JPAGS
Journal of Physics & General Science

การลดความชื้นชิ้นส้มแขกแบบชั้นบางด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Thin-Layer Dehydration of Sliced Garcinia using a Solar Dryer

อาอีเซาะห์ ลาเต๊ะ พาตีเมาะ สาหะ และอีลีหย๊ะ สนิโซ*

Aesoh Lateh, Pateemoh Saha and Eleeyah Saniso*

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา

Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

*Corresponding author e-mail: eleeyah.s@yru.ac.th

(Received: October 19, 2020, Revised: November 21, 2020, Accepted: January 6, 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขกด้วยเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้น ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิสูงสุดในห้องอบแห้งและแผงรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 60.2 และ 74.4 °C ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 36.9°C และเมื่อทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขกด้วยระบบอบแห้งที่พัฒนาขึ้น พบว่า ในระยะเวลา 21 ชั่วโมง (3 วัน) สามารถลดความชื้นชิ้นส้มแขกได้เท่ากับร้อยละ 87.3 ในขณะที่การตากแดดแบบธรรมชาติสามารถลดความชื้นได้เพียงร้อยละ 82.2

คำสำคัญ: ระบบอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ ชิ้นส้มแขก

ABSTRACT

This study concerned the construction and testing of solar dryer systems for food and agricultural product drying. The results showed that the average temperature in the drying chamber and the solar panel was 60.2 and 74.4oC, respectively, at an average ambient air temperature of 36.9oC. Drying garcinia (*Garcinia atroviridis* Griff. Ex T. Anderson) slice using the developed dryer was found to be able to reduce moisture content equal to 87.3% with a drying time of 21 h (3 days) compared to drying garcinia slice by the natural sun, which results in reduced moisture content equal to only 82.2 %.

Keywords: drying system, solar energy, Garcinia slice

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ทั้งการทำส่วนและทำไร่ โดยในระดับครัวเรือน ชุมชนขนาดเล็กมีผลผลิตชนิดต่าง ๆ เช่น กล้วย มันสำปะหลัง ข้าวโพด มะพร้าว ส้มแขก ทุเรียน ลองกอง พริก และมังคุด เป็นต้น ผลผลิตเกิดขึ้นในช่วงของฤดูกาลของพืชแต่ละชนิด เกษตรกรจึงจำเป็นต้องจำหน่ายโดยเร็วเพื่อลดการสูญเสีย เช่น การเน่าเสียของผลผลิตสด โดยเกษตรกรได้นำมาตากแดดหรืออบแห้ง เพื่อยืดอายุการบริโภคและรอการจัดจำหน่าย โดยทั่วไปแล้วได้ใช้วิธีการตากให้แห้งด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์บนลานคอนกรีตหรือบริเวณพื้นสนามหน้าบ้านหรือพื้นที่ว่างบริเวณไหลทางของถนนเพียงอย่างเดียว ซึ่งต้องใช้เวลานานประมาณ 14 - 49 ชั่วโมง (2-7 วัน) ขึ้นกับชนิดของผลผลิตและสภาพอากาศและฤดูกาล โดยไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิปัจจัยใด ๆ ได้

ส้มแขก เป็นเครื่องปรุงอาหารที่มีรสเปรี้ยว ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร นิยมใช้ในการทำอาหารพื้นเมืองทางภาคใต้ เช่น แกงส้ม ปลาต้มเค็ม และต้มยำ เป็นต้น โดยนำผลส้มแขกไปหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ตากแดดให้แห้งแล้วเก็บไว้ปรุงรส ซึ่งในผล

