

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงขี้ผึ้งจากผลหม่อนโดยกระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท

Optimum Conditions of Instant Mulberry (*Morus alba* L.) Powder Production by Foam-mat Drying

ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์^{1*} และ จิรายุ มุสิก¹
Thanawan Auisakchaiyoung^{1*} and Jirayu Musika¹

Received: April 23, 2020

Revised: August 30, 2020

Accepted: August 31, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ผงขี้ผึ้งจากผลหม่อนโดยกระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้สารเมโธเซลที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เวลาตีปั่น 20 นาที ได้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ร้อยละการขยายตัวเท่ากับ 951.89 และปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมเท่ากับ 184.18 มิลลิลิตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพในตัวอย่าง 100 กรัม ดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 7.01 ค่า a_w เท่ากับ 0.30 pH เท่ากับ 4.94 ปริมาณโปรตีน 1.5 กรัม ปริมาณไขมันทั้งหมด 0.23 กรัม ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 88.90 กรัม ค่าพลังงานทั้งหมด 363.67 กิโลแคลอรี ปริมาณแอนโทไซยานิน 123.15 มิลลิกรัม/100 กรัม และปริมาณเถ้า 1.42 กรัม มีค่าความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 83.54 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.33 องศาบริกซ์ ค่าความสว่าง (L^*) 44.72 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) 15.96 ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 2.71 และค่าเฉดสี 0.17 การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 6.92 อยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

คำสำคัญ: ผลหม่อน ผงขี้ผึ้ง การอบแห้งแบบโฟม-แมท

ABSTRACT

The aim of this work was to optimize condition for producing the instant mulberry powder by using a foam-mat drying method. The optimum conditions for mulberry foam production were using 1.5% w/w methocel and whipping time for 20 minutes. The density, expansion and stability of foam from this condition were 0.41 g/cm³, 951.89% and 184.18 ml., respectively. The optimum condition for drying was 60 °C for 90 minutes. The chemical and physical properties of instant mulberry powder per 100 g showed that the moisture content was 7.01%, water activity (a_w) was 0.30, and pH was 4.94. The protein, total fat, and total carbohydrate contents were 1.5 g, 0.23 g, and 88.90g, respectively. The total energy was 363.67 Kcal/100 g. Anthocyanin content was 123.15 mg / 100g. Ash content was 1.42 g / 100 g. Rehydration of instant mulberry powder was 83.54%. The total soluble solid was 5.33 °Brix. The brightness (L^*) 44.72, redness (a^*) 15.96, yellowness (b^*) 2.71 and hue angle were 0.17. Sensory evaluation was tested by 9-Point Hedonic scale (n = 50). Most sensory consumers accepted the mulberry instant powder dried at 60°C for 90 minutes. The overall liking score was 6.92 with average overall liking scores at moderate level.

Keywords: Mulberry, Instant Powder, Foam-Mat Drying

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำ ผลหม่อนหรือ มัลเบอร์รี่ (*Morus alba* L.) มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มหลากหลายชนิด เช่น ผงขงดื่ม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และไอศกรีม เป็นต้น ในผลหม่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ สารประกอบฟีนอล (phenolic compound) [1] สารเคอร์ซีติน (quercetin) [2] และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) [3] ซึ่งเป็นสารสีม่วงแดง ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และโรคมะเร็ง มีวิตามินบี 6 ช่วยบำรุงเลือด ตับไต มีวิตามินซีสูง ช่วยป้องกันหวัด โรคภูมิแพ้ มีวิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา สร้างภูมิให้ระบบหายใจ บำรุงผิว ลดการอักเสบของผิว มีกรดฟอลิก ป้องกันโรคโลหิตจาง ช่วยการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ ซึ่งมีผู้ผลิตบางรายได้นำผลหม่อนมาแปรรูปเป็นน้ำลูกหม่อนทั้งแบบธรรมดาและเข้มข้น ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ยั่งยืนและสะดวกสำหรับผู้บริโภคที่สนใจรับประทาน [4] การปลูกหม่อนสามารถปลูกได้ทุกสภาพภูมิอากาศและให้ผลผลิตที่ดีสามารถจัดเก็บผลผลิตได้ตลอดทั้งปี สามารถนำผลหม่อนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิต ทำให้เกษตรกรและครอบครัวมีรายได้ซึ่งจะช่วยลดปัญหาความยากจนได้ [5] ทั้งนี้ผลหม่อนไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน เนื่องจากผลหม่อนมีผิวบอบบาง และมีปริมาณความชื้นสูง ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย จากงานวิจัยที่ผ่านมาผลหม่อนได้รับการวิจัยและพัฒนาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ เช่น เครื่องดื่ม ไวน์ แยม เยลลี่ ลูกอม [6] และ น้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งชนิดผง [7]

กระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat drying) เป็นกระบวนการซึ่งอาหารที่เป็นของเหลวหรือกึ่งแข็ง-กึ่งเหลวถูกทำให้เกิดเป็นโฟมที่คงตัวโดยการตีป่นอากาศเข้าไปในอาหารร่วมกับการเติมสารที่ทำให้เกิดโฟม (foaming agent) จากนั้นนำโฟมของอาหารที่คงตัวกลายเป็นชั้นบางและนำไปอบแห้งด้วยลมร้อน (air drying) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถผลิตอาหารแห้งที่มีคุณภาพสูงได้โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน ต้นทุนการผลิตต่ำ ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้การอบแห้งแบบโฟม-แมท ในอุตสาหกรรมขนาดย่อมหรืออุตสาหกรรมชุมชนเพื่อผลิตอาหารผงจากผัก ผลไม้และสมุนไพรได้ [8] โดยทั่วไปการ

อบแห้งแบบโฟม-แมท นิยมเติมสารที่ทำให้เกิดโฟมลงในอาหาร ซึ่งสารกลุ่มนี้มีมักจะเป็นสารประกอบที่ภายในโครงสร้างมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ดังนั้นจึงสามารถให้ฟองอากาศกระจายตัวอยู่ในของเหลวได้โดยไม่ต้องแตกตัวง่าย จึงให้โฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัวสูงและมีความหนาแน่นต่ำ นอกจากจะช่วยให้โฟมไม่ยุบตัวในระหว่างการอบแห้งแล้ว ยังช่วยให้ น้ำระเหยออกจากโฟมของตัวอย่างอาหารได้ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามตามความคงตัว (stability) และความหนาแน่น (density) ของโฟมก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของสารที่ทำให้เกิดโฟม ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดโฟมและเวลาในการตีป่น เพื่อให้ฟองอากาศกระจายตัวลงไปในอาหาร เป็นต้น ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นโฟมจะช่วยให้ น้ำระเหยออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จึงมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนและบดเป็นผงแห้งได้ง่าย รวมทั้งสามารถดูดน้ำกลับคืนได้เร็ว สำหรับอนุหภูมิในระหว่างการอบแห้งตัวอย่างโฟมอาหาร นอกจากจะมีผลต่ออัตราการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้งแล้วยังมีผลต่อคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ด้วย [9] โดยทั่วไปผักและผลไม้ผงสามารถผลิตได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งแล้วนำมาบดให้เป็นผง การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) และการอบแห้งแบบแชเยือกแข็ง (freeze drying) เป็นต้น แต่การอบแห้งโดยใช้ความร้อนสูงหรือใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สูญเสียคุณสมบัติทางคุณค่าโภชนาการ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น มีกลิ่นไหม้ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของสี นอกจากนี้ในผักหรือผลไม้บางชนิดที่มีความหนืดสูง หรือน้ำตาลสูงยังเป็นข้อจำกัดในการอบแห้งด้วย ในขณะที่การอบแห้งแบบแชเยือกแข็งสามารถรักษาคูณสมบัติต่างๆ ได้ดีและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูง แต่เทคโนโลยีดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายและต้นทุนสูง เหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ไม่เอื้อต่อโรงงานขนาดเล็กหรือระดับหมู่บ้านหรือชุมชนของประเทศไทย เทคนิคการอบแห้งแบบโฟม-แมทนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการอบแห้งพื้นฐาน ที่ใช้เครื่องมือพื้นฐาน เช่น ตู้อบลมร้อน แบบถาด เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปประยุกต์ใช้

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

กับเครื่องมือที่มีอยู่เดิม เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ขึ้นมาได้ [10]

