การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

Dried mulberry with low temperature dryer

ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ *, ปภาวดี แท่นทอง *, พิทยา อังคณากุลชัย *

*สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail:kmsiripa@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยทางตอนเหนือมีการเพาะปลูกต้นหม่อนเพื่อนำไปเลี้ยงตัวไหมเป็นจำนวนมาก และมีการนำผลหม่อนมาใช้เพื่อการบริโภค แต่ผลหม่อนสุกจะเน่าเสียอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 2-3 วัน งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเรื่องการทำแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ โดยทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด และสภาวะการทดลอง คือ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอากาศ 45 และ 70 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10 และ 70 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำลงทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น และที่อุณหภูมิสูงผลของความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเสื่อมสลายของสารสำคัญในผลหม่อน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผลหม่อน คือ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสภาวะดังกล่าวผลหม่อนแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2,081.9 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 8,967.3 ไมโครกรัมต่อกรัม และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 56.7

คำสำคัญ : การอบแห้ง, ผลหม่อน, ความชื้นต่ำ

Abstract

Mulberry trees are mostly planted in North of Thailand. While mulberry leaves are used as silkworm feed, the mulberry fruits are popular for human consumption. Once cultivated and kept at room temperature, ripe mulberries quickly rot only within 2-3 days. This research is aimed to study the drying of mulberry by using low temperature dryer. The objective is to find a suitable condition for low temperature drying of mulberry in a tray dryer. The experiments were carried out using air velocity of 0.5 m/s, air temperatures at 45 and 70 degrees Celsius and relative humidity at 10 and 70%. The results indicate that a combination of high air temperature and low relative humidity yield high drying rate. At high air temperature, the effect of relative humidity on drying rate is less pronounced than drying at low temperature. In addition, drying at high temperature also causes degradation of essential substances in mulberry. Therefore, a suitable drying condition is at air temperature of 45 degrees Celsius and relative humidity of 10%. Dried mulberries obtained from this condition have 2,018.9 μg/g total phenolic compound, 8,967.3 μg/g total anthocyanin and 56.7% total free radical scavenger capacity.

Keywords: drying, mulberry, low humidity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งในหลายกระบวนการที่นิยมใช้ในกระบวนการถนอมอาหาร รวมถึงการใช้การอบแห้งสำหรับการไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แต่กรรมวิธีอบแห้งที่ใช้อยู่คงเป็นแบบง่ายๆ เช่น การตากแดด การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน ซึ่งอาจทำให้สารสำคัญบางตัวเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งสูงเกินไป ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิ และอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งทั้งสองปัจจัยได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง แต่อีกปัจจัยหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อระบบการอบแห้งอย่างมาก คือ ความชื้นของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง สำหรับการอบแห้งที่ใช้อากาศความชื้นต่ำจะทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งที่ใช้อากาศความชื้นสูง ณ อุณหภูมิการอบแห้งเท่ากัน [1] แต่การลดความชื้นของอากาศสำหรับกระบวนการอบแห้งยังไม่ได้รับการศึกษามากนัก เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศให้สูงขึ้นสามารถทำได้ง่ายกว่าการลดความชื้นในอากาศ การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรักษาคุณค่าทางสารอาหารสูง

ผลหม่อน หรือ มัลเบอร์รี่ (ชื่อวิทยาศาสตร์ Morus alba Linn) เป็นผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ ผลหม่อนเมื่อสุกได้ที่แล้วจะเป็นสีดำมีรสชาติหวาน ถ้ายังไม่สุกมากจะเป็นสีแดงและมีรสเปรี้ยว ผลหม่อนสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารและเครื่องดื่ม เช่น น้ำหม่อนพร้อมดื่ม น้ำหม่อนเข้มข้น และแยมหม่อน อีกทั้งผลหม่อนอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ กรดโฟลิก (Folic acid) สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เควอซิติน (Quercetin) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ที่มีส่วนลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ประเทศที่นำเข้าผลิตภัณฑ์ผลหม่อนสดจากไทย ได้แก่ เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และตะวันออกกลาง ซึ่งผลหม่อนจะให้ผลผลิตประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ไร่/ปี และมีราคาประมาณ 200-500 บาท/กิโลกรัม ทำให้เกษตรกรที่ปลูกมีรายได้เพียงพอที่จะปลูกเป็นอาชีพหลัก อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่จะต้องแก้ไข คือผลหม่อนสดช้ำและเสียง่าย สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 1-2 วัน ถ้ามีปริมาณของผลหม่อนผลิตออกมามากจนนำมาบริโภคหรือจำหน่ายไม่ทันจะทำให้ผลหม่อนเน่าเสียหรือร่วงหล่นไป ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ หากสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ คาดว่าแนวโน้มการปลูกและการบริโภคผลหม่อนจะขยายตัวสูงขึ้น และมีศักยภาพที่จะใช้ทดแทนการนำเข้าผลไม้ตระกูลเบอร์รี่จากต่างประเทศได้

