

การลดระยะเวลาในการอบแห้งไม้โดยใช้อากาศอบแห้งที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

Reduction of Timber Drying Time using Drying Air with Low Relative Humidity

อาทิตย์ เพียรงาม^{1*} นเรศ มีโส² ศิริธร ศิริอมรพรรณ³

Arthit Pean-ngam,^{1*} Naret Meeso,² Sirithon Siriamornpun³

Received : 15 October 2012 ; Accepted : 10 December 2012

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการลดระยะเวลาในการอบแห้งไม้โดยใช้อากาศอบแห้งที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำของอากาศอบแห้งที่ศึกษาในครั้งนี้จะอยู่ในช่วง 25-30% และเงื่อนไขของอากาศอบแห้งจะกำหนดให้คงที่ที่อุณหภูมิ 40°C และความเร็ว 1.0 m/s รวมทั้งจะตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไม้ด้วย จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งไม้โดยใช้อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ประมาณ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งไม้โดยใช้อากาศอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนคุณภาพทางกายภาพของไม้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

คำสำคัญ : การอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ไม้ อบแห้งไม้

Abstract

The purpose of this study was to improve the reduction of timber drying time by using drying air with low-relative humidity. The low-relative humidity of the drying air studied was in the range of to 25 - 35 %, and the condition of drying air was fixed at a temperature of 40°C and velocity of 1.0 m/s. The physical quality of timber was investigated. The experimental results showed that timber drying by using drying air with low-relative humidity reduced the drying time by 50% compared to timber drying by using drying air from solar energy. The physical quality of timber changed slightly.

Keywords : Timber drying, solar energy

บทนำ

การอบแห้งไม้เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการเตรียมไม้ก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งถ้าความชื้นของเนื้อไม้มีมากเกินไป เมื่อนำไม้ไปใช้งานก็จะเกิดการหดตัว แต่ถ้าความชื้นของเนื้อไม้มีน้อยเกินไป เมื่อนำไม้ไปใช้งานก็จะเกิดการขยายตัว ดังนั้นก่อนที่จะนำไม้ไปใช้ประโยชน์จะต้องผ่านการอบแห้งไม้เพื่อให้ไม้มีความชื้นที่เหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศในแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้

นี้การอบแห้งไม้ยังช่วยลดการสูญเสียของไม้ที่เกิดจากตำหนิต่างๆ เช่น การแตกที่ผิวและภายในเนื้อไม้ การแตกตามหัวไม้ และการบิดงอ เป็นต้น

ปัจจุบันในการอบแห้งไม้จะมีเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ขนาดใหญ่ เนื่องจากโรงอบแห้งไม้มีการลงทุนที่สูง และมีการใช้พลังงานสูง จึงส่งผลทำให้โรงงานอุตสาหกรรมไม้ขนาดเล็กและกลางไม่สามารถมีโรงอบแห้งไม้ ดังนั้นในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมไม้ขนาดเล็กและกลาง

¹ นิสิตปริญญาโท, ² อาจารย์, หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150

³ รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150

¹ Master degree student, ² Lecturer, Research Unit of Drying Technology for Agricultural Products, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kuntarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

³ Assoc. Prof, Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kuntarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author, ² Arthit Pean-ngam, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kuntarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand. peanngam@hotmail.com

จึงได้มีการแก้ไขปัญหของการอบแห้งไม้ด้วยการสร้างโรงอบแห้งไม้โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาทดแทน เนื่องจากมีการลงทุนที่ต่ำ รวมทั้งประเทศไทยมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูงสำหรับประเทศไทยโดยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 17 MJ/day m² ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการอบแห้งไม้ โดยทั่วไปโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในการอบแห้งประมาณ 40-55°C⁴ แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิของอากาศที่เข้าอบแห้งไม้ภายในโรงอบแห้งดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้เฉพาะเวลาที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอเท่านั้น ซึ่งถ้าเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น เวลาฝนตก หรือเวลากลางคืน อุณหภูมิของอากาศที่เข้าอบแห้งไม้ภายในโรงอบแห้งดังกล่าวก็จะเพิ่มสูงกว่าอากาศแวดล้อมภายนอกโรงอบแห้งไม้มากนัก (สูงขึ้นไม่เกิน 40°C) จึงเป็นสาเหตุทำให้โรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบแห้งไม้ นาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้จึงกลายมาเป็น “ ข้อจำกัดของโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ”

