

ผลของระยะเวลาอบแห้งเยือกแข็งและอุณหภูมิในการคืนตัวต่อคุณภาพของสละแช่แข็ง

Effects of Freeze Drying Time and Water Rehydration Temperature on Product Quality of Crystallized Salacca

ทองจวน คุณพุทธิพิ^{1*}, นิภาพร คังคะวิสุทธิ¹ และ นฤศันส์ วาสักดิโลก¹

Thongjuan Khunphutthiraphi^{1*}, Nipaporn Kangkavisut¹, and Narusan Wasikadilok¹

Received: May 23, 2020

Revised: August 23, 2020

Accepted: October 14, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาอบแห้งเยือกแข็ง และระดับอุณหภูมิในการคืนตัวต่อคุณภาพของสละแช่แข็ง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แปรผันระยะเวลาอบแห้งเป็น 5 ระดับ คือ 14, 16, 18, 20 และ 22 ชั่วโมง และแปรผันระดับอุณหภูมิในการคืนตัวเป็น 4 ระดับ คือ 0, 25, 50, และ 75 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งเยือกแข็งของสละแช่แข็ง คือ 20 ชั่วโมง โดยที่ระยะเวลานี้ทำให้คุณภาพทางกายภาพโดยรวมและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม สูงกว่าที่ระยะเวลาอบ 14, 16 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากเวลาอบแห้งที่ 22 ชั่วโมง ($p > 0.05$) เวลาอบแห้งที่ 20 ชั่วโมงจึงมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิต นอกจากนี้พบว่าสละอบแห้งเยือกแข็งที่ผ่านการคืนตัวที่อุณหภูมิ 25, 50 และ 75 องศาเซลเซียสมีคุณภาพทางกายภาพทุกด้านสูงกว่าการคืนตัวที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า สละอบแห้งเยือกแข็งที่ผ่านการคืนตัวที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีคะแนนยอมรับมากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง

คำสำคัญ: สละแช่แข็ง การอบแห้งเยือกแข็ง การคืนตัว

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate effects that freeze drying time and water rehydration temperature have on product quality of crystallized salacca (*Zalacca edulis*). Completely Randomized Design is used in this research, testing five varying levels of freeze drying time (14, 16, 18, 20 and 22 hours) and four levels of temperature for rehydration by water (0, 25, 50, and 75 degree Celsius). Then, their physic-chemical quality were analyzed and sensory evaluation carried out. Results found that optimal freeze drying times for crystallized Salacca was 20 hours. This duration resulted in best overall physical properties and higher sensory score in term of odor, flavor, texture and general acceptability, than freeze drying time of 14, 16 and 18 hours ($p \leq 0.05$). Freeze drying times of 20 and 22 hours showed no significant difference ($p > 0.05$) in overall product quality. Therefore, a freeze drying time of 20 hours is more appropriate, considering lowest cost of production. When the dried salacca was rehydrated at levels of 25, 50 and 75 degrees Celsius, their product quality better than at level 0 degree ($p \leq 0.05$). In addition, sensory evaluation revealed that water temperature used for rehydration, at levels of 75 degrees Celsius resulted in highest acceptability score ($p \leq 0.05$) with overall liking score in moderately like level.