และเปลือกของส้มแขกมีสารสำคัญ คือ กรดไฮดรอกซีซิตริก (α-hydroxy citric acid) หรือ เรียกว่า HCA ที่มีคุณสมบัติยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการสร้างไขมันจากการรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนี้ ยังมีกรดอินทรีย์อื่น ๆ ได้แก่ citric acid, pentadecanoic acid, octadecanoic acid และ dodecanoic acid โดยกลไกการออกฤทธิ์ของ HCA จะออกฤทธิ์ไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ ATP citrate lyase ในวงจร Kreb's cycle (วงจรการย่อยสลายกลูโคสของร่างกาย) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน citrate ไปเป็น acetyl CoA ซึ่งนำไปใช้สร้างกรดไขมัน ขณะเดียวกัน ได้นำน้ำตาลไปสะสมเป็น glycogen ที่ตับ เพื่อใช้เป็นพลังงานสำรองอีกด้วย สารสกัดส้มแขกจึงสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างกรดไขมันของร่างกาย นำไปสู่การลดเนื้อเยื่อไขมันและการลดน้ำหนักได้ [1] โดย ณัฐวุฒ สุทธิพันธ์ และคณะ [2] ได้รายงานว่า การเสริม ส้มแขกป่นในอาหารไม่ส่งผลต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตแต่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากของไก่กระทง ทั้งนี้ ในภาคใต้ของประเทศไทยมีการตั้งกลุ่มแม่บ้านเกษตรเพื่อแปรรูปส้มแขกในรูปของส้มแขกตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ที่กลางแจ้ง เช่น กลุ่มแม่บ้านเกษตร ต.ยะต๊ะ อ.รามัน จ.ยะลา กลุ่มแม่บ้านเกษตร ต.ท่าสาบ และ ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา และกลุ่มแม่บ้านเกษตร ต.ตาชี อ.ยะหา จ.ยะลา กลุ่มแม่บ้านเกษตร ต.พร่อน อ.ตากใบ จ.นราธิวาส และกลุ่มแม่บ้านร่อนพัฒนา ต.ตันหยงมัส อ.ระแงะ จ.นราธิวาส เป็นต้น ซึ่งเมื่อส้มแขกแห้งสนิทแล้วเกษตรกรจะนำไปบรรจุและเก็บไว้ในภาชนะที่สามารถป้องกันความชื้นเพื่อรอการจัดจำหน่ายหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ส้มแขกบดผงสำเร็จรูป ชาส้มแขก และผลิตภัณฑ์ส้มแขกชนิดแคปซูล เป็นต้น [3]

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์สูง เนื่องจากตั้งอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตร จึงมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศประมาณ 17.6 MJ/m^2-day [4] ซึ่งเหมาะกับการใช้อบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ลักษณะต่าง ๆ ทั้งนี้ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิม โดยการนำเอาผลผลิตออกผึ่งตากแดดกลางแจ้งให้ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงนั้น ประสบปัญหาเรื่องฝุ่นละอองและการรบกวนของแมลง นอกจากนี้ บางเวลาเมื่อมีฝนตกจะส่งผลให้ผลผลิตเสียหาย เช่น สกปรก เกิดเชื้อราและเน่าเสียในที่สุดหรือไม่แห้งในระยะเวลาที่กำหนด จึงมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในลักษณะต่าง ๆ เช่น มูฮัมหมัด สุระกำแหง และฮาซัน หะยีเด็ง [5] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้ความร้อนสำหรับอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งพบว่า ความร้อนภายในเครื่องอบแห้งระบายออกอย่างรวดเร็วเกินไป เนื่องจากบริเวณหลังคาของห้องอบแห้งและที่ด้านบนของแผงรับ รังสีอาทิตย์ปิดด้วยพลาสติกใสที่มีความบางมาก จึงไม่สามารถกักเก็บความร้อนให้นานได้