เมโธเซล (methocel) เป็นวัตถุเจือปนอาหารทางการค้าที่มีสายโพลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ลักษณะเป็นผงที่มีความบริสุทธิ์สูงและให้พลังงานต่ำ ไม่ให้กลิ่นรสกับอาหารที่ถูกเติมลงไป และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย เมโธเซลสามารถละลายน้ำได้มีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ (binders) สารช่วยให้เกิดการแขวนลอย (suspension agents) สารช่วยให้มีอิมัลชันคงตัว (emulsifier) และสารป้องกันไม่ให้สารแขวนลอยแยกตัว (protective colloid) สามารถทำหน้าที่เป็นตัววัดแรงตึงผิว (surfactant) ทำให้เกิดสภาพฟิล์มขึ้น (film forming) ในอาหารได้ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟม เมโธเซลแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เมทิลเซลลูโลส (methylcellulose) และ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (hydroxypropylmethyl cellulose) [11]

มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) เป็นสารช่วยในการอบแห้ง ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยมีการละลายสูงขึ้นและดูดความชื้นกลับคืนได้น้อยลง นอกจากนี้สารดังกล่าวยังไม่มีสีและกลิ่น และช่วยจับกลิ่นรส และไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ด้วย [12] การเติมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 10 มีผลทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดพืชข้าว ผงแห้ง ที่ได้จากการอบแห้งแบบโฟมแมทดูดความชื้นจากบรรยากาศ และจับตัวกันเป็นก้อน น้อยลง รวมทั้งยังทำให้ความสามารถในการละลายสูงขึ้น [13] มอลโทเดกซ์ทริน มีผลต่อการรักษา แอนโทไซยานินในระหว่างการอบแห้ง เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทริน มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้ง (DE ต่ำ) และน้ำตาล (DE สูง) ซึ่งสามารถเป็น film-forming โดยจะเกิดฟิล์มบางๆที่มีความยืดหยุ่นห่อหุ้มสารไว้ (encapsulate) จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียจากสถานะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี [14]

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำผลหม่อน มาศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตผงขง ต้มจากผลหม่อนโดยใช้กระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท และใช้เมโธเซลเป็นสารที่ก่อให้เกิดโฟม นอกจากนี้ยังเติมมอลโทเดกซ์ทรินซึ่งเป็นสารช่วยในการอบแห้งใน

ผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งคาดว่าผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้จะยังคงมีคุณภาพสูงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆได้เทียบเท่ากับผลลูกหม่อนสด

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารที่ให้เกิดโฟม และเวลาที่ใช้ในการผสมหรือตีปั่นต่อคุณลักษณะของ โฟมผลหม่อน

1.1 วัตถุดิบ

1) หม่อน สายพันธุ์เชียงใหม่ 60 เพาะปลูก ณ สวนภูเงินมัลเบอร์รี่ ตำบลภูเงิน อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัด ศรีสะเกษ เก็บเกี่ยว ในระหว่าง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พ.ศ. 2562

2) เมโธเซล (methocel, MC) Methylcellulose (AR Grade) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3) มอลโทเดกซ์ตริน (maltodextrin) DE 10-15 (food Grade) ผลิตโดย สาธารณรัฐประชาชนจีนนำเข้า โดย บริษัท เคมีภัณฑ์ คอปอเรชั่น จำกัด

1.2 การเตรียมน้ำหม่อน

คัดเลือก ผลหม่อนสุก (ผลสีม่วงดำทั้งผล) เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานิน และโพลีฟีนอลสูงกว่า ผลห่าม (ผลสีม่วงแดง) โดยเฉพาะในสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 และสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 [4] ลักษณะผลไม่มีตำหนิ นำมาล้างความสะอาดและพักให้สะเด็ดน้ำ ปีบสกัดของเหลว โดยใช้เครื่องสกัดเย็นแยกกากน้ำผลไม้ กรองเพื่อแยกกาก วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) เท่ากับ 8 องศาบริกซ์ หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำบรรจุใส่ขวดพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาทดลอง

1.3 การเตรียมโฟมผลหม่อน

นำน้ำหม่อนที่แช่เยือกแข็งไปละลาย น้ำแข็งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง [14] ปรับให้มีปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ใน

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

น้ำ 10 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาล จากนั้นเติมสารมอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เพื่อเพิ่มความคงตัวของโฟม [15] และเติมสารสารเมโธเซล (Methocel, MC) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 (โดยน้ำหนัก) [16] นำของผสมทุกสภาวะ ตีปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (kitchen aid mixer) ที่ระดับความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 20 25 และ 30 นาที นำโฟมที่ได้จากทุกสภาวะการทดลองไปตรวจสอบคุณภาพของโฟมผลหมอนดังนี้