จากข้อจำกัดของโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ดังที่กล่าวมาเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดหาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งและรักษาคุณภาพของไม้ โดยการนำเอากระบวนการดูดซับความชื้นอากาศของสารดูดความชื้นมาใช้ร่วมกับโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อดัดแปลงคุณสมบัติของอากาศก่อนที่จะนำไปใช้ในการอบแห้งให้มีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำกว่าอากาศอบแห้งที่ใช้ ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไป ซึ่งผลที่ตามมาจะสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ และทำให้คุณภาพทางกายภาพของไม้มีการเปลี่ยนแปลงหรือสูญเสียน้อยกว่าไม้ที่ผ่านการอบแห้งจากโรงอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไป ส่วนสารดูดความชื้นหลังการดูดซับความชื้นอากาศอบแห้งในกระบวนการดูดซับจนกระทั่งอิ่มตัวแล้ว ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีกโดยการนำมาผ่านกระบวนการไล่ความชื้นด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดไฟฟ้า

นอกจากนี้กระบวนการดูดซับความชื้นอากาศของสารดูดความชื้นยังมีลักษณะเด่นอีกลักษณะหนึ่งคือ เมื่ออากาศแวดล้อมในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 30-35°C ไหลผ่านสารดูดความชื้น ความชื้นในอากาศแวดล้อมจะแพร่ไปยังผิวของสารดูดความชื้น หลังจากนั้นความชื้นที่ผิวของสารดูดความชื้นจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำและถูกดูดซับเข้าไปสู่ภายในสารดูดความชื้น⁵ ซึ่งในระหว่างที่ความชื้นในอากาศแวดล้อมถูกควบแน่นเป็นหยดน้ำ ความชื้นจะคายความร้อนออกมาและ

ถ่ายเทให้กับอากาศ ส่งผลทำให้อากาศแวดล้อมที่ไหลผ่านสารดูดความชื้นออกมามีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 40-45°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถนำมาอบแห้งไม้ในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือไม่มีแสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้จึงได้นำเอาลักษณะเด่นดังกล่าวนี้มาพัฒนาเพิ่มเข้าไปในโรงอบแห้งไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถทำงานได้ 3 สภาวะ คือ สภาวะที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ สภาวะที่มีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ และสภาวะที่ไม่มีแสงอาทิตย์

ทฤษฎีและหลักการ

ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้หลักการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านวัสดุจะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลชื้นพร้อมๆ กัน ความร้อนจะถ่ายเทไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้อาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ซึ่งการบ่งบอกความชื้นที่อยู่ในวัสดุสามารถคำนวณหาได้ 2 วิธี คือ^{4,5}

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น โดยใช้สมการดังนี้

$$M_w = (w - d) / w \quad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง โดยใช้สมการดังนี้

$$M_d = (w - d) / d \quad (2)$$

เมื่อ	M_w คือ	ความชื้นมาตรฐานเปียก, เศษส่วน
	M_d คือ	ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน
	w คือ	มวลของวัสดุเปียก, kg
	d คือ	มวลแห้งของวัสดุ, kg

การระเหยน้ำออกจากวัสดุจะเกิดจากของเหลวในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจาก Capillary Flow ซึ่งเป็นผลจากแรงตึงผิว (Surface Force) ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น (Vapor Diffusion) และความดันไอน้ำ (Partial Pressure of Vapor) ที่แตกต่างระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิว

คงที่ ส่งผลให้อัตราการอบแห้งคงที่ ถ้าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของอากาศรอบคงที่ และเมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่บริเวณผิวของวัสดุย่อมเปลี่ยนไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นที่อยู่ระหว่างอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤติ⁵ อัตราการอบแห้งค่อยๆ ลดลงจะกระทั่งไม่เกิดความแตกต่างของความดันไอและเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ ความชื้นสมดุล

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือตัวโรงอบแห้งและตัวรับรังสีดวงอาทิตย์⁴ ตัวรับรังสีทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนมาใช้อุ่นอากาศก่อนที่จะไหลเข้าห้องอบแห้ง นอกจากนี้อาจมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แหล่งพลังงานความร้อนเสริม และพัดลม เป็นต้น ซึ่งการแบ่งประเภทของโรงอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทหลักๆ คือ แบบการไหลของอากาศอบแห้ง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน

โรงอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งตามการไหลของอากาศอบแห้งได้ 2 แบบ^{1,3} ดังนี้ คือ

1. การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ (Passive mode (natural convection) solar dryer) โดยอาศัยหลักการความดันอากาศที่แตกต่างเนื่องจากระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
2. การไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ (Active mode (forced convection) solar dryer) โดยอาศัยพัดลมเป็นตัวสร้างความดันให้เท่ากับความแตกต่างของความดันรวมระหว่างที่ทางเข้าและที่ทางออกของเครื่องอบแห้ง

กระบวนการดูดซับ

กระบวนการดูดซับ (Adsorption process) หรือกระบวนการดูดติดที่ผิว หมายถึง กระบวนการแยกมวลสารซึ่งอาจอยู่ในรูปของโมเลกุลหรือคอลลอยด์ (ทั้งในสถานะของของเหลวและก๊าซ) ที่มีอยู่ในสารละลายหรือก๊าซ ให้เกาะอยู่บนผิวของของแข็ง ซึ่งจัดอยู่ในกระบวนการบำบัดทางกายภาพ - เคมี เพื่อทำให้สารละลาย หรือก๊าซมีความสะอาดมากขึ้น สามารถจำแนกได้ 4 ชนิด คือ การดูดซับทางกายภาพ การดูดซับทางเคมี การดูดซับแบบแลกเปลี่ยน และการดูดซับแบบเจาะจง⁵

วงล้อดูดซับความชื้น

วงล้อดูดซับความชื้น (Solid desiccant wheel) คือวงล้อที่บรรจุสารดูดซับความชื้น (Silica gel) เพื่อดูดซับ

ความชื้นออกจากอากาศ โดยมีหลักการทำงานอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนดูดซับความชื้นและส่วนไล่ความชื้น ซึ่งวงล้อดูดซับความชื้นจะดูดอากาศเข้าไปในเครื่องแล้วให้ซิลิกาเจลดูดซับความชื้นของอากาศไว้ แล้วใช้อากาศร้อนเป่ากำจัดความชื้นออกจาก Silica gel ที่ดูดซับความชื้นไว้ แล้วหมุนเวียนการดูดความชื้นของอากาศอย่างต่อเนื่อง โดยวงล้อดูดซับความชื้นจะทำงานได้ประสิทธิภาพสูงในอากาศที่มีอุณหภูมิไม่สูง และในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ⁵

คุณภาพของไม้อบแห้ง

คุณภาพของไม้อบแห้งส่วนใหญ่แล้วจะพิจารณาหลักๆ คือ ปริมาณความชื้น รอยแตก รอยปริและการบิดงอ⁶ ซึ่งคุณภาพดัดที่กล่าวมียังละเอียดดังต่อไปนี้

ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณความชื้นที่มีในไม้แสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักของน้ำหนักของไม้อบแห้งจนน้ำหนักคงที่ $10 \pm 2\%$ (db.)

รอยแตก (split) หมายถึงรอยปริหรือรอยร้าว ซึ่งติดต่อกันจากด้านหนึ่งไปถึงตรงกันข้ามหรือด้านข้างเคียง

รอยปริ (check) หมายถึงรอยแตกเล็กๆ ตามแนวเส้นและตามแนวรัศมีของไม้แปรรูปแต่ไม่ลึกจนถึงด้านตรงข้ามหรือด้านข้างเคียง⁶

การบิดงอ (warping) หมายถึงการเสียรูปของไม้แปรรูปในขณะที่แห้งลง และหมายถึงการโค้ง ห่อ โกง และบิด การวิเคราะห์การใช้พลังงานในการอบแห้ง

การวิเคราะห์การใช้พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งโดยใช้การวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะและการใช้พลังงานความร้อนจำเพาะซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ} &= \text{พลังงานไฟฟ้า (kW)} \times \text{hr} \quad (3) \\ &\text{ปริมาณน้ำระเหย (kg)} \end{aligned}$$

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมวัสดุ

ไม้ที่นำมาอบแห้งคือไม้กะบกซึ่งจัดอยู่ในประเภทไม้เนื้อแข็ง⁶ ที่ผ่านการเลื่อยแปรรูป มีรอยตำหนิน้อยที่สุดและใส่ด้วยกบไฟฟ้าทั้ง 4 ด้าน โดยที่ขนาดเริ่มต้นมีขนาด $2.54 \times 10 \times 120$ cm ก่อนที่จะนำมาตัดหาความชื้นโดยการตัดเข้ามากจากปลายประมาณ 20 cm ทั้ง 2 ด้าน แล้วตัดเอาส่วนปลายทั้งสองด้านขนาดความยาว 2.54 cm เพื่อนำไปหาความชื้นและขนาดไม้สุดท้ายก่อนจะทำการอบแห้งมีขนาดประมาณ $2.54 \times 10 \times 75$ cm มีน้ำหนักประมาณ 2200 -2800 g ซึ่งไม้ตัวอย่างดังกล่าวมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 40-50% (db.)