ในขณะที่ Bahloul et al. [6] ได้ทดลองอบแห้งใบมะกอก (Olive leaves) 4 สายพันธุ์ ด้วยเครื่องอบแห้งที่อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 °C ความเร็วลม 0.566 และ 1.133 m/s พบว่า การอบแห้งอยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เอมพิริคัลแบบลอการิทึม (logarithmic model) เหมาะสมที่สุดในการอธิบายจลนพลศาสตร์การอบแห้ง โดยสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผล (effective moisture diffusivity coefficient, D_{eff}) มีค่าอยู่ในช่วง 3.437×10^{-10} - 2.427×10^{-9} m^2/s และค่าพลังงานกระตุ้น (activation energy) อยู่ในช่วง 24.704 - 53.743 kJ/mol ในขณะที่ค่าสีในรูปของ L^*- a^*- และ b^*- ของใบมะกอกที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามสายพันธุ์ของใบมะกอก นอกจากนี้ ชัยรัตน์ พึ่งเพียร และคณะ [7] ได้ศึกษาผลของระยะความแก่อ่อนและสารละลายพรีทรีทเมนต์ก่อนการอบแห้งแบบสุญญากาศที่มีต่อคุณภาพของส้มแขก (*Garcinia atroviridis* Griff. Ex T. Anderson) อบแห้ง ซึ่งพบว่า ระยะความแก่อ่อนและสารละลายพรีทรีทเมนต์มีผลต่อคุณภาพของชิ้นส้มแขกอบแห้ง โดยชิ้นส้มแขกอบแห้งจากระยะที่ผลมีสีเหลืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารสาคัญ HCA สูงกว่า แต่มีความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ต่ำกว่าชิ้นส้มแขกอบแห้งจากระยะที่ผลมีสีเขียว ส่วนสารละลายพรีททรีทเมนต์มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH และสารสำคัญ HCA ของชิ้นส้มแขกอบแห้งลดลง เมื่อพิจารณา

ความคงตัวของสารสำคัญ HCA และปริมาณสาร HCAL ของชิ้นส้มแขกอบแห้งทั้งสองระยะความแก่อ่อน การพรีทรีทเมนต์ด้วยสารละลาย 0.5 % $CaCl_2$ เป็นเวลา 5 นาที เหมาะต่อการใช้ปรับสภาพของชิ้นส้มแขกก่อนการอบแห้ง เพื่อรักษาความสว่าง (L^*-) และปริมาณสาระสำคัญของชิ้นส้มแขกอบแห้ง การวิจัยนี้จึงได้พัฒนาและทดสอบเครื่องอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร พร้อมทั้งทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขก เพื่อวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้งและความเหมาะสมของการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตร

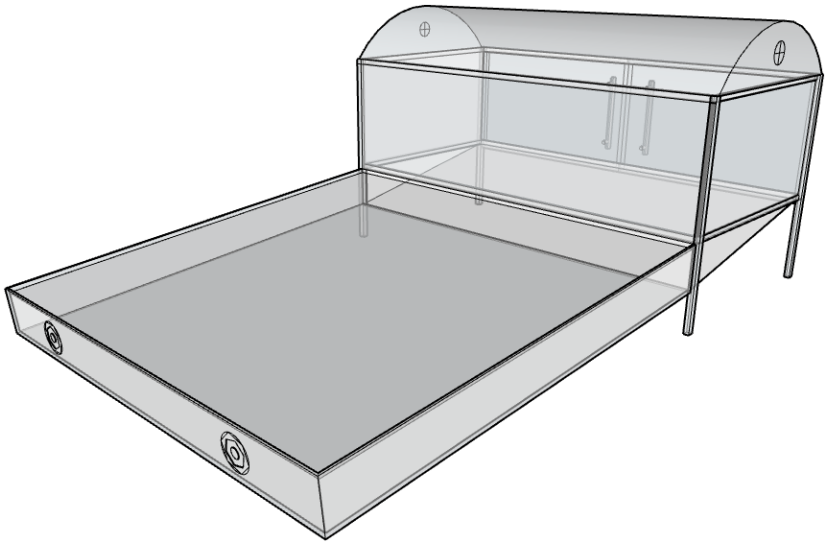
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งส้มแขกและผลผลิตทางการเกษตร
2. เพื่อทดลองและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของการอบแห้งชิ้นส้มแขกด้วยเครื่องอบแห้งที่อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์