ความหนาแน่นของโฟม (foam density) วัดเป็นมวลต่อปริมาตรของโฟมและแสดงเป็น g/cm^3 [17] ดังสมการที่ 1

$$\text{ความหนาแน่นของโฟม (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{มวลของโฟม (g)}}{\text{ปริมาตรของโฟม (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

ความคงตัวของโฟม (stability) [17] คือ การวัดปริมาณของของเหลวที่แยกตัวออกจากโฟม ซึ่งจะนำโฟมที่สภาวะการทดลองต่าง ใส่ในกรวยกรองซึ่งวางอยู่บนกระบอกตวง จากนั้นบันทึกปริมาณของเหลวที่แยกตัวออกมาจาก โฟม เมื่อเวลาผ่านไป 120 นาที

การขยายตัวของโฟม (foam expansion) ผลหมอนสามารถระบุความสามารถของโฟมที่ให้อากาศเข้าสู่โครงสร้างของโฟม [18] ดังสมการที่ 2

$$\text{การขยายตัวของโฟม} = \frac{(V_1 - V_0) \times 100}{V_0} \quad (2)$$

โดย V_1 = ปริมาตรสุดท้ายของโฟมผลหมอน, cm^3

V_0 = ปริมาตรเริ่มต้นของผลหมอน, cm^3

วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in Completely Randomized Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เวอร์ชัน 23 การทดลอง 3 ซ้ำ

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบโฟม-แมท

นำโฟมผลหมอน ที่มีลักษณะของโฟมที่ดี คือ มีความหนาแน่นต่ำ ความคงตัวสูง (มีปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมต่ำที่สุด) และค่าการขยายสูง มาใช้ในช่วงขั้นตอนการอบแห้ง โดยเทโฟมผลหมอนลงในถาดเทพลอนที่มีความสูงของโฟม เท่ากับ 5 มิลลิเมตร โฟมผลหมอนถูกอบแห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที [19] หลังจากกระบวนการอบแห้ง นำโฟมหมอนแห้งออกจากถาดและนำไปปั่นให้เป็นผง เก็บรักษาไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ และบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เวอร์ชัน 23 การทดลอง 3 ซ้ำ

3. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงขงต้มจากผลหมอน

นำผงหมอนอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งทุกสภาวะ มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

- ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันทั้งหมด เถ้าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และพลังงานทั้งหมด [20]

- ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ด้วยวิธี ฟิเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล [21]

- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เครื่องวัด a_w (AQUA LAB รุ่น: Series 3 TE)

- วัดค่าสี โดยใช้เครื่องคัลเลอร์มิเตอร์ (Colorimeter) (ColorFlex EZ Spectrophotometer 45/0, USA) แสดงค่าเป็น L^* = ความสว่าง a^* = ความเป็นสีแดง b^* = ความเป็นสีเหลือง

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand Refractometer (ATAGO รุ่น Hand Held Refractometer MASTER-M (Brix 60-100%))

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

- ความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ (% rehydration) [22]

โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างหม่องผง 20 กรัม นำมาละลายน้ำ 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คนเป็นเวลา 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำไปอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักตะกอนแล้วคำนวณหาร้อยละการคืนรูป

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการเตรียมน้ำผลไม้หม่องผง นำตัวอย่างผงหม่องที่ผลิตได้จากทุกสภาวะการอบแห้ง มาคืนรูปให้มีปริมาณความชื้นหลังการคืนรูปเท่ากับร้อยละ 85 โดยน้ำหนักเปียก (โดยการละลายน้ำในปริมาณเท่ากับน้ำที่ระเหยไประหว่างการแห้ง) [7] จากนั้นนำไปประเมินคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 9 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

วางแผนแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เวอร์ชัน 23

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของปริมาณเมโรเซลและเวลาในการตีบต่อคุณภาพของโคมหม่อง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนาแน่น ร้อยละการขยายตัว ความคงตัวของโคมผลหม่อง พบว่าอิทธิพลร่วมของปริมาณสารเมโรเซลและเวลาในการตีบมีผลต่อค่าความหนาแน่น ร้อยละการขยายตัว ความคงตัวของโคมผลหม่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 1) โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของสารเมโรเซลจากร้อยละ 0.5 เป็น 1.0 และ 1.5 ตามลำดับ และระยะเวลาในการตีบให้เกิดโคมเพิ่มขึ้นที่เวลา 20 เป็น 25 และ 30 นาที ตามลำดับ จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโคมผลหม่อง คือใช้สารเมโรเซลที่ระดับความ