กระบวนการอบแห้ง

โรงอบแห้งไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่พบในโรงงานอุตสาหกรรมไม้แปรรูปปัจจุบันซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยาวนานจึงมีการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวงจรดูดซับความชื้นอากาศ แสดงดัง Figure1 ประกอบด้วย ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปสามเหลี่ยม⁴ ขนาด 2x4 ตารางเมตร โดยด้านบนสุดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ใช้โพลีคาร์บอเนตแบบใสขนาดความหนา 6 mm เป็นหลังคาโปร่งแสงด้านล่างรองด้วยแผ่นเหล็กหนา 2 mm แล้วโรยด้วยทรายหนา 5 cm แล้วปิดด้วยแผ่นสังกะสีทาสีดำด้าน ห้องอบแห้งทำจากเหล็กแผ่น ขนาด 1x1x1 m³ และติดตั้งพัดลมเป่าอากาศเข้าห้องอบแห้ง ด้านหลังโดยมีชุดใบปรับก่อนเข้าห้องอบแห้ง แหล่งกำเนิดความร้อนส่วนหนึ่งทำจากขดลวดไฟฟ้าขนาด 11 kW

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้ นำไม้กะบก ขนาด

2.5x10x75 cm ตามมาตรฐานการทดลอง แต่ละตัวอย่าง จะมีน้ำหนักประมาณ 2500 g ใส่ในโรงอบแห้งครั้งละสาม ตัวอย่างส่วนที่เหลือจะวางไม้ที่แห้งแล้วเพื่อจำลองห้องอบแห้ง ให้เหมือนสภาพจริง ๆ ซึ่งจะให้อากาศร้อนจากตัวกักเก็บความร้อน (Solar collector) ไปใช้ในการอบแห้ง (S) และอีกระบบ จะใช้อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไปใช้ในการอบแห้งโดยกำหนดความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนดูดซับที่ 70%RH ด้วยเครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์อากาศแล้วใช้อากาศไล่ความชื้นในวงจรดูดซับ (LRH) ด้วยขดลวดไฟฟ้าร่วมกับอากาศร้อนจากตัวกักเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) แล้วปรับความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s อากาศภายในห้องอบแห้งประมาณ 40 °C แสดงดัง Figure 2

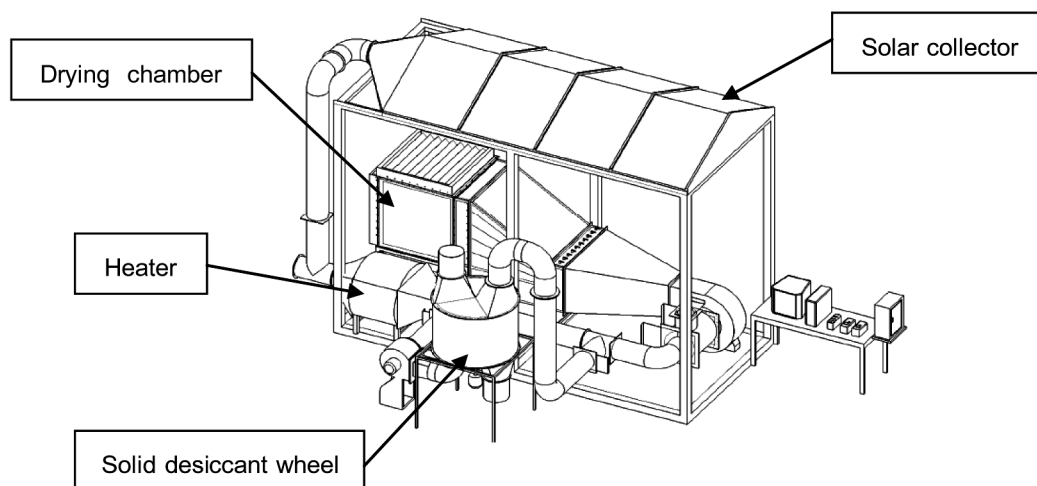


Figure 1 Wood drying house by using combination of solar energy and drying-air adsorption process.