Keyword: Crystallized Salacca, Freeze drying, Water rehydration

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

บทนำ

สละเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานชนิดหนึ่ง มีเนื้อนุ่ม เนื้อมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว สละจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากให้ผลผลิตต่อเนื่อง ในปี 2559 จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ปลูกสละทั้งหมด 10,325 ไร่ มีผลผลิตออกสู่ท้องตลาดจำนวนปีละไม่ต่ำกว่า 10,310 ตัน [1] ผลผลิตสละส่วนใหญ่เป็นการจำหน่ายในรูปผลสด ซึ่งมักเผชิญปัญหาด้านราคาตกต่ำในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวอยู่เสมอ ส่วนการแปรรูปพบว่ามีน้อย โดยทำเป็นผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและแช่อิ่ม ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งสองดังกล่าวแม้จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอย่างกว้างขวางก็ตาม แต่ยังเผชิญกับปัญหาความยุ่งยากในการเก็บรักษาระหว่างรอจำหน่าย งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสละให้ได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมถึงส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากสละให้เป็นที่ยอมรับ และสามารถขยายตลาดการค้าออกไปสู่ต่างประเทศ และช่วยเพิ่มพูนรายได้ให้แก่ประเทศได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันพันธุ์สละที่นิยมปลูกในจังหวัดจันทบุรีมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สุมาลี และพันธุ์เนินวง สละพันธุ์สุมาลีมีลักษณะเด่น คือ เนื้อมีรสชาติดหวานแหลมและมีกลิ่นหอม เมล็ดใหญ่ เนื้อหนา ผลมีขนาดเล็ก ส่วนสละเนินวงมีลักษณะเด่น คือ เนื้อมีรสชาติดหวานอมเปรี้ยว เนื้อหนา ผลใหญ่กว่าสละพันธุ์สุมาลี ในช่วงที่ผลผลิตออกมาก คือ ช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม [2] และในช่วงดังกล่าวผลผลิตสละพันธุ์เนินวงมักจะมีราคาตกต่ำมากกว่าสละพันธุ์สุมาลี เหตุผลดังกล่าวเป็นแรงผลักดันสู่การค้นหานวัตกรรมเพิ่มมูลค่าให้แก่สละพันธุ์เนินวง โดยการแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แม้จะมีการศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สละแช่อิ่มอบแห้งในปี 2560 [3] แต่ปัจจุบันการผลิตเชิงพาณิชย์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากมีอุปสรรคจากการเก็บรักษาระหว่างรอจำหน่าย เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze drying) เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากเทคโนโลยีนี้เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงโมเลกุลน้ำออกจากผลไม้ โดยอาศัยการระเหิดของน้ำจากสภาพของแข็งให้

กลายเป็นไอ การระเหิดของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากอุณหภูมิและความดันในขณะทำแห้งมีระดับต่ำกว่าจุดวัฏภาค (triple point) ของน้ำในผลไม้ [4] ดังนั้น การอบแห้งผลไม้ด้วยเทคโนโลยีนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ต่ำ ทำให้เก็บรักษาได้นาน และไม่ใช้ความร้อนในการผลิต จึงสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้ครบถ้วน นอกจากนี้การอบแห้งเยือกแข็งยังเป็นการใช้ความเย็นต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อให้ น้ำในผลไม้ระเหยออกจนหมด ส่งผลให้ผลไม้หลังจากการแปรรูปยังคงมีรสชาติดั้งเดิม เมื่อมีการคั้นตัวก็จะมีลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรสใกล้เคียงกับวัตถุดิบมากที่สุด รวมถึงยังช่วยให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสียที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตาม การแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอาหาร ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก ฯลฯ การกำหนดเวลาในการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมและถูกต้อง คือ เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์อาหารตั้งแต่ นำเข้าแช่เยือกแข็ง จนกระทั่งอุณหภูมิที่ใจกลางอาหารลดลงถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้การแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (quick freezing) จนอุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส หรือ 0 องศาฟาเรนไฮต์ [5] ด้วยความเย็นระดับนี้ทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในต่างประเทศมีการนำเทคโนโลยีแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลไม้ไว้ได้ตลอดทั้งปี เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแยม น้ำผลไม้ และน้ำเชื่อมผลไม้ [6] แต่ในประเทศไทยข้อมูลการแช่เยือกแข็งเพื่อยืดอายุผลไม้ยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของระยะเวลาในการอบแห้งสละแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งเยือกแข็งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และความชอบของผู้บริโภค

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมสละแช่อิ่ม

สละที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสละพันธุ์เนินวงอายุประมาณ 35 สัปดาห์ (นับจากวันดอกบาน) ซึ่งระยะนี้

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

จะได้ผลสละที่มีรสหวานอมเปรี้ยว คัดเลือกผลสละที่มีขนาดน้ำหนักต่อผลมากกว่า 35 กรัม (เมื่อนำมาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายและค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเท่ากับ 18 องศาบริกซ์ และ 2.8 ตามลำดับ) ลักษณะผลมีสีแดงอมน้ำตาล หัวท้ายเรียวยาวไม่บิดเบี้ยวเสียรูปทรงตรงตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [7] นำผลมาปอกเปลือก ลอกเยื่อหุ้มและคว้านเมล็ดออก นำเนื้อสละแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 0.3 ตามลำดับ แช่นาน 30 นาที เพื่อเพิ่มความคงตัวให้กับเนื้อสัมผัส และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปแช่ต่อในน้ำเชื่อมเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การเตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ คำนวณด้วยวิธีเพียร์สันสแควร์ ซึ่งในน้ำเชื่อมมีส่วนผสมของกรดซิตริกร้อยละ 0.02 และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.02 เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาล

2. การอบแห้งสละแช่อิ่มด้วยวิธีเยือกแข็ง

นำสละแช่อิ่มจากข้อ 1 ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที เพื่อล้างน้ำเชื่อมที่อยู่ตามผิวของเนื้อสละ จากนั้นนำสละใส่ในถาดเข้าเครื่องอบแห้งเยือกแข็ง (ยี่ห้อ CHRIST รุ่น BATA 1-8 LD plus, Germany) ใช้โปรแกรมทำแห้งแบบ manual โดยการแปรระยะเวลาในการอบเป็น 5 ระดับ คือ 14, 16, 18, 20 และ 22 ชั่วโมง ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ใช้อุณหภูมิในการระเหิด -50 องศาเซลเซียส vacuum ที่ 0.0016 Pa แล้วจึงนำสละแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งแล้วเก็บในถุงสุญญากาศและรักษาในตู้ดูดความชื้น และรอการตรวจสอบคุณภาพต่อไป

3. การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์สละแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งเยือกแข็ง

นำตัวอย่างสละแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลาต่าง ๆ ในข้อ 2 มาละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

3.1 การวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การวัดค่าสี L^* a^* และ b^* ด้วย color meter (ยี่ห้อ NIPPON, รุ่น ZE-2000, Denshoku, Japan) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L^* a^* b^* ซึ่งค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า a^* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b^* แสดงถึงค่าสีเหลือง ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้ water activity meter (ยี่ห้อ AQUA LAB, รุ่น series 3, Decagon Devices Inc., Pullman, USA) และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วย texture analyzer (ยี่ห้อ Lloyd instruments, รุ่น TAplus, Hampshire, UK) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (ยี่ห้อ Consort, รุ่น C3010, UK) ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.2 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scaling (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยนำตัวอย่างสละแช่อิ่มอบแห้งเยือกแข็งมาทดสอบการยอมรับโดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ดำเนินการทดสอบภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD)

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์ในสละแช่อิ่มอบแห้งเยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์สละแช่อิ่มอบแห้งเยือกแข็ง ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากข้อ 3.2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ตามวิธีมาตรฐานของ A.O.A.C. [8] ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง [8]

5. การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการคั้นตัวต่อคุณลักษณะทางกายภาพและความชอบในผลิตภัณฑ์สละแช่อิ่มอบแห้งเยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์สละแช่อิ่มอบแห้งเยือกแข็ง ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากข้อ 3.2 มาทำการ

ทดสอบผลของระดับอุณหภูมิ 0, 25, 50 และ 75 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการคั้นตัวของเนื้อสละต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทุกสิ่งทดลองใช้สละอบแห้งเยือกแข็ง 20 กรัม แช่น้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร นาน 3 นาที ใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน วิเคราะห์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ในบล็อก (RCBD)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเยือกแข็งต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สละแช่แข็ง

หลังจากนำสละแช่แข็งไปอบแห้งเยือกแข็ง โดยใช้ระยะเวลาการอบแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 14, 16, 18, 20 และ 22 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลาอบแห้งเยือกแข็ง มีผลทำให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สละแช่แข็งทุกด้านที่ทำการทดสอบมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ การอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 18 และ 20 ชั่วโมง ทำให้ค่าความสว่างของสละแช่แข็งสูงกว่าที่เวลา 14 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการอบแห้งเยือกแข็ง ที่เวลา 18, 20 และ 22 ชั่วโมง ทำให้ค่าสีแดงของสละแช่แข็งสูงกว่าที่เวลา 14 และ 16 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วย แต่การอบแห้งเยือกแข็งทุกเวลาทำให้ค่าสีเหลืองของสละแช่แข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 22 ชั่วโมงทำให้ค่าเนื้อสัมผัส (ความ

กรอบ) และสูงกว่าการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะเดียวกันการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 22 ชั่วโมง ยังทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของสละแช่แข็งสูงที่สุด และสูงกว่าการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 14, 16 และ 18 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่การอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 22 ชั่วโมง ทำให้สละแช่แข็งมีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดและต่ำกว่าการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลการวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสละแช่แข็ง แสดงไว้ใน Table 1