เข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เวลาในการตีบ 20 นาที ซึ่งทำให้โคมมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนาแน่นของโคมที่เหมาะสมสำหรับนำไปอบแห้งควรอยู่ในช่วง 0.40-0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร [23] ทั้งนี้สภาวะดังกล่าว มีค่าความหนาแน่นของโคมผลหม่องต่ำ ซึ่งแสดงว่ามีการแทรกตัวของอากาศอยู่ในเนื้อโคมมาก ส่งผลให้มีค่าร้อยละการขยายตัวของโคมสูงที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 951.89 [17] และจากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการตีบเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 30 นาที (เมื่อใช้สารเมโรเซล ร้อยละ 1.5) จะทำให้พองอากาศแตกจึงทำให้โคมยุบตัวลง ส่งผลให้ร้อยละการขยายตัวของโคมผลหม่องลดลง [9] ผลการวิเคราะห์ความคงตัว ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำที่แยกออกจากโคมภายในระยะเวลาที่กำหนด พบว่าการเติมสารเมโรเซลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และตีบที่เวลา 20 นาที ให้โคมผลหม่องมีความคงตัวสูง คือ ปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโคมในปริมาณน้อยที่สุด (166.15 มิลลิลิตร) ซึ่งค่าความหนาแน่นของโคมจะลดลง เมื่อความเข้มข้นของเมโรเซลเพิ่มขึ้นและให้ร้อยละการขยายตัวของโคมและโคมมีความคงตัวสูงขึ้น [9,16, 22]

2. ผลของสภาวะการอบแห้งแบบโคม-เมทต่อปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมกรรมน้ำ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ผงขมิ้นจากผลหม่อง

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับร้อยละ 10.21 7.01 และ 6.65 ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ มาวัดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ แสดงใน Table 1 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นการให้ความร้อนสูง จึงสามารถให้อัตราส่วนความชื้นลดลงได้เร็วกว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) จึงลดลง การเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการอบแห้งให้สูงขึ้นจะให้น้ำแพร่และระเหยออกจากอาหารได้เร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เวลาในการอบแห้งลดลง [24]