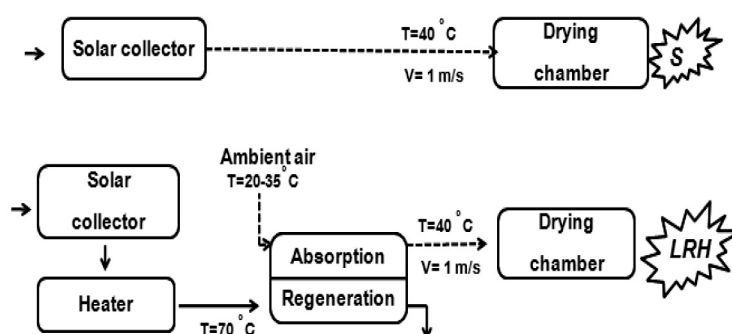


Figure 2 System of low humidity air drying and hot air drying.

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้ นำไม้กะบก ขนาด $2.5 \times 10 \times 75$ cm ตามมาตรฐานการทดลอง แต่ละตัวอย่าง จะมีน้ำหนักประมาณ 2500 g ใส่ในโรงอบแห้งครึ่งละสาม ตัวอย่างส่วนที่เหลือจะวางไม้ที่แห้งแล้วเพื่อจำลองห้องอบแห้ง ให้เหมือนสภาพจริง ๆ ซึ่งจะให้อากาศร้อนจากตัวกักเก็บความร้อน (Solar collector) ไปใช้ในการอบแห้ง (S) และอีกระบบ จะใช้อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไปใช้ในการอบแห้งโดย กำหนดความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนดูดซับที่ 70%RH ด้วย เครื่องเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์อากาศแล้วใช้อากาศไล่ความชื้นใน วงล้อดูดซับ (LRH) ด้วยขดลวดไฟฟ้าร่วมกับอากาศร้อนจาก ตัวกักเก็บรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) แล้วปรับความเร็ว อากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s อากาศภายในห้องอบแห้งประมาณ 40°C แสดงดัง Figure 2

ทำการอบแห้งตั้งแต่เวลา 9.00 - 17.00 หลังจากนั้น ในช่วงที่ไม่มีแสงแดดคือจาก 17.00-9.00 จะนำไม้มาเก็บไว้ โดยห่อด้วยถุงพลาสติกหุ้มทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม้ อบแห้งมีความชื้นที่กำหนดไว้ ในช่วงเวลาของการอบแห้ง จะนำตัวอย่าง ออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาทำการเก็บข้อมูลน้ำหนัก ทุก 10 นาทีในช่วง 30 นาทีแรก และทุก 30 นาทีในช่วง 2 ชั่วโมงต่อมา และทุก ๆ 5 ชั่วโมงในเวลาต่อมาจนกระทั่งไม้ แปรรูปมีความชื้นสุดท้ายตามที่ต้องการประมาณ 12 % (db.) และทำการเก็บบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติด้วยเครื่อง (Data Logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MX 100 มี 40 Channel ทุก ๆ 10 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K แล้วนำไม้ที่ผ่านการอบแห้ง แล้วนำมาวัดขนาดเพื่อคำนวณหาอัตราการหดตัว ตรวจสอบ

คุณภาพทางกายภาพต่างๆ เช่น ความชื้น การหดตัว การแตก การบิดงอ และตัดหาความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งอีกครั้ง เพื่อความละเอียดของข้อมูล

ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น

การนำเสนอปริมาณความชื้นของไม้กะบกอบแห้งใน ที่นี้จะนำเสนอต่อระยะเวลาในการอบแห้งจนกระทั่งความชื้น สุดท้ายของไม้กะบกลดลงเหลือประมาณ 12 % มาตรฐานแห้ง ดังแสดงใน Figure 3

ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของไม้กะบก ภายใต้การอบแห้งอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำในสภาวะอบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศ 40°C ความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s โดยการนำเสนอข้อมูลจะนำเสนอเป็นระยะเวลาในการอบแห้งเนื่องจากมีระยะเวลาในการอบแห้งที่นาน ซึ่งพบว่า ลักษณะการลดลงของความชื้นของไม้กะบกภายใต้การอบแห้ง ด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะมีระยะเวลาในการอบแห้งที่ น้อยกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อน ซึ่งทั้งสองกรณีใช้เวลา 72 และ 147 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ ต่ำปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งมากที่สุดคือความชื้นสัมพัทธ์ของ อากาศอบแห้ง ดังนั้นจึงส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งไม้กะ บกภายใต้การอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีระยะ เวลาในการอบแห้งที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้ง ด้วยอากาศร้อน

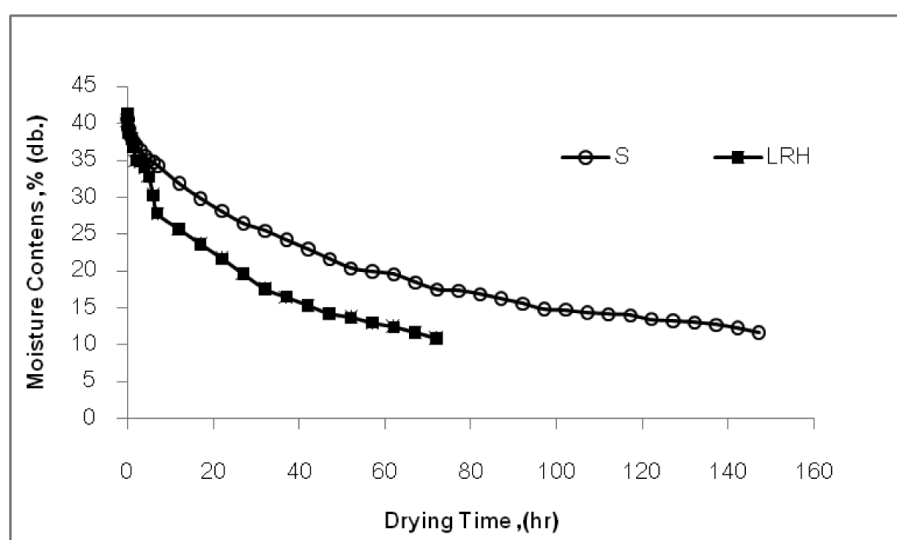


Figure 3 Moisture content in wood under low humidity air drying and hot air drying.

Table 1 Wood Shrinkage under low humidity air drying and hot air drying.

State / System	Wood Shrinkage		
	long (%)	Wide (%)	Thick (%)
Control	0.14	1.81	4.74
S	0.38	2.01	5.24
LRH	0.30	2.14	5.29

การแตก การบิดงอ ปริที่ผิว

การแตก การบิดงอ และปริที่ผิวไม้กะบะบหลังอบแห้งที่สภาวะอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 40 °C และความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s ภายใต้อากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและอบแห้งด้วยอากาศร้อนพบว่ามีการแตก การบิดงอ ปริที่ผิวไม้ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกรอบด้วยแห้งด้วยอากาศร้อนและอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดี

การหดตัว

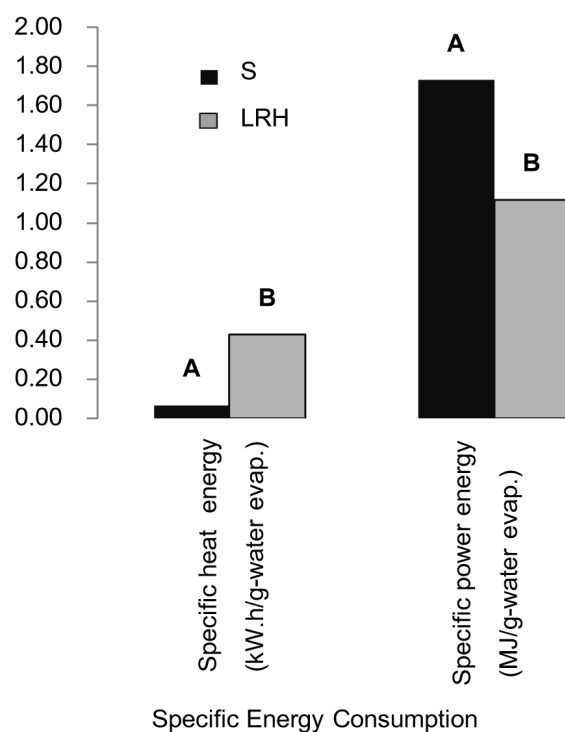
การหดตัวของไม้กะบะบจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านความยาวเกิดขึ้นน้อยที่สุด รองลงมาคือด้านความกว้าง และด้านหน้ามีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ 5.29% ซึ่งเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเนื้อวัสดุจะมีการเคลื่อนที่ออกทุกทิศทางซึ่งทางด้านความหนาของไม้ไม่สามารถเคลื่อนที่ออกได้ง่ายที่สุดจึงทำให้การหดตัวในด้านความหนาเกิดขึ้นมากกว่าด้านอื่นๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบการหดตัวของไม้หลังอบแห้ง การหดตัวของทั้งสองสภาวะมีค่าที่ใกล้เคียงกันและเป็นการหดตัวที่ยังเหมาะสมและยอมรับได้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดีดังแสดงใน Table 1

