



การอบแห้งปลานิลด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

Tilapia Nilotica Drying with Solar Greenhouse Dryer

พลวัฒน์ พลเดช¹, โสภา แคนสี^{1*}Ponlawat Pontecha¹, Sopa Cansee^{1*}¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 44150¹Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150*Corresponding author: Tel: +66-8-6630-1252, E-mail: sopa.c@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและการเตรียมปลานิลที่มีผลต่อคุณภาพอบแห้งของผลิตภัณฑ์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีขนาดความกว้าง 3.0 m ยาว 4.0 m สูง 2.3 m และติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ขนาด 3.4 W ใช้ปลานิลขนาดเล็กที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันเป็นตัวอย่างทดสอบเตรียมให้แตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ ปลาที่แห้งและปลาที่ไม่แห้ง หมักด้วยเครื่องปรุงรสเป็นเวลา 1 h ก่อนนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้ง เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ ตั้งแต่ 9.00-17.00 น. เป็นเวลา 2 d จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อบแห้งทดสอบหาคุณภาพด้านความชื้น สี และวอเตอร์แอกทีวิตี ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 12.8°C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำกว่าภายนอก 13%RH ส่งผลให้เครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นปลานิลจาก 80%w.b. เป็น 25.8%w.b. ลดความชื้นได้มากกว่าการตากแดดธรรมชาติถึง 6.2%w.b. นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของการเตรียมปลานิลส่งผลต่อค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทีวิตี แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: ปลานิลอบแห้ง, เครื่องอบแห้ง, พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The objective of this research was studied performance of a dryer and difference preparation of Tilapia Nilotica on dried to product. The solar greenhouse dryer size is width 3.0 m length 4.0 m height 2.3 m and install ventilation fan of 3.4 W. Tilapia Nilotica small size was prepared with 2 patterns including flat and non-flat and marinated with seasonings about for 1 h. Then sample fish was dried in the solar greenhouse dryer and natural sun 9:00 a.m. – 5:00 p.m. for 2 days. The moisture content, water activity and color value were determined. The results showed that the temperature of the solar greenhouse dryer is 12.8°C higher than the ambient temperature. Relative humidity of the air inside less than ambient 13.0%RH. The solar greenhouse dryer can be reduced moisture content of Tilapia Nilotica from 80%w.b. to 25.8%w.b. which is more than natural sun 6.2%w.b. In addition, preparation difference of Tilapia Nilotica is significant different to moisture content and water activity but not significant different to color value ($P < 0.05$).

Keywords: Tilapia Nilotica Drying, Dryer, Solar Energy

1 บทนำ

ปลาเป็นแหล่งอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยง่าย วิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ปลาเป็นอาหารที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการดำรงชีวิตของคนไทยมาเป็นเวลายาวนาน สามารถจับได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติและการเพาะเลี้ยง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและการ

เพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ จึงทำให้ปลาตามแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณลดลง แต่ความต้องการบริโภคมีมากขึ้น การเลี้ยงปลาตามชายฝั่งทะเลและการเลี้ยงปลาน้ำจืดจึงเป็นทางเลือกที่ช่วยให้ปลามีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการได้ ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด 359,200 ton ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลานิลประมาณ 200,800 ton คิดเป็นมูลค่า