การดำเนินงานวิจัย

1. การสร้างส่วนของห้องอบแห้ง

ดำเนินการโดยทำโครงด้วยเหล็กกัลวาไนซ์ (galvanize steel) เชื่อมต่อกันกว้าง 200 cm ลึก 100 cm และสูง 100 cm ดังภาพที่ 1 แล้วปิดแต่ละด้านด้วยแผ่นสังกะสีที่มีฉนวนความร้อนแบบโพลีเอทธีลีนโฟม (M-PE Alu-Max) หนา 1 cm บรรจุอยู่ภายใน จากนั้น นำแผ่นโพลีคาร์บอเนต (polycarbonate sheet) ขนาดกว้าง 140 cm และยาว 200 cm ประกอบเป็นหลังคาตู้อบแห้งในลักษณะโค้งครึ่งวงกลม แล้วนำแผ่นโพลีคาร์บอเนตขนาดความยาว 135 cm และกว้าง 100 cm ซึ่งเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm มาประกอบบริเวณด้านข้างของหลังคาทั้งสองข้าง และที่ภายในห้องอบแห้งได้นำเหล็กฉากมาตัดให้ได้ขนาดความยาว 100 cm จำนวน 8 อัน มาประกอบเข้ากับเครื่องตู้อบแห้ง เพื่อเป็นชั้นสำหรับวางตะแกรงสแตนเลส (stainless steel wire mesh) ขนาดความกว้าง 60 cm และยาว 80 cm



ภาพที่ 1 เครื่องอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรพลังงานแสงอาทิตย์ (PY@YRU2020#1)

2. การสร้างส่วนของแผงรับรังสีอาทิตย์

ดำเนินการโดยทำโครงด้วยเหล็กกัลวาไนซ์เชื่อมต่อกันกว้าง 200 cm ยาว 200 cm และสูง 20 cm ดังภาพที่ 1 แล้วปิดแต่ละด้านด้วยแผ่นสังกะสีที่มีฉนวนความร้อนแบบโพลีเอทธีลีนโฟมความหนา 1 cm บรรจุอยู่ภายในและด้านบนปิดด้วย

แผ่นโพลีคาร์บอเนต เพื่อให้รังสีอาทิตย์ทะลุผ่านไปตกกระทบยังพื้นภายในซึ่งถูกทาด้วยสีดำสำหรับดูดซับความร้อนไว้ก่อนส่งผ่านไปยังห้องอบแห้ง โดยที่ด้านล่างของแผงได้เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 cm จำนวน 2 รู ซึ่งห่างจากขอบด้านละ 51 cm สำหรับให้อากาศแวดล้อมเข้าไปยังแผงรับรังสีอาทิตย์

3. การทดสอบเครื่องอบแห้งและการทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขก

การทดสอบเครื่องอบแห้งดำเนินการโดยวางเครื่อง ณ ชั้นดาดฟ้า อาคาร 9 (ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยการวัดอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ (ห้องอบแห้งจำนวน 6 ตำแหน่ง และแผงรับรังสีอาทิตย์จำนวน 4 ตำแหน่ง) และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ซึ่งทำการบันทึกค่าทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น. ในขณะที่การทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขกดำเนินการโดยนำส้มแขกสดมาหั่นเป็นชิ้น ๆ ขนาดความหนาประมาณ 0.9 - 1.3 cm ล้างให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า ตั้งให้สะเด็ดน้ำประมาณ 15 นาที แล้วนำมาจัดเรียงบนตะแกรงสแตนเลสพร้อมชั่งน้ำหนัก จากนั้นจึงนำไปเข้าห้องอบแห้งตั้งแต่เวลา 09.00 น. - 16.00 น. ระหว่างนี้ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นส้มแขก บันทึกค่าอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ที่แผงรับรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนเสร็จสิ้นการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดำเนินการ ณ ชั้นดาดฟ้า อาคาร 9 (ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยการวางเครื่องอบแห้งที่กลางแจ้ง แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิแวดล้อม (อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียก) อุณหภูมิในห้องอบแห้ง และอุณหภูมิแผงรับ รังสีอาทิตย์ ดังตารางที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เครื่องอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นมีอุณหภูมิในห้องอบแห้งและแผงรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 60.2 ^{o}C โดยอุณหภูมินี้ มีค่าสูงสุดที่ช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศแวดล้อมเฉลี่ยประมาณ 29 และ 37 ^{o}C ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ขึ้นกับสภาพอากาศในวันที่ทำการอบแห้งเป็นหลัก นอกจากนี้ อุณหภูมิในห้องอบแห้งยังมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 20 – 30 ^{o}C และมีค่าสูงสุดประมาณ 70 ^{o}C ในวันที่สภาพอากาศแจ่มใสตลอดทั้งวัน