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า เวลาการอบแห้งเยือกแข็งมีผลต่อค่าสี เนื้อสัมผัส ค่า pH และค่า a_w จากการวิเคราะห์ค่าสีของสละแช่แข็งหลังอบแห้งเยือกแข็งพบว่า ค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าสีแดงมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาอบแห้งเยือกแข็งที่เพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้เวลาอบแห้งเยือกแข็งที่นานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีจางลง เนื่องจากการอบแห้งเยือกแข็งที่ใช้เวลานานขึ้นทำให้เนื้อสละมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอบที่นานขึ้น และความแข็งที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ทำให้การหักเหของแสงและการสะท้อนแสงเปลี่ยนแปลงไป ([9], [10]) นอกจากนี้ การใช้เวลาอบแห้งเยือกแข็งที่นานขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในสละแช่แข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง คาดว่าเป็นผลจากการที่สละผ่านการแช่น้ำเชื่อมเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่า Dextrose equivalent สูงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักตุนน้ำออกจากอาหาร [10] และเมื่อให้เวลาในการดึงน้ำออกจากสละแช่แข็งมากขึ้น ค่า a_w จึงลดลงตามลำดับ ค่า a_w เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ มีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยอาหาร โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่า a_w ของสละแช่แข็งที่ผ่านการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 18 ถึง 22 ชั่วโมงผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มผช.136/2558 ที่กำหนดให้ค่า a_w ในผลไม้แห้งต้องไม่เกิน 0.6 [11]

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

Table 1 Physico-chemical quality analysis of freeze-dried crystallized Salacca at five varying levels of freeze drying time (mean±SD)

Freeze drying time (hrs)	Color			Texture (N)	pH	Water Activity (%)
	(L)	(a)	(b) ^{ns}			
14	56.27 ^b ±3.48	24.16 ^a ±3.06	24.16 ±3.06	86.02 ^c ±57.15	2.40 ^c ±0.04	0.95 ^a ±0.01
16	58.33 ^{ab} ±2.00	23.70 ^a ±3.87	23.70 ±3.87	157.31 ^b ±37.14	2.41 ^c ±0.01	0.63 ^b ±0.01
18	63.19 ^a ±3.45	8.01 ^b ±2.85	24.90 ±1.53	143.62 ^b ±25.71	2.45 ^{bc} ±0.02	0.52 ^c ±0.00
20	63.00 ^a ±3.63	8.02 ^b ±3.27	26.14 ±2.87	134.56 ^b ±29.80	2.46 ^{ab} ±0.01	0.34 ^d ±0.01
22	62.28 ^{ab} ±3.20	7.02 ^b ±2.01	22.93 ±6.55	185.15 ^a ±45.67	2.50 ^a ±0.01	0.30 ^e ±0.01

Note: The different alphabets in each column indicated the significant statistical difference ($p < 0.05$)

Hunter color values : L = lightness (100 = light , 0 = dark) a = + show redness , - show greenness

b = + show yellow , - show blueness

2. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สละแช่แข็งที่ผ่านการอบแห้งเยือกแข็ง

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 14 – 22 ชั่วโมง มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีของสละแช่แข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ คะแนนความชอบด้านกลิ่นของสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 20 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าสละแช่แข็งที่อบแห้งที่เวลา 14 และ 18 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญกับสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 16 และ 22 ชั่วโมง ($p > 0.05$) คะแนนความชอบด้านรสชาติของสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 20 ชั่วโมงมีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 14 16 และ 18 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญกับสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 22 ชั่วโมง ($p > 0.05$) คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 20 และ 22 ชั่วโมงมีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 14 และ 16 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญกับสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 18 ชั่วโมง

($p > 0.05$) และคะแนนความชอบโดยรวมของสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 20 ชั่วโมงมีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 14 16 และ 18 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญกับสละแช่แข็งที่อบแห้งด้วยเวลา 22 ชั่วโมง ($p > 0.05$) โดยค่าคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสละแช่แข็งแสดงใน Table 2

จาก Table 2 จะเห็นว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตัวอย่างทุกชุดการทดลองในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางคือ ให้คะแนนในช่วง 6-7 ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัสให้คะแนนต่ำกว่า คือ 4-6 ซึ่งผู้ทดสอบบางคนให้ความเห็นว่าสละแช่แข็งอบแห้งเยือกแข็งบางชุดการทดลอง (อบแห้งที่ 14-18 ชั่วโมง) มีความหนืดเหนียว และความชื้นยังคงมีอยู่ และยังไม่ใช้ลักษณะของการอบแห้งแบบเยือกแข็งจึงส่งผลให้สละแช่แข็งมีลักษณะหนืดเหนียวดังกล่าว อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า คะแนนการยอมรับของตัวอย่างสูงที่สุดเมื่อใช้เวลาอบแห้งเยือกแข็งที่ 20 ชั่วโมง รองลงมา คือ ที่ 22 ชั่วโมง