Received: January 21, 2020

Revised: March 30, 2020

Accepted: March 30, 2020

Available online: September 16, 2020

10,728 ล้านบาท โดยมีสัดส่วนของการบริโภคปลานิลแบบสดร้อยละ 82 และมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ปลานิลหนึ่ง ปลานิลย่าง ปลานิลเค็มตากแห้ง และผลิตภัณฑ์อื่นๆ (กรมประมง, 2561) การตากแห้งเป็นวิธีถนอมอาหารที่ได้รับความนิยมและเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน มีวิธีการโดยสังเขปคือนำปลาตัดแต่งให้เหมาะกับชนิดและลักษณะของปลานิล ล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำเกลือเจือจาง นำไปลดความชื้นโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานอื่น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) เพื่อการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และเพิ่มมูลค่าให้กับปลานิล การตากแดดเป็นวิธีลดความชื้นที่สะดวก ไม่ซับซ้อน และใช้ทุนต่ำ วิธีนี้จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก แต่ผลิตภัณฑ์มีโอกาสปนเปื้อนฝุ่นละอองและอาจถูกรบกวนจากสัตว์หลายชนิด (ณัฐพล, 2548) เทคโนโลยีอบแห้งจึงมีความจำเป็นสำหรับกระบวนการลดความชื้นของปลา เนื้อสัตว์ และวัสดุทางการเกษตรอื่นๆ สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพและลดระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการอบแห้งอาศัยหลักการพาความร้อน 2 แบบ คือการพาความร้อนตามธรรมชาติ อาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อนของอากาศ และการพาความร้อนแบบบังคับอากาศ อาศัยแรงดันจากพัดลมเพื่อพาความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งชนิดของการอบแห้งตามวิธีการรับรังสีได้ 4 แบบ ได้แก่ แบบรับรังสีโดยตรง แบบรับรังสีโดยอ้อม แบบผสม และแบบเรือนกระจก (Sodha et al., 1987)

เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Solar greenhouse dryer) อาศัยความร้อนจากแสงแดดเป็นพลังงานสะอาดที่ได้รับจากธรรมชาติตกกระทบเข้ามาภายในเรือนอบแห้งและไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ โดยอุปกรณ์มีลักษณะเป็นโรงเรือนขนาดใหญ่ประกอบด้วยโครงหลังคาทรงโค้งพาราโบลา (Parabola) ทำด้วยเหล็กปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate sheets) พื้นเป็นคอนกรีต ด้านหลังมีช่องอากาศไหลเข้า ด้านหน้ามีประตูและมีพัดลมเพื่อดูดอากาศออก ภายในมีชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง (เสริม, 2560) เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตไปยังผลิตภัณฑ์ แสงอาทิตย์บางส่วนตกกระทบพื้นคอนกรีตและแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา แต่เนื่องจากรังสีอินฟราเรดเป็นรังสีคลื่นยาวไม่สามารถผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตออกไปภายนอกได้ อุณหภูมิภายในเรือนอบแห้งจึงสูงกว่าภายนอก ทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมา และน้ำที่ระเหยออกมาจะถูกพัดลมดูดออกภายนอกจึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วกว่าการตากแดดธรรมชาติ จะเห็นได้จากการศึกษาที่ผ่านมา เช่น ในงานวิจัยของชนก (2551) ศึกษาสมรรถนะเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกขนาดความกว้าง 7.5 m ยาว 20.0 m และสูง 4.5 m มีพัดลมดูดอากาศ 15 W ใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 W อบแห้งกล้วยน้ำว้า 1,000 kg และเมล็ดกาแฟ 200 kg พบว่าอุณหภูมิภายในเรือนอบแห้งมีค่าระหว่าง 45-60°C สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 8-20°C สามารถอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่มีความชื้น 70%w.b. ให้เหลือ 20%w.b.

ภายในเวลา 5 d ในขณะทำการตากแดดธรรมชาติใช้เวลา 7 d และอบแห้งเมล็ดกาแฟที่มีความชื้น 55% w.b. ให้เหลือ 13%w.b. ภายในเวลา 2 d ในขณะทำการตากแดดธรรมชาติใช้เวลา 4 d เอกพบ (2556) ศึกษาสมรรถนะของเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกขนาดความกว้าง 8.0 m ยาว 12.4 m และสูง 4.4 m มีพัดลมดูดอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 W อบแห้งข้าวแต๋น ข้าวเกรียบ พริก และกล้วยเล็บมือนาง พบว่าอุณหภูมิภายในเรือนอบแห้งมีค่าระหว่าง 45-50°C สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 10-15°C สามารถอบแห้งข้าวแต๋น ข้าวเกรียบ พริก และกล้วยเล็บมือนาง ที่มีความชื้นเริ่มต้น 58 38 84 และ 72%w.b. ให้เหลือ 24 16 13 และ 22%w.b. ภายในเวลา 1 2 3 และ 3 d ตามลำดับ ในขณะทำการตากแดดธรรมชาติใช้เวลา 2 3 7 และ 4 d ตามลำดับ จักรพรรณ์ (2557) ศึกษาสมรรถนะของเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกขนาดความกว้าง 9.0 m ยาว 27.0 m และสูง 3.4 m ติดตั้งพัดลมขนาด 15 W ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 W อบแห้งยางพาราแผ่น 6 ครั้ง ครั้งละ 750 kg พบว่าอุณหภูมิภายในเรือนอบแห้งมีค่าระหว่าง 45-60°C สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 10-15°C สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นที่มีความชื้น 24-31%w.b. ให้เหลือ 0.4-13%w.b. ภายในเวลา 5 d ในขณะทำการตากแดดธรรมชาติใช้เวลา 15 d