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

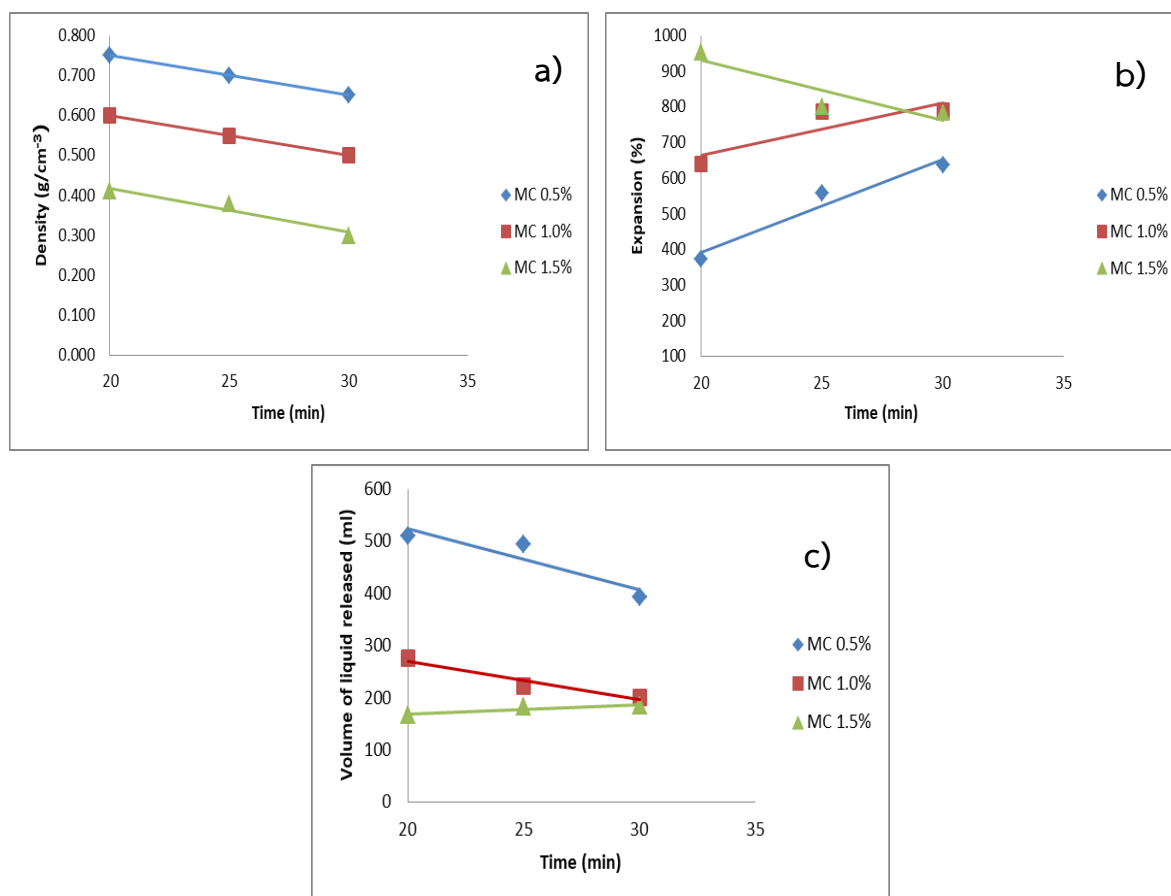


Figure 1 Effect of methocel content and whipping time on
a) density b) expansion and c) stability of mulberry foam

Table 1 Moisture content and Water activity of instant mulberry powder exposed to various drying temperatures for 90 min

Temperature (°C)	Moisture content (%)	Water activity (a_w)
50 °C	10.21±0.12 ^a	0.45±0.002 ^a
60 °C	7.01±0.08 ^b	0.30±0.002 ^b
70 °C	6.65±0.11 ^c	0.25±0.041 ^c

note: mean ±SD, ^{a-c} means within each column indicate significant differences ($P < 0.05$) using Duncan's multiple range test

3. คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากผลหม่อน

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและพลังงานของผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากผลหม่อน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากผลหม่อน ที่ผ่านการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ (Table 2) พบว่า โปรตีน ไขมันทั้งหมด

คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด แลค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) และพลังงานทั้งหมด ในตัวอย่าง 100 กรัม ของผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากผลหม่อนทุกสภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ (% rehydration) ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 65.72 83.54 และ 79.22

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งมีแนวโน้มให้ความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิร้อนที่สูงขึ้นอาจทำให้อนุภาคของผลิตภัณฑ์พองตัวมีลักษณะกลวงภายใน ทำให้มีพื้นที่สัมผัสกับตัวทำละลายได้ดีขึ้น [25] ปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อน ที่ได้จากการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งโฟมหม่อนที่ 70 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kirca และ Cemeroglu (2003) รายงานว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 70 เป็น 80 และ 90 องศาเซลเซียส จะให้ความคงตัวของแอนโทไซยานิน ใน blood orange ลดลง [26] ความคงตัวของแอนโทไซยานินของแครอทม่วง (black

carrot) ในสารละลายซิเตรทฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 2.5–7.0 โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่าความคงตัวของแอนโทไซยานิน ที่ค่า pH เดียวกันลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น [27] จากการทดลองการอบแห้งโฟมหม่อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นั้น ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณแอนโทไซยานินหลงเหลืออยู่มากที่สุดเท่ากับ 123.15 mg /100g และผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ พบว่าน้ำหม่อนที่สกัดได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 157.74 mg/g แต่จากการทดลองการอบแห้งโฟมหม่อนที่ระยะเวลาการอบแห้งเท่ากัน คือ 90 นาที อาจจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการอบแห้งนาน

Table 2 Chemical properties and Energy of instant mulberry powder exposed to various drying temperatures for 90 min

Chemical properties	Temperature		
	50 °C	60 °C	70 °C
Protein ^{ns} (g/100 g)	1.51±0.13	1.50 ± 0.01	1.48 ± 0.27
Total fat ^{ns} (g/100 g)	0.25± 1.11	0.23 ± 1.27	0.20 ± 1.05
Carbohydrate ^{ns} (g/100 g)	90.00±0.29	88.90 ± 0.10	90.01± 0.56
Ash ^{ns} (g/100 g)	1.44±0.11	1.42 ± 0.35	1.47± 0.11
Anthocyanin (mg /100g)	110.21±0.63 ^b	123.15 ± 0.59 ^a	39.24 ± 0.81 ^c
pH ^{ns}	4.96±0.02	4.94 ± 0.01	4.97 ± 0.00
Total soluble solid ^{ns} (°Brix)	5.53±0.46	5.33 ± 0.11	5.56 ± 0.11
Energy ^{ns} (kcal/100 g)	365.42±0.88	363.67 ± 0.21	360.00 ± 1.00
Rehydration (%)	65.72±0.49 ^b	83.54±0.70 ^a	79.22±0.92 ^a

note: mean ±SD, ^{a,c} means within each row indicate significant differences ($P < 0.05$) using Duncan's multiple range test

ns mean in the same row are significant difference ($p > 0.05$)