จาก Table 2 จะเห็นว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตัวอย่างทุกชุดการทดลองในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางคือให้คะแนนในช่วง 6-7 ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัสให้

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

คะแนนต่ำกว่า คือ 4-6 ซึ่งผู้ทดสอบบางคนให้ความเห็นว่า สละแช่อบแห้งเยือกแข็งบางชุดการทดลอง (อบแห้งที่ 14-18 ชั่วโมง) มีความหนืดเหนียว และความชื้นยังคงมีอยู่ และยังไม่ใช้ลักษณะของการอบแห้ง

แบบเยือกแข็ง จึงส่งผลให้สละแช่อบแห้งมีลักษณะหนืดเหนียวดังกล่าว อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า คะแนนการยอมรับของตัวอย่างสูงที่สุดเมื่อใช้เวลาอบแห้งเยือกแข็งที่ 20 ชั่วโมง รองลงมา คือ ที่ 22 ชั่วโมง

Table 2 The liking score (n = 30) of freeze dried crystallized *Salacca*, under five different freeze drying times (mean±SD)

Freeze drying time (hrs)	Sensory attribute				
	Color ^{ns}	Odor	Flavor	Texture	Overall liking
14	6.60±1.40	6.06±1.60 ^C	6.16±1.34 ^C	4.66±1.42 ^C	5.73±1.51 ^d
16	6.86±1.35	6.43±1.50 ^{abc}	6.60±1.28 ^{bc}	5.40±1.59 ^b	6.36±1.27 ^{bc}
18	6.66±1.18	6.30±1.24 ^{bc}	6.30±1.37 ^C	5.70±1.88 ^{ab}	6.20±1.21 ^{cd}
20	6.63±1.40	6.90±1.12 ^a	7.23±1.30 ^a	6.26±2.02 ^a	7.10±1.24 ^a
22	6.70±1.39	6.66±1.27 ^{ab}	7.10±1.12 ^{ab}	6.23±1.87 ^a	6.80±1.35 ^{ab}

Note: The different alphabets in each column indicated the significant statistical difference ($p \leq 0.05$)

3. ผลการวัดคุณสมบัติทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์ในสละแช่อบแห้งเยือกแข็ง

เนื่องจากสละแช่อบแห้งผ่านการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 20 ชั่วโมง มีคะแนนการยอมรับสูงสุด จึงนำตัวอย่างสละแช่อบแห้งเยือกแข็งดังกล่าว มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า สละแช่อบแห้งเยือกแข็งมีค่าความชื้น ปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 4.30, 0.08, 0.19, 86.59, 8.05 และ 0.82 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสละสด จะพบว่า ปริมาณไขมันและโปรตีนของสละแช่อบแห้งเยือกแข็งต่ำกว่าสละสด (ร้อยละ 0.1 และ 0.4 ตามลำดับ, [12]) ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งภายใต้สุญญากาศมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบไขมันและโปรตีน โดยการทำแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศจะทำให้เกิดออกซิเดชันของไขมันลดลงรวมถึงการเกิดปฏิกิริยา maillard ในผลไม้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและ reducing sugar จึงอาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียการละลายของโปรตีน แต่คาร์โบไฮเดรตในสละแช่อบแห้งเยือกแข็งสูงมากกว่าสละสด (ร้อยละ 17.9, [12]) ทั้งนี้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการแช่อบมากกว่าผลจากการอบแห้งเยือกแข็ง

นอกจากนี้ จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในสละแช่อบแห้งเยือกแข็งครั้งนี้ ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* แต่พบราและยีสต์ในระดับน้อยกว่า 300 โคโลนีต่อมิลลิกรัม ซึ่งปริมาณราและยีสต์ที่ตรวจพบนี้ อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มพช. 136/2558 ที่กำหนดให้ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [11] ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่า สละแช่อบแห้งเยือกแข็งนี้มีความปลอดภัยต่อการบริโภคจากเชื้อจุลินทรีย์ เป็นเพราะสละแช่อบแห้งเยือกแข็งมีค่า a_w ต่ำมาก (0.34) ซึ่งค่านี้เป็นดัชนีชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ และแบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 [13]

4. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วต่อคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสละแช่อบแห้งเยือกแข็ง

หลังจากนำสละแช่อบแห้งผ่านการอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 20 ชั่วโมง มาทำการทดสอบต่อเพื่อหาระดับ

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการคั่วตัวของสละแช่ห่ออบแห้งเยือกแข็ง พบว่า ทุกระดับอุณหภูมิที่ใช้คั่วตัวทำให้คุณภาพของเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ทำให้คุณภาพด้านสีโดยรวมแตกต่างกัน กล่าวคือ ค่าความสว่างสูงสุดเมื่อให้อุณหภูมิคั่วตัวที่ 75 และ 50 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีเหลืองต่ำสุดเมื่อให้อุณหภูมิคั่วตัวที่ 0 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิทั้ง 5 ระดับมีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสละแช่ห่ออบแห้งปล่อยให้คั่วตัวภายใต้อุณหภูมิต่างๆ แสดงไว้ใน Table 3

จาก Table 3 จะเห็นว่าเมื่อระดับอุณหภูมิที่ใช้คั่วตัวเพิ่มขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ทำให้คุณภาพเนื้อสัมผัสของสละแช่ห่ออบแห้งเยือกแข็งหลังการคั่วตัวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากในขณะที่อบแห้ง ทุกชุดการทดลองใช้อุณหภูมิและความดันระดับเดียวกัน จึงทำให้อาหารมีอุณหภูมิต่ำลง การสูญเสียของอาหารเนื่องจากความร้อน ลดการทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างอาหาร จึงรักษาคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสได้ใกล้เคียงกัน [14] ดังนั้น อุณหภูมิที่ใช้การคั่วตัวไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของสละแช่ห่อ แต่การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้คั่วตัวมีผลทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

Table 3 Physical quality analysis of freeze-dried crystallized Salacca under four different water temperature used for rehydration (mean $\pm$ SD)

Rehydration water temperature ($^{\circ}$ C)	Color			Texture (N) ^{ns}
	(L)	(a) ^{ns}	(b)	
0	13.64 ^b $\pm$ 2.41	1.31 $\pm$ 0.48	3.81 ^b $\pm$ 1.49	40.46 $\pm$ 21.50
25	20.02 ^{ab} $\pm$ 7.10	0.58 $\pm$ 0.32	6.58 ^a $\pm$ 2.35	22.98 $\pm$ 5.87
50	22.50 ^a $\pm$ 1.31	0.54 $\pm$ 1.03	7.98 ^a $\pm$ 1.06	22.84 $\pm$ 4.54
75	24.16 ^a $\pm$ 1.60	0.30 $\pm$ 0.35	7.28 ^a $\pm$ 0.40	34.28 $\pm$ 7.70

Note: The different alphabets in each column indicated the significant statistical difference ($p \leq 0.05$)

Hunter color values: L = lightness (100 = light, 0 = dark) a = + show redness, - show greenness

b = + show yellow, - show blueness

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ระดับอุณหภูมิทั้ง 5 ระดับที่ใช้ในการคั่วตัวของเนื้อสละก่อนบริโภค มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของสละแช่ห่อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของสละแช่ห่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ โดยภาพรวมคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มีค่าต่ำสุดในสละแช่ห่อที่คั่วตัวด้วยอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และสูงที่สุดในสละ

ที่คั่วตัวด้วยอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส แต่คะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของสละแช่ห่อที่คั่วตัวด้วยอุณหภูมิ 25 50 และ 75 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และคะแนนความชอบด้านรสชาติของสละแช่ห่อที่คั่วตัวด้วยอุณหภูมิ 25 และ 75 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสละแช่ห่อภายหลังการคั่วตัวภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันแสดงไว้ใน Table 4

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

จาก Table 4 จะเห็นว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนตัวอย่างจากทุกชุดการทดลองในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนนในช่วง 6-7) ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัสมีระดับต่ำกว่า (คะแนนในช่วง 5-6) แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำจะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น [15] และเมื่ออุณหภูมิกลับได้มากขึ้น สลัดแช่จะมีลักษณะนุ่มมากกว่า ข้อเสนอแนะนี้ขัดแย้งกับ Luh and Eidel [16] ที่ได้ทำการคั่วสภาพของเห็ดอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 26 และ 98 องศาเซลเซียส และพบว