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า เทคโนโลยีอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีลักษณะเป็นโรงเรือนขนาดใหญ่ที่สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณมาก อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาของการอบแห้งลงได้ การอบแห้งแบบเรือนกระจกถูกนำไปใช้กับพืชผลทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองอบแห้งปลานิล เพื่อศึกษาสมรรถนะของเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกและศึกษาวิธีการเตรียมปลานิลที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งในด้านสี ความชื้น และวอเตอร์แอกทีวิตี นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับปลานิลและช่วยให้ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบแห้งที่ได้ถูกสุขอนามัยมากยิ่งขึ้น

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีขนาดความกว้าง 3.0 m ยาว 4.0 m และสูง 2.3 m โครงหลังคาทรงโค้งพาราโบลาทำด้วยเหล็กกลมปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต พื้นเป็นคอนกรีต ด้านหลังมีช่องอากาศไหลเข้า ด้านหน้ามีประตูเข้า-ออกทำจากกระจกใสสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์บนชั้นวางด้านใน และมีพัดลมดูดอากาศขนาด 3.4 W จำนวน 3 ตัว ดังแสดงใน Figure 1 เรือนอบแห้งติดตั้งที่ฟาร์มปลาแฝดติดา 3 บ้านยางน้อย ตำบลยางน้อย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม แนวทิศเหนือ-ใต้ ในตำแหน่งละติจูดที่ 16°17'52.7"N และลองจิจูดที่ 103°06'11.7"E

อุปกรณ์สำหรับทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด k มีความแม่นยำ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DX200 มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -200-1,000 $^{\circ}\text{C}$ มีความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ Smart sensor รุ่น AR867 แบบมีสายหัววัดแยกมีช่วงการวัด 20-99%RH มีความแม่นยำ $\pm 5\%RH$ และเครื่องชั่งน้ำหนัก ดิจิตอลยี่ห้อ OHAUS pioneer มีความแม่นยำ $\pm 0.1\text{ g}$

อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาไหลอบแห้งใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memert เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex EZ 45/0 LAV มีความแม่นยำในการวัดสี $\Delta E^* 0.05$ CIE L*a*b* บนวัตถุสีขาว และเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ยี่ห้อ Aqualab รุ่น 4TE มีความแม่นยำ ± 0.003



Figure 1 The solar greenhouse dryer.

2.2 วิธีการ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบอบแห้งปลาไหลในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2562 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) นำปลาไหลขนาดเล็กที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันประมาณ 200-300 g ต่อตัว มาตัดแต่งให้มีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือปลาไหลที่แผ่และปลาไหลที่ไม่แผ่ ปลาไหลทั้งหมดจะถูกชั่งตวง น้ำหนัก และอวัยวะภายนอก ดังแสดงใน Figure 2 จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเกลือ หมักด้วยเครื่องปรุงรส (เกลือ 200 g น้ำตาลทราย 200 g น้ำปลา 200 g และน้ำมะขาม 200 g) เป็นเวลา 1 h ก่อนนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งและตากแดดธรรมชาติ

2) ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด k วัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 1 ตำแหน่ง วัดการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง 21 ตำแหน่ง ติดตั้งเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและภายในเครื่องอบแห้ง ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 min โดยที่ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดต่างๆแสดงใน Figure 3