โดย อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และสมบัติ ทีฆทรัพย์ [8] ได้ระบุไว้ว่าเครื่องอบแห้งชนิดพาความร้อนแบบบังคับที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง โดยมีแผงรับรังสีอาทิตย์แยกออกจากตัวเครื่องและมีการหุ้มฉนวนที่ตัวเครื่องอบแห้งเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนนั้น ที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 ^{o}C มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งอยู่ในช่วง 45 – 65 ^{o}C ที่อัตราเร็วลม 0.56 - 0.94 m/s

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db}) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) อุณหภูมิในห้องอบแห้ง ($T_{chamber}$) และอุณหภูมิแผงรับรังสีอาทิตย์ ($T_{collector}$)

T_{db} (^{o}C)	T_{wb} (^{o}C)	$T_{chamber}$ (^{o}C)	$T_{collector}$ (^{o}C)
36.9±1.6	28.9±0.7	60.2±3.2	74.4±1.5

2. ผลการทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การทดลองอบแห้งชิ้นส้มแขกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดำเนินการ ณ ชั้นดาดฟ้า อาคาร 9 (ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยบรรจุชิ้นส้มแขกลงบนตะแกรงสแตนเลสแบบชั้นบาง จำนวน 4 ตะแกรง น้ำหนักตะแกรงละ 3.2 kg แล้ววางบนรางในเครื่องอบแห้งซึ่งอยู่ที่กลางแจ้ง โดยทำการชั่งน้ำหนัก บันทึก

ค่าอุณหภูมิแวดล้อม (อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียก) อุณหภูมิในห้องอบแห้ง และอุณหภูมิแผงรับ รังสีอาทิตย์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า เครื่องอบแห้งชิ้นส้มแขกพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นมีอุณหภูมิในห้องอบแห้งและแผงรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 63 °C และ 71 °C ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศแวดล้อมเฉลี่ยประมาณ 29 °C และ 36 °C ตามลำดับ โดยอุณหภูมินี้ มีค่าสูงสุดที่ช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. ทั้งนี้ ความชื้นของชิ้นส้มแขกลดลงจาก 13,525.1 % d.b. เหลือ 1,713.2 % d.b. คิดเป็นความชื้นที่ลดลงได้ร้อยละ 87.3 ในขณะที่ชิ้นส้มแขกที่ตากแห้งแบบธรรมชาติ มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 2,394.9 % d.b. ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 82.2 สำหรับการอบแห้งเป็นระยะเวลา 21 ชั่วโมง (3 วัน)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความชื้นชิ้นส้มแขก (MC) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db}) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) อุณหภูมิในห้องอบแห้ง ($T_{chamber}$) และอุณหภูมิแผงรับรังสีอาทิตย์ ($T_{collector}$)

MC (% d.b.)		T_{db} (°C)	T_{wb} (°C)	$T_{chamber}$ (°C)	$T_{collector}$ (°C)
อบแห้ง*	ตากแห้ง**				
1,713.2±161.2	2,394.9±240.7	36.2±1.5	28.7±0.8	62.8±5.2	70.6±4.6

*อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น และ **ตากแห้งแบบธรรมชาติ