การอบแห้งแบบถาดเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง เพราะมีราคาและค่าบำรุงรักษาเครื่องค่อนข้างต่ำ โดยการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาดจะอาศัยลมร้อนจากแหล่งความร้อนซึ่งอาจเป็นฮีตเตอร์ คอยล์ไอน้ำ ก๊าซหุงต้ม หรือน้ำมันเตา ลมร้อนจะไหลผ่านอาหารที่วางเป็นชั้นบางๆ (ประมาณ 2-6 ซม.) ในชั้นของถาดที่อาจจะมีรูพรุนหรือไม่มีก็ได้ ความเร็วลมที่ไหลเวียนอยู่ในช่วง 0.5-5 เมตร/วินาที มีระบบบังคับทิศทางการไหลของลมร้อนภายในเครื่องโดยใช้แผ่นเหล็กบางๆกั้นเพื่อให้ลมร้อนไหลอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงทุกส่วน

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในผลหม่อน ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศร้อน โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดร่วมกับการใช้อากาศที่อุณหภูมิและความชื้นต่ำ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแปรสภาพผลผลิตที่ยังคงสามารถรักษาคุณค่าทางอาหารได้ดี อีกทั้งต้นทุนของอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอบแห้งแบบถาดมีราคาต่ำซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กันยวิชญ์ กันจินะ และสมชาย จอมดวง[2] ศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผง วัตถุดิบที่ใช้เป็นผลหม่อนสุก (สีม่วงดำทั้งผล) พันธุ์เชียงใหม่แช่เยือกแข็ง นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบหินขัด แล้วทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรด จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ยังคงอยู่ในหม่อนผง พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่ใช้อินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่เหมาะสมในการผลิตหม่อนผง เนื่องจากยังคงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูง โดยมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 33.57 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2,590 ไมโครกรัมต่อกรัม สารแอนโทไซยานินทั้งหมด 1,761 ไมโครกรัมต่อกรัม

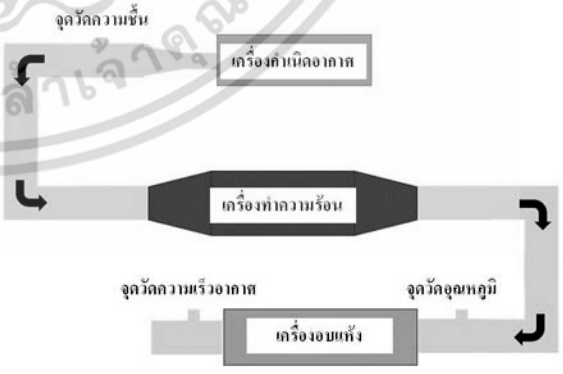
ศุทธินี ลีลาเหมรัตน์ และศศิธร ตรงจิตภักดี [3] ศึกษาปริมาณกลุ่มสารองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกากผลหม่อน ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตน้ำผลไม้ โดยเตรียมตัวอย่างกากผลหม่อนด้วยวิธีทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากผลการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณกลุ่มสาร (เถ้า ไฟเบอร์ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต) โดยตัวอย่างกากผลหม่อนแห้งมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.4 % และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 62.8 % เมื่อตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ พบว่า วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะยังคงรักษาองค์ประกอบดังกล่าวได้มากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน

มนต์วดี หุ่นเจริญ และศศิธร ตรงจิตภักดี [4] ศึกษาผลของสายพันธุ์ของผลหม่อน 3 สายพันธุ์ และระยะการเจริญเติบโตต่อแอนโทไซยานิน โดยศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล และแอนโทไซยานินชนิดหลักโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของผลหม่อนขึ้นกับสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตโดยมีปริมาณตั้งแต่ 3 ถึง 1,844 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยเมื่อผลหม่อนเจริญเติบโตมากขึ้นจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น