3) นำปลาไหลตัวอย่างที่เตรียมไว้ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการทดสอบแบบเจาะจงทุกตัวอย่าง แล้วนำไปวางบนชั้นวางผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบแห้งและตากแดดธรรมชาติ จากนั้นชั่งน้ำหนักพร้อมกับกลับด้านปลาไหลทุกๆ 1 h เพื่อประเมินการลดลงของน้ำหนักต่อเวลา เริ่มต้นทดสอบอบแห้งปลาไหลตั้งแต่ 9.00-17.00 น. เป็นเวลา 2 d

4) นำปลาไหลอบแห้งไปทดสอบหาค่าความชื้นสุดท้ายด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 72 h และชั่งน้ำหนักสุดท้ายหลังอบลมร้อน (AOAC, 1995) จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความชื้นดังสมการ (1)

5) นำปลาไหลอบแห้งไปทดสอบหาค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยใช้กรรไกรตัดตัวอย่างเป็นชิ้นๆ ให้สามารถวางบนแผ่นวางตัวอย่างของเครื่องวัดสีได้พอดี จากนั้นทำการวัดค่าสี 3 ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ พร้อมบันทึกข้อมูล

6) นำปลาไหลอบแห้งประมาณ 3 g ไปทดสอบหาค่าวอเตอร์แอกทีวิตี โดยใช้มีดสับเป็นชิ้นเล็กๆ นำตัวอย่างเข้าเครื่อง Aqualab รุ่น 4TE ทำการทดลอง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ พร้อมบันทึกข้อมูล

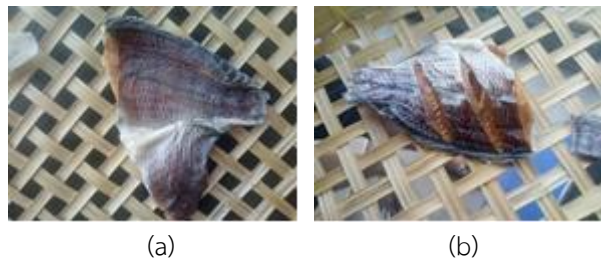


Figure 2 The preparation of (a) tilapia nilotica flat and (b) non flat.

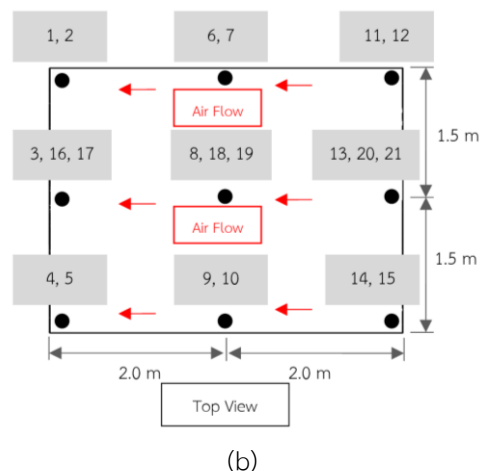
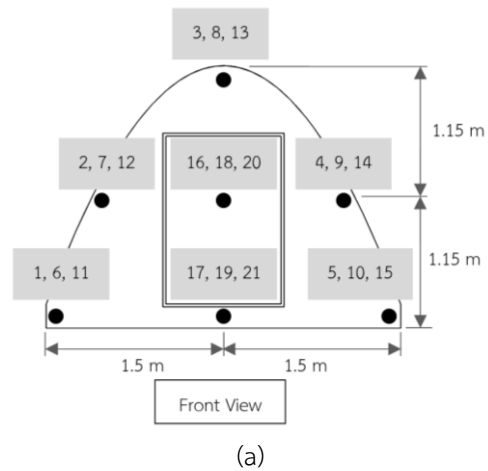


Figure 3 Position of thermocouple type k in (a) front view and (b) top view.