สรุปผลการวิจัย

เครื่องอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตทางการเกษตรพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นสามารถให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 60.2 °C โดยที่อุณหภูมิในแผงรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 74.4 °C ในช่วงเวลา 12.00 น. - 13.00 น. ซึ่งสามารถลดความชื้นชิ้นส้มแขกจาก 13,525.1 % d.b. เหลือ 1,713.2 % d.b. ในเวลา 21 ชั่วโมง (3 วัน) ซึ่งมีความเหมาะสมและสามารถใช้งานได้จริงในระดับครัวเรือน โดยช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลให้มีราคาสูงขึ้นได้อีก

ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มระบบสำหรับเป่าลมภายในห้องอบแห้ง เพื่อทำให้อากาศร้อนเกิดความปั่นป่วน ซึ่งจะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนความชื้นของชิ้นส้มแขกกับอากาศร้อนในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ชิ้นส้มแขกแห้งได้เร็วขึ้น

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การอบแห้งวัสดุอาหารและผลผลิตการเกษตรของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ซึ่งสามารถลดเวลาการอบแห้งให้สั้นกว่าการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติได้ 21 - 28 ชั่วโมง (3 - 4 วัน) และให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งนี้ดีกว่าการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถป้องกันฝุ่นละอองและแมลงที่มารบกวนทั้งยังให้ความร้อนที่ต่อเนื่องและสม่ำเสมอกว่าการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้โครงการคูปองวิทย์เพื่อโอทอป (STI Coupon for OTOP Upgrade) จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ประจำปีงบประมาณ 2561 ขอขอบคุณนางสาวนัสรีนา เจ๊ะมะ นักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ได้ให้คำปรึกษารวมถึงอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ จนการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สโรชา ถึงสุข, อนงค์นาฏ พรหมทะสาร, วันเพ็ญ พฤกษ์วิวัฒน์, ฐิตาภรณ์ ภูมิไชย, ณัฏฐา ดีรักษา, โนรี อิสมาแอ และนาตยา ดำอำไพ, *วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มแขกในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน*. สุราษฎร์ธานี: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร, 2558.

[2] ณัฐวุฒิ สุทธิพันธ์, สิทธิชัย ส่งชัย, กฤดา ชูเกียรติศิริ และจุฬากร ปานะถึก, "การเสริมผลส้มแขกป่น (*Garcinia Cambogia* Desr.) ในอาหารต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตและองค์ประกอบซากของไก่กระทง," *แก่นเกษตร*, ปีที่ 44, ฉ. พิเศษ 1, น. 465, 2559.

[3] อีลีหย๊ะ สนิโซ และมะรูดิง กาซา, "สัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของการทำแห้งส้มแขก," *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.*, ปีที่ 32, ฉ. 4, น. 435, 2552.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), (2563, 16 ตุลาคม), โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย (ปี 2560), กระทรวงพลังงาน, [ออนไลน์]. จาก: https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47941&filename=index

[5] สุดธิดา อินทผล, อุปวิทย์ สุวคันธกุล และโอภาส สุขหวาน, "การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์," *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, ปีที่ 2, ฉ. 1, น. 71, 2551.

[6] N. Bahloul, N. Boudhrioua, M. Kouhila and N. Kechaou, "Convective solar drying of olive leaves," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 34, no. 1338, 2009.

[8] ชัยรัตน์ พึ่งเพียร, บุปผา จองปัญญาเลิศ และอัญชลี ศิริโชติ, "ผลของระยะความแก่อ่อนและสารละลายพรีทรีทเมนต์ก่อนการอบแห้งแบบสุญญากาศที่มีต่อคุณภาพของส้มแขก (*Garcinia atroviridis* Griff. Ex T. Anderson) อบแห้ง," *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, ปีที่ 3, ฉ.พิเศษ 3, น. 25, 2559.

[8] อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และสมบัติ ทีฆทรัพย์, "เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ," *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, ปีที่ 7, ฉ. 1, น. 23, 2554.