3.2 ผลของสภาวะการอบแห้งแบบโฟม-เมทต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อน

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อนที่ได้จากการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ (Table 3) พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น จะให้ค่าความสว่างค่า (L*) ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่

อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.77 และ 15.96 ตามลำดับ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็น 70 องศาเซลเซียส ให้ค่าค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.18 สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อน ที่ผ่านการอบแห้งในทุกๆสภาวะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 2.56 2.71 และ 1.93 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉดสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจาก

ผลหม่อนเป็น 70 องศาเซลเซียสนั้น ให้มีค่าเฉดสีของผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อย

Table 3 Color of mulberry instant powder at various temperatures

Temperatures	Color			
	L*	a*	b*	Hue
50 °C / 90 นาที	45.38 ± 0.36 ^a	15.77 ± 0.11 ^b	2.56 ± 0.08 ^b	0.16 ± 0.00 ^a
60 °C / 90 นาที	44.72 ± 0.37 ^a	15.96 ± 0.03 ^b	2.71 ± 0.17 ^a	0.17 ± 0.01 ^a
70 °C / 90 นาที	39.76 ± 1.81 ^b	17.18 ± 0.74 ^a	1.93 ± 0.29 ^c	0.11 ± 0.01 ^b

note: mean ±SD, ^{a-c} means within each column indicate significant differences (P<0.05) using Duncan's multiple range test

4. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบความชอบทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อนเปรียบเทียบกับน้ำหม่อนสด (Table 4) พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นในทุกๆ สภาวะของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มจากผลหม่อนและน้ำหม่อนสด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำหม่อนสด และผงขงดื่มจากผลหม่อน ที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50

และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความชอบโดยรวม ในทุกๆ สภาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ซึ่งน้ำหม่อนที่ผ่านการคั้นรูป ที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความชอบโดยรวม ไกล่เคียงกับน้ำหม่อนสด ซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง

Table 4 The liking score (n = 50) of reconstituted mulberry juice at various temperatures compare with fresh mulberry juice

Sample	Color	Flavor ^{ns}	Taste	Viscosity	Overall liking
fresh mulberry juice	7.42±1.14 ^a	6.78±0.95	7.10±1.07 ^a	7.02±1.16 ^a	7.36±0.92 ^a
50 °C	6.62±0.60 ^{bc}	6.72±0.67	6.74±0.66 ^b	6.92±0.80 ^a	6.60±0.61 ^{bc}
60 °C	6.80±0.63 ^b	6.68±0.76	6.74±0.80 ^b	6.78±0.67 ^a	6.92±0.63 ^b
70 °C	6.40±1.06 ^c	6.78±1.01	6.28±1.03 ^c	6.24±1.11 ^b	6.42±0.92 ^c

note: mean ±SD, ^{a-c} means within each column indicate significant differences (P<0.05) using Duncan's multiple range test
ns mean in the same column are significant difference ($p>0.05$)

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์หม่อนผงขงดื่ม คือ การใช้สารเมโธเซล ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เวลาในการตีปั่น 20 นาที อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงขงดื่มที่คุณภาพดี สามารถต่อ ยอดสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

และองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เกษตรกร และผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำกระบวนการอบแห้งแบบโฟมเมท นี้ไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบในท้องถิ่นชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