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาดังต่อไปนี้

1) ความชื้นของผลิตภัณฑ์ มวลที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 72 h เป็นองค์ประกอบของวัสดุชิ้น ซึ่งสามารถนำมาคำนวณค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ดังสมการ (1) (AOAC, 1995; Bala, 1997)

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ (%w.b.)

w คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ (kg)

d คือ น้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ (kg)

2) ค่าสี และค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ จะคำนวณความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS statistics

3 ผลและวิจารณ์

การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งด้วยการวัดการกระจายอุณหภูมิ วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง และศึกษาวิธีการเตรียมปลานิลที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลานิลอบแห้งด้านสี ความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

1) ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้านการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งด้วยการวัดอุณหภูมิ 21 ตำแหน่ง ดังแสดงใน Figure 3 วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง ได้ทำการทดสอบในวันที่ 10-30 เมษายน 2562 ตั้งแต่เวลา 9.00-17.00 น. ซึ่งมีค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยของเดือน 21 MJ m⁻² day (Solar gen, 2562) การกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของวันที่ 10 เมษายน 2562 จาก Figure 4 พบว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย 39.8°C อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งตำแหน่งล่าง ตรงกลาง และบนมีค่าเฉลี่ย 45.1 51.4 และ 52.6°C ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าตำแหน่งล่างมีอุณหภูมิต่ำสุด และตำแหน่งบนมีอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันมากถึง 7.5°C สำหรับอุณหภูมิที่ตำแหน่งตรงกลางและตำแหน่งบนมีความแตกต่างกันเพียง 1.2°C ความแตกต่างกันของอุณหภูมิทั้งสามระดับเกิดจากอากาศสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้าไปภายในเครื่องอบแห้งไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าซึ่งจะลอยตัวสูงกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ สอดคล้องกับหลักการเคลื่อนที่อากาศ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2016) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาจะเห็นว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้นไปจนถึงเวลา 11.00 น. นอกจากนี้ช่วงเวลา 13.00-14.00 น. เป็นช่วงที่มีการเพิ่มขึ้น-ลดลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก

ช่วงเวลาดังกล่าวมีกลุ่มเมฆลอยมาบังแสงอาทิตย์จึงส่งผลให้อุณหภูมิในช่วงเวลานั้นลดลง สำหรับในช่วงเวลา 15.00 น. เป็นต้นไปอุณหภูมิจะลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงเวลา 17.00 น. ซึ่งอุณหภูมิจะลดตามค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ลดลง สอดคล้องกับการทดสอบวันที่ 30 เมษายน 2562 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย 40.6°C อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งตำแหน่งล่าง ตรงกลาง และบน มีค่าเฉลี่ย 45.4 51.6 และ 52.1°C ตามลำดับ โดยที่ตำแหน่งล่างมีอุณหภูมิต่ำสุด และตำแหน่งบนมีอุณหภูมิสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของทั้งสองวัน พบว่า ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของวันที่ 30 มีค่าน้อยกว่าวันที่ 10 เนื่องด้วยวันที่ 30 มีเมฆปกคลุมมากกว่าดังจะเห็นได้จาก Figure 5 ช่วงเวลา 12.00-13.10 น. เป็นช่วงที่อุณหภูมิลดลงอย่างเห็นได้ชัด

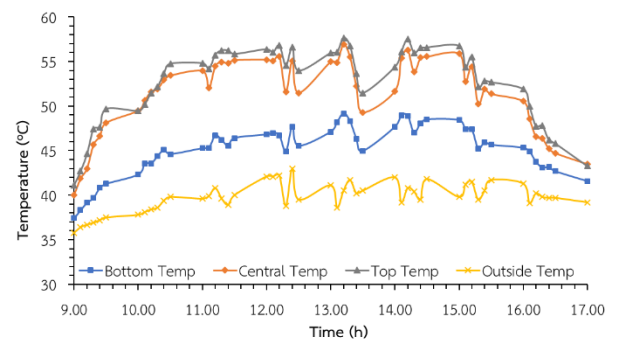


Figure 4 Comparison of air temperature between inside and outside solar greenhouse dryer at April 10, 2019.

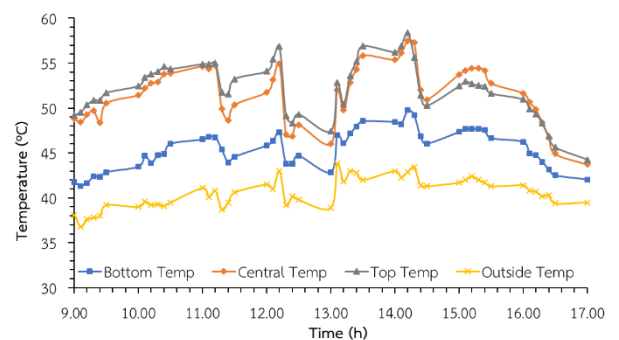


Figure 5 Comparison of air temperature between inside and outside solar greenhouse dryer at April 30, 2019.

2) ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้านการประเมินความแตกต่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอก จาก Figure 6 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและภายในเครื่องอบแห้ง จะเห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกของวันที่ 10 และ 30 เมษายน 2562 มีค่าเฉลี่ย 27.7 และ 31.7%RH ตามลำดับ ซึ่งภายนอกเครื่องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงกว่าภายใน 7.9 และ 13.0%RH ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพร้อมกับกราฟอุณหภูมิ ดังแสดงใน Figure 4 และ 5 จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้น

สัมพัทธ์ของอากาศลดลงซึ่งเป็นไปตามหลักการไฮโครเมตริก (Naemsia et al., 2015)

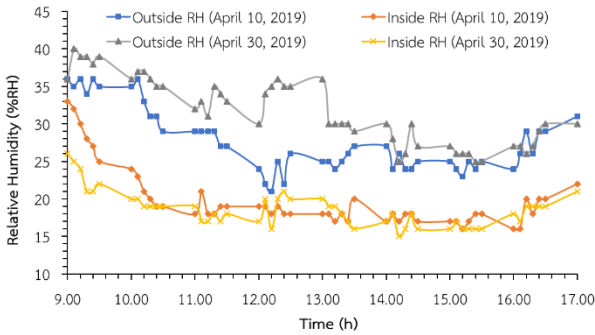


Figure 6 Comparison of relative humidity between inside and outside solar greenhouse dryer at April 10 and 30, 2019.

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้านการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้งเมื่อพิจารณาตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งด้วยการมองจากภาพถ่ายด้านบนพบว่าอุณหภูมิมีความแตกต่างกันน้อยมากแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งหน้า ตรงกลาง และหลังไม่มีผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ แต่ถ้าหากพิจารณาในมุมมองภาพถ่ายด้านหน้าจะเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิตำแหน่งล่าง ตรงกลาง และบน ได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าระดับความสูงส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง นอกจากนี้เครื่องอบแห้งยังสามารถสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิภายในให้สูงกว่าภายนอกได้สูงสุดถึง 12.8°C ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเครื่องอบแห้งได้รับรังสีแสงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปภายในเครื่องอบแห้งและรังสีแสงอาทิตย์ไม่สามารถสะท้อนกลับออกมาด้านนอกได้เกิดเป็นสภาวะเรือนกระจกมีการสะสมความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (เสริม, 2560)

3.2 ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การทดสอบอบแห้งปลาชนิดที่มีวิธีเตรียมแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือปลาชนิดที่แฉะและปลาชนิดที่ไม่แฉะ จากนั้นนำไปหมักด้วยเครื่องปรุงรสเป็นเวลา 1 h ก่อนจะนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ ตั้งแต่เวลา 9.00-17.00 น. เป็นเวลา 2 d แล้วนำผลิตภัณฑ์สุดท้ายไปทดสอบคุณภาพด้านสี ความชื้น และวอเตอร์แอกทีวิตี้ โดยผลการทดสอบคุณภาพทั้งสามด้านมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความชื้นของปลาลอบแห้งสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์สุดท้ายเข้าตู้อบลมร้อน 105°C เป็นเวลา 72 h พร้อมกับชั่งน้ำหนักก่อน-หลังการอบ จากนั้นนำไปคำนวณด้วยสมการ (1) จาก Figure 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของปลาลอบแห้งกับเวลา พบว่าปลานิลตัวอย่างที่นำมาทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 80%w.b. เมื่อนำไปตากแดดและ

