลังคาที่รับกับช่องทางออกของอากาศ ส่งผลทำให้การไหลเวียนของอากาศมีค่าดีที่สุด และไหลทั่วพื้นที่โรงเรือน สำหรับการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนดีที่สุด คือแบบหลังคาโค้ง เนื่องจากลักษณะของความโค้งของหลังคาที่ทำให้สามารถกระจายอุณหภูมิได้สม่ำเสมอ ประกอบกับตำแหน่งและขนาดของทางเข้าและทางออกอากาศมีความเหมาะสม จึงสามารถทำให้มีการกระจายอุณหภูมิดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดของโรงเรือนมีผลต่อการไหลเวียนอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิอย่างแน่นอน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

อาภาภรณ์ ศรีสระคู และธงชัย ฟองสมุทร. 2549. การจำลองการอบแห้งลำไยโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน. วันที่ 6 – 7 เมษายน 2549. โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

ณัฐพล วิทยานุภากร. 2550. การปรับปรุงประสิทธิภาพการไหลของอากาศในเตาอบไม้ยางพาราด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของของไหล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช. 73 หน้า.

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.