อภินันท์ นัมคณิสรณ์ และศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ [5] ศึกษาผลของอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วของอากาศต่ออัตราการอบแห้งขิงสด ที่ช่วงอุณหภูมิ 30-55 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 15 และ 70 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วของอากาศ 0.2-6.5 เมตรต่อวินาที พบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งสูงอัตราการอบแห้งจะสูงไปด้วย เนื่องจากมีผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศร้อนกับวัสดุมาก ทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทจากอากาศร้อนไปยังวัสดุและเกิดการระเหยของน้ำออกจากวัสดุได้มาก แต่ผลของอุณหภูมิทำให้สารสำคัญบางชนิดที่ไวต่อความร้อนสูญสลายไป ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสามารถทำการอบแห้งได้เร็วกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง และที่ความเร็วอากาศที่สูงจะทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าความเร็วอากาศต่ำแต่จะเป็นเช่นนี้เฉพาะในช่วงแรกเท่านั้น เนื่องจากในช่วงแรกการเพิ่มความเร็วอากาศทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของน้ำที่บริเวณผิววัสดุไปยังอากาศได้มาก น้ำถูกระเหยออกจากผิวจนน้ำภายในวัสดุเหลือน้อยและแพร่ไปยังผิวได้ไม่ต่อเนื่อง อัตราการอบแห้งถูกจำกัดโดยค่าสัมประสิทธิการแพร่ของน้ำภายในวัสดุ ทำให้ความเร็วอากาศไม่ใช่ตัวแปรที่กำหนดอัตราการอบแห้ง และหากใช้ความเร็วอากาศที่สูงเกินไปจะทำให้ผิวของขิงเกิดการหดตัวทำให้น้ำภายในแพร่สู่ผิวได้ไม่สะดวกส่งผลให้ค่าความชื้นสุดท้ายของการอบแห้งที่ความเร็วอากาศสูงมีค่าสูงกว่าที่ความเร็วอากาศต่ำ

3. วิธีดำเนินงาน

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลหม่อนด้วยชุดเครื่องอบแห้งแบบถาด ขนาด 10 x 10 x 14 ลูกบาศก์เซนติเมตร ท่อทางเข้าลมร้อนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เข้าทางด้านข้าง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพชุดเครื่องอบแห้งแบบถาด

เครื่องกำเนิดอากาศ : เครื่องอัดอากาศ ความชื้นต่ำ
เครื่องเป่าลม สำหรับอากาศความชื้นความชื้นสูง
เครื่องทำความร้อน : ฮีตเตอร์แบบครีบ กำลัง 3 กิโลวัตต์

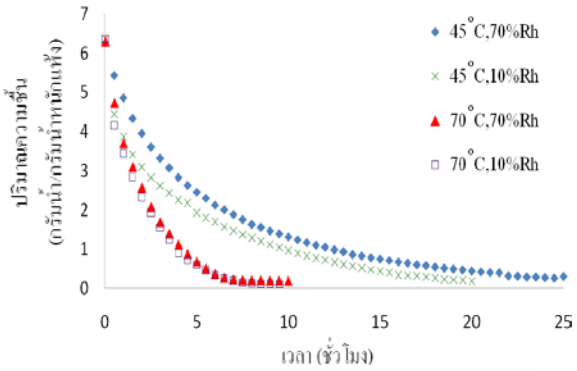
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทดลองการทำแห้งผลหม่อนสุก (สีม่วงดำทั้งผล) บรรจุในกระทงฟอยล์กลม และทดลองทำแห้งที่อุณหภูมิ 45 และ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วของอากาศ 0.5 เมตรต่อวินาที จากนั้นนำผลหม่อนแห้งมาทำการสกัดโดยใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีของ Kim et al. (2002) [6] โดยสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95% ที่มีส่วนผสมของกรดไฮโดรคลอริก 1% เพื่อเตรียมสารสกัดสำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในผลหม่อน ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม (Total phenolic content: TPC) โดยใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีของ แฉล้ม มาศวรรณา และคณะ [7] การวิเคราะห์หาความสามารถต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Radical Scavenging Activity) ตามวิธีของ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย และคณะ [8] และการวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin content: TAC) ด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (Glusti and Wrolstad, 2001) [9]