เข้าเครื่องอบแห้งความชื้นของปลานิลลดลงใกล้เคียงกันในช่วงเริ่มต้นจนกระทั่งเมื่อเวลา 4 h เป็นต้นไป ความชื้นในแต่ละการทดลองเริ่มแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ปลานิลที่เตรียมแบบแฉะมีความชื้นต่ำกว่าปลานิลที่เตรียมแบบไม่แฉะถึง 7.9%w.b. เนื่องจากปลานิลที่แฉะจะมีพื้นที่การระเหยของน้ำมากกว่าปลานิลที่ไม่แฉะ และมีความบางกว่าจึงทำให้โมเลกุลของน้ำในตัวอย่างระเหยออกมาได้เร็วกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรศาสตร์ (2558) กล่าวว่าความหนาของผลิตภัณฑ์อบแห้งมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง นอกจากนี้หากพิจารณาที่รูปแบบของการอบแห้งยังพบอีกว่าวิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสามารถลดความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ได้ต่ำกว่าการตากแดดธรรมชาติทั้งในลักษณะของปลานิลที่เตรียมแบบแฉะและไม่แฉะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฮาติมมีและคณะ (2559) เนื่องจากภายในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิที่สูงกว่า ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำกว่าภายนอกเครื่องอบแห้ง จึงส่งผลให้น้ำในผลิตภัณฑ์สามารถระเหยได้ดีกว่าการตากแดดธรรมชาติ ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สูงกว่า (วสันต์ และพรชัย, 2560) สำหรับความชื้นสุดท้ายของปลานิลอบแห้งในแต่ละเงื่อนไขคือ ปลานิลที่แฉะตากแดดธรรมชาติ ปลานิลที่แฉะอบในเครื่องอบแห้ง ปลานิลที่ไม่แฉะตากแดดธรรมชาติ และปลานิลที่ไม่แฉะอบในเครื่องอบแห้งมีความชื้น 28.9 25.8 36.8 และ 30.6%w.b. ตามลำดับ

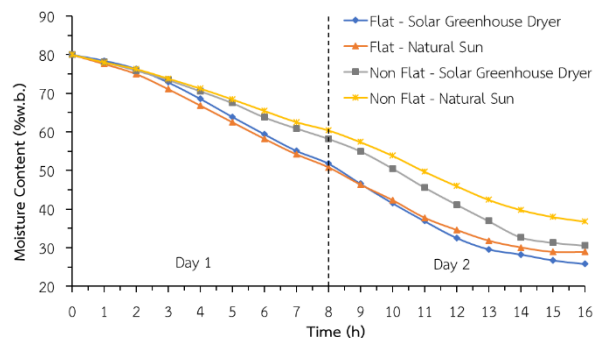


Figure 7 Comparison of moisture content in tilapia nilotica between drying with solar greenhouse dryer and natural sun.

2) สีของปลาลอบแห้ง จาก Table 1 พบว่าลักษณะของการเตรียมปลานิลและวิธีการลดความชื้นไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าสี โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีค่าสี L* อยู่ระหว่าง 28.07-35.75 แสดงว่าตัวอย่างมีความสว่าง ซึ่งหมายถึงผิวของตัวอย่างปรากฏเป็นสีขาวสว่างที่มีสภาพการสะท้อนกลับของแสงค่าสี a* อยู่ระหว่าง 1.22-3.09 แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงค่าสี b* อยู่ระหว่าง 5.54-7.88 แสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลือง

Table 1 Result of color value test in dried tilapia nilotica.

Condition		L* (ns)	a*	b* (ns)
Natural Sun	Flat	33.77±4.61	3.09±0.29 ^a	7.88±2.32
	Non-Flat	35.75±4.07	1.22±0.34 ^c	6.59±1.48
Solar Dryer	Flat	28.54±3.73	2.37±0.25 ^b	6.35±1.53
	Non-Flat	28.07±2.53	1.89±0.66 ^b	5.54±2.74

Note: (ns) Means in the same column are not significantly different (P<0.05).

3) ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ (Water activity) ของปลานิลอบแห้ง จาก Table 2 พบว่าวิธีลดความชื้นไม่ส่งผลต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ แต่ลักษณะของการเตรียมปลานิล ส่งผลต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยปลานิลที่แห้งจะมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ต่ำกว่าปลานิลไม่แห้ง ซึ่งค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ต่ำจะทำให้ระยะเวลาของการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น

Table 2 Result of water activity test in dried tilapia nilotica.