การใช้พลังงานในการอบแห้ง

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะในการอบแห้งไม้จะแสดงค่าในหน่วย kW.h/g-water evap. ดังแสดงใน Figure 4 ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะของการอบแห้งไม้ด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและการอบแห้งด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งคงที่ 40 °C และความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s พบว่า การอบแห้งไม้ภายใต้การอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 0.4284 kW.h/g-water evap. และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 0.0671 kW.h/g-water evap. ซึ่งการอบแห้งด้วยอากาศความ

ชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะมากกว่าการอบแห้งไม้ด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากการอบแห้งด้วยอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำนั้นจะใช้ปริมาณพลังงานความร้อนที่กำเนิดจากขดขวดไฟฟ้าและพัดลมเพื่อใช้ในการไล่ความชื้นซิลิกาเจลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เพิ่มเข้ามาทำให้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะมากกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนสิ้นเปลืองไปในส่วนนี้

**Figure 4** Specific energy consumption under low humidity air drying and hot air drying.

2. ปริมาณการใช้พลังงานความร้อนจำเพาะ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะในการอบแห้งไม้จะแสดงค่าในหน่วย MJ/g-water evap. ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานความร้อน

จำเพาะของการอบแห้งไม้ด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 40°C และความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s พบว่า การอบแห้งไม้ภายใต้การอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำใช้พลังงานความร้อนจำเพาะเท่ากับ $1.184\text{ kW.h/g-water evap.}$ และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนมีการใช้พลังงานความร้อนจำเพาะเท่ากับ $1.730\text{ kW.h/g-water evap.}$ ซึ่งการอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการใช้พลังงานความร้อนจำเพาะน้อยกว่าการอบแห้งไม้ด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่า

สรุปผลการทดลอง

การอบแห้งไม้กะบกแปรรูปภายใต้การอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ โดยใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 40°C และความเร็วอากาศอบแห้งคงที่ 1 m/s เหมาะสมสำหรับการอบแห้งไม้กะบกแปรรูป เนื่องจากมีอิทธิพลทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของไม้กะบกหลังทำการอบแห้งน้อย และสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันแต่การอบแห้งภายใต้สภาวะอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะมากกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยอากาศความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะเหมาะสมที่สุดในช่วงฤดูฝนซึ่งอากาศแวดล้อมทั่วไปมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากซึ่งจะช่วยเพิ่มกำลังการผลิตได้สูงถึง 50 % เมื่อพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์จะมีระยะเวลาในการคั้นทุนเร็วกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนปกติ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.-อุตสาหกรรม ประจำปี 2552 ซึ่งรับการสนับสนุนวัสดุในการทำวิจัยจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทวีลาภพูลผล

เอกสารอ้างอิง

- 1 Atul Sharma, C.R. Chen and Nguyen Vu Lan. Solar-energy drying systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008;13:1185-1210.
- 2 D. Luna, J.P. Nadeau and Y. Jannot (2008). Solar timber kilns: State of the art and foreseeable developments, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008;13:1446-1455.
- 3 O.V. Ekechukwu, B. Norton. Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, Energy Conversion & Management 1997;13:615-655.
- 4 สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ;2540.
- 5 ภาณุมาศย์ พัฒโท. การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้งข้าวอินทรีย์สมุนไพรเพื่อการประหยัดพลังงานและการรักษาคุณภาพโดยการดัดแปลงสมบัติของอากาศอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2553.
- 6 ประกิจ พิศาลบุตร และ กริต สามพุทธิ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้แปรรูป, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม; 2527.