4. ผลการศึกษา/การทดลอง

การทำแห้งผลหม่อน แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 2 พบว่าที่อุณหภูมิสูง (70 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ (10 เปอร์เซ็นต์) เป็นสภาวะที่ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของผลหม่อนมีค่าสูงสุด เนื่องจากในการทำแห้งจะต้องใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความแตกต่างของความชื้นเพื่อใช้เป็นแรงขับเคลื่อนให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากวัสดุทำแห้ง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความชื้นในอากาศที่ต่ำลงจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น แต่ที่อุณหภูมิสูงผลของความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยเห็นได้จากการลดลงของความชื้นในผลหม่อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่างกันมีอัตราการทำแห้งไม่แตกต่างกัน

เมื่อทำการลดของความชื้นในผลหม่อนจาก 6.6 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยการเพิ่มอุณหภูมิและลดความชื้นในอากาศจนกระทั่งความชื้นในผลหม่อนเป็น 0.3 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญคงเหลือในผลหม่อนแห้ง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี



รูปที่ 2 ผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อนสุกทั้งผลด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ

DPPH radial scarenging activity และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1

จากผลการวิเคราะห์พบว่า สำหรับการทำแห้งโดยใช้อากาศที่มีความชื้นเท่ากันการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณสารสำคัญคงเหลือมีค่าน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าก็ตาม และสำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิเดียวกันการใช้ความชื้นต่ำในการทำแห้งจะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลงส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญคงเหลือมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ใช้อากาศชื้นในการทำแห้ง

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสำคัญคงเหลือในผลหม่อนแห้ง

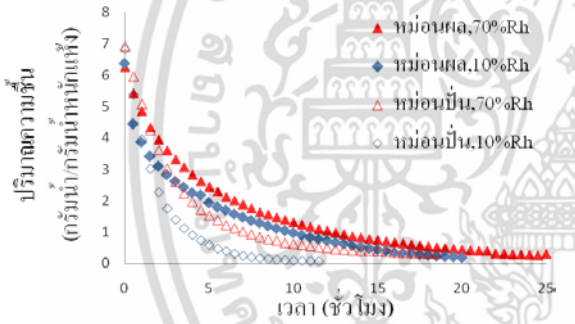
สารสำคัญ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	45		70	
	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)			
	10	70	10	70
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	2081.9	1741.3	1771.3	1638.6
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	56.8	47.3	48.2	45.1
ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	8967.3	4658.9	5485.9	2805.4
ระยะเวลาการทำแห้งผลหม่อน (ชั่วโมง)	18	25	6	9

จากผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อน ดังแสดงผลการทดลองในรูปที่ 2 และตารางที่ 1 เนื่องจากการทดลองใช้ผลหม่อนสดทั้งผลในการอบแห้งส่งผลให้ใช้เวลานานในการทำแห้ง โดยทั่วไปการเพิ่มอัตราการทำแห้งสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

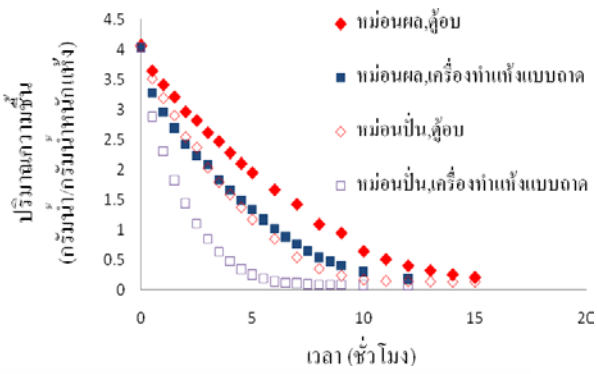
ทำได้โดยการลดขนาดของวัสดุเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาตร แต่เนื่องจากผลหม่อนมีลักษณะชุ่มน้ำและมีเปลือกบางจึงไม่สามารถลดขนาดให้เล็กลงก่อนการทำแห้งได้

การศึกษาผลของลักษณะของผลหม่อนต่ออัตราการทำแห้ง ได้ศึกษาอัตราการทำแห้งผลหม่อนในสองลักษณะ คือ หม่อนผล และหม่อนปั่น โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 3 จากการทดลองพบว่า ความชื้นของหม่อนผลมีอัตราการลดลงช้ากว่าหม่อนปั่น เนื่องจากผนังเซลล์ของหม่อนปั่นถูกทำลายจึงไม่สามารถกักเก็บน้ำผูกพันไว้ทำให้การลดลงของความชื้นในหม่อนปั่นเร็วกว่าหม่อนผลซึ่งยังมีผนังเซลล์อยู่ ดังนั้นหากในกระบวนการทำแห้งหม่อนไม่ต้องการผลผลิตที่เป็นผล การนำผลหม่อนมาปั่นละเอียดก่อนการทำแห้งจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง



รูปที่ 3 ผลการทดลองการทำแห้งหม่อนผล และหม่อนปั่นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ในปัจจุบันการทำแห้งผลหม่อนของเกษตรกรใช้ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและมีอัตราการผลิตต่ำและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากตู้อบที่ใช้มีประสิทธิภาพการกระจายของความร้อนต่ำ การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำแห้งระหว่างการใช้ตู้อบและเครื่องทำแห้งแบบถาด แสดงดังรูปที่ 4 จากผลการทดลอง พบว่าการใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดจะทำให้ความชื้นในผลหม่อนลดลงได้เร็วกว่าการใช้ตู้อบมาก เนื่องจากภายในตู้อบมีประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลหรือความชื้นต่ำทำให้การถ่ายเทความชื้นที่อยู่ในวัสดุสู่อากาศเป็นไปได้ยาก



รูปที่ 4 การทำแห้งผลหม่อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบ (oven) และเครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer)

5. สรุปและการอภิปรายผล

การทำแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนที่สูงเกินไป อาจส่งผลให้สารสำคัญบางตัวเกิดการเสื่อมสภาพทางเคมี การใช้อากาศความชื้นต่ำสำหรับการทำแห้งจะทำให้สามารถลดความชื้นของวัสดุอบแห้งได้ที่อุณหภูมิต่ำลงและใช้เวลาน้อยลง เนื่องจากการทำแห้งจะต้องใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิและความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็นแรงขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากวัสดุทำแห้ง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความชื้นในอากาศที่ต่ำลงจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูงความชื้นในอากาศจะมีผลต่อการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถึงแม้ว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำก็ตามแต่การทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณสารสำคัญในผลผลิตทางการเกษตรมีค่าลดลงเนื่องจากการสลายตัวจากผลของความร้อน ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองการทำแห้งผลหม่อนโดยใช้อากาศร้อนชื้น (สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์) ใช้เวลาในการทำแห้งผลหม่อน 9 ชั่วโมง และคงเหลือปริมาณสารสำคัญในผลหม่อนแห้งดังนี้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 1,638.6 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 2,805.4 ไมโครกรัมต่อกรัม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 45.1 เมื่อใช้อากาศแห้งความร้อนต่ำ (สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10 เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลาในการทำแห้งผลหม่อน 18 ชั่วโมง และคงเหลือปริมาณสารสำคัญในผลหม่อนแห้งดังนี้ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 8,967.3 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2,081.9 ไมโครกรัมต่อกรัม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 56.8 ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้อากาศแห้งเพื่อลดความชื้นจากผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรักษาคุณค่าทางสารอาหารสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณเงินสนับสนุนงานวิจัยปีงบประมาณ 2557 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Khownarumit, "Performance study of humidity control by silica gel for drying system," Master Science (Energy Technology), King Mongkuts University of Technology Thonburi, 1998.

[2] K. Kanjina and S. Jomduang, "Comparison of Mulberry Powder Production using Tray Dryer and Infrared Vacuum Dryer," Journal of Agro-Industry Chiang Mai University, Vol.4, pp.1-16, 2011.

[3] S. Leelahemaratana and S. Tongchitpakdee, "Chemical Composition and Radical Scavenging Activity of Mulberry Pomace," The 49th Kasertsart University Annual Conference, 2011.

[4] M. Hunjaroen and S. Tongchitpakdee, "Effects of cultivar and maturation on anthocyanins of mulberry fruit," Agricultural Science Journal, Vol. 41, pp.106-109, 2010.

[5] A. Namkanisorn and S. Murathathunyaluk, "Study on Optimum Condition for Low Temperature Drying of Ginger," in Proceeding of CSCD, pp.372-377, 2013.

[6] D.O. Kim and C.Y. Lee, "Extraction and Isolation of Polyphenolics," Current Protocols in Food Analytical Chemistry, F11.2.1-F11.2.12, 2002.

[7] C. Martwanna et al., "Evaluation of some antioxidants in 29 roselle varieties/lines," Annual Research Report of Khon Kaen Field Crops Research Center, 2013.

[8] P. Loypimai et al., "Comparisons of Antioxidant Activities and Total Phenolic Content of Fruit Peels," Agricultural Sci. J., Vol.42, pp.385-388, 2011.

[9] M.M. Giusti and R.E. Wrolstad, "Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy," Current protocols in food analytical chemistry. F1.2.1-F1.2.13, 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้