Condition	Water Activity	
Natural Sun	Flat	0.69±0.09 ^b
	Non-Flat	0.84±0.05 ^a
Solar Dryer	Flat	0.68±0.05 ^b
	Non-Flat	0.83±0.04 ^a

Note: Differences of lowercase in the same row indicate that the values are significantly different (P<0.05).

4 สรุป

การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้านการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง และศึกษาลักษณะการเตรียมปลานิล วิธีลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งเปรียบเทียบกับตากแดดธรรมชาติที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบแห้งในด้านสี ความชื้น และวอเตอร์แอกทีวิตี้ สรุปผลการศึกษาดังนี้

1) อุณหภูมิที่ตำแหน่งหน้า ตรงกลาง และหลังไม่มีความแตกต่างกัน แต่อุณหภูมิที่ตำแหน่งล่าง ตรงกลาง และบนมีความแตกต่างกัน และภายในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกถึง 12.8°C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำกว่าภายนอกถึง 13.0%RH

2) ปลานิลที่เตรียมแบบแห้งมีความชื้นต่ำกว่าปลานิลที่เตรียมแบบไม่แห้งถึง 7.9%w.b. และเครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นปลานิลได้ต่ำกว่าการตากแดดธรรมชาติถึง 6.2%w.b.

3) ลักษณะของการเตรียมปลานิลและวิธีการลดความชื้นไม่ส่งผลต่อค่าสีให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

4) วิธีการลดความชื้นไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ แต่ลักษณะของการเตรียมปลานิลส่งผลต่อค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยปลานิลที่แห้งมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ต่ำกว่าปลานิลไม่แห้ง ซึ่งแสดงถึงการเก็บรักษาได้นานขึ้น

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร บ้านยางน้อย ตำบลยางน้อย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดสอบ ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบ และขอขอบคุณนายวัชรินทร์ ยี่มวิไลและนายจิระชาติ ทองผุด นิสิตระดับปริญญาตรี ที่ช่วยทดสอบเก็บข้อมูลจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2016. การเกิดลม. แหล่งข้อมูล : http://tairgle.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=17:wind&catid=8&Itemid=159&lang=en. เข้าถึงเมื่อ 16 ธันวาคม 2562.

กรมประมง. 2559. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย 2559. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จักรพรรณ์ ผิวสอาด. 2557. สมรรถนะของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งยางพาราแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชนก ศรีทัศน์. 2551. การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮ้าส์ขนาดใหญ่ที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งเครื่องเทศและสมุนไพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธีรศาสตร์ คณาศรี. 2558. การพัฒนากระบวนการผลิตมันสำปะหลังเส้นบนลานตากของผู้ประกอบการด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วสันต์ จีนฮาตา และพรชัย เพชรสงคราม. 2560. ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 27(1), 89-99.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแห้ง. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- เสริม จันทร์ฉาย. 2560. เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีแสงอาทิตย์. นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้ง.
- เอกพบ ขจรไพศาล. 2556. การศึกษาสมรรถนะของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคารูปทรงพาราโบลาที่ใช้งานในวิสาหกิจชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ฮาติมมี บากา, รอกีเยาะ อาแว, ชุลกิปลี กาซอ, สุนิตย์ โรจนสุพรรณ. 2559. การศึกษาประสิทธิภาพของการอบแห้งปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 1(1), 13–24.
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. (16thed.). Association of Official Analytical Chemists Inc. Verginia: Arlington.
- Bala, B.K. 1997. A review of: Drying and Storage of Cereal Grains. Drying Technology 17(3), 639–640.
- Naemsia, T., Jareanjit, J., Jeentada, W. 2015. Effect of Free Convection on Rubber Sheets Drying Process Using Energy and Exergy Analysis. RMUTSB Academic Journal, 3, 66-78. (in Thai)
- Sodha, M.S., Bansal, N.K., Kumar, A., Bansal, P.K., Malik, M.A.S. 1987. Solar Crop Drying. In Physics and Technology of Solar Energy (pp. 413-445). Springer. Florida: Boca Raton.
- Solar Gen. 2562. แผนที่ศึกษาภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี แต่ละช่วงเดือน. แหล่งข้อมูล: <http://www.solargen.co.th/th/blog/1012/blog-1012>. เข้าถึงเมื่อ 15 ธันวาคม 2562.