- [1] Duthie, G.G., Duthie, S.J. and Kyle, J. (2000). Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Journal of Nutrition*. 13: 79-106.
- [2] Manach, C., Mazur, A. and Scalbert, A. (2005). Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Journal of Current Opinion in Lipido*. 16: 77-84.
- [3] Lazee, M.C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A.I., Stivala, L.A. and Bianchi, L. (2004). Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Journal of Carcinogenesis*. 25: 1427-1433.
- [4] Kaewreuang, W. (2012). Mulberry fruit pharmacy. D-Library | National Library of Thailand. [Online] Available from <http://164.115.27.97/digital/items/show/7656> [Accessed July 16, 2020].
- [5] Khangrahad, C., Thongteerapharb, W., Saengsoda, T. and Onchaliaw, P. (2017). The Success factors for mulberry business and agriproduct processing: a case of Ban Suan Farm, Mae Aui Bang-Lan District, Nakhon Pathom Province. *Proceedings of the The 4th National Conference on Public Affairs Management Public Affairs Management Under Thailand 4.0*, pp 755-770. August 4, 2017. Khon kaen, Thailand.
- [6] Leelahemaratana, S. and Tongchitpakdee, S. (2011). Chemical composition and radical scavenging activity of mulberry pomace. *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, pp 548-555. February 1-4, 2011. Bangkok, Thailand.
- [7] Intipunya, P. and Thamee, T. (2014). Effects of spray drying process on quality of mulberry-honey mixed powder. *Thai Agricultural Research Journal*. 32(2): 139-153.
- [8] Pomkong, W. (2009). The study of foam-mat tamarind drying process. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University. Ubon Ratchathani, Thailand.
- [9] Thuwapanichayanan, R., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S. (2008). Drying characteristics and quality of banana foam mat. *Journal of Food Engineering*. 86(4): 573-583.
- [10] Prasert, W. (2013). Foam mat drying technique. *Food Journal (Thailand)*. (43)3: 23-26.
- [11] Tuladilok, K. and Rattanapitigorn, P. (2009). Production of pickled garlic powder by foam-mat drying. Published master's thesis, Chiang Mai University. Chiang Mai, Thailand.
- [12] Caliskan, G. and Dirim, S.N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Journal of Powder Technology*. 287: 308-314.

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University

- [13] Bopitsuwan, R. and Rojanakorn, T. (2017). Effects of maltodextrin on some physical characteristics of foam-mat dried gac aril powder. Proceedings of the National and International Graduate Research Conference 2017, pp 467-474. March 10, 2017. Khon Kaen University. Khon Kaen, Thailand.
- [14] Chaovanalikit, A. and Ittisophonkun, T. (2011). Natural colorants from mangosteen rinds. unpublished research. Srinakharinwirot University. Bangkok, Thailand.
- [15] Ngamsanga, S., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. (2015). Effect of foaming agent on characterization of banana (kluay hom tong) by foam-mat drying. Agricultural Science Journal. 46(3)(Suppl.): 429-432.
- [16] Auisakchaiyoung T and Rojanakorn T. (2015). Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) aril. International Food Research Journal. 22: 2025-2031.
- [17] Karim, A.A. and Wai, C.C. (1999). Characteristics of foam prepared from star fruit (*Averrhoa carambola* L.) puree by using methyl cellulose, Food Hydrocolloids. 13: 203-210.
- [18] Durian, D.J. (1995). Foam mechanics at the bubble scale. Physical Review Letters. 75(26): 4,780-4,783.
- [19] Krasaekoopt, W. and Bhatia, S. (2012). Production of yogurt powder using foam-mat drying. Assumption University Journal Technology. 15(3): 166-171.
- [20] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Washington D.C., USA.
- [21] Chaovanalikit, A. (2011). Extraction and analysis of anthocyanin. Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology). 3(6): 26-36.
- [22] Rardniyom, C. (2002). Production of longan juice powder by foam-mat drying. Unpublished master's thesis, Chiang Mai University. Chiang Mai, Thailand.
- [23] Hart, M.R., Graham, R.P., Ginnette, L.F. and Morgan, A.I. (1963). Foams for foam-mat drying. Food Technology. 17: 1302-1304.
- [24] Fellow, P. (2000). Food processing technology principles and practice. 2nd ed. Abington: Woodhead Publishing Limited.
- [25] Sarochwikasit, S. and Tangduangde, C. (2011). Effect of drying temperature and drying aids on qualities of spray dried pineapple juice. KMITT Research and Development Journal. 34(3): 203-215.
- [26] Kirca, A. and Cemeroglu, B. (2003). Degradation kinetics of anthocyanins in blood orange juice and concentrate. Food Chemistry. 81: 583-587.
- [27] Kirca, A. Ozkan, M. and Cemeroglu, B. (2007). Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. Food Chemistry. 100(1): 212-218.

* Corresponding author e-mail: thanawan.a@sskru.ac.th

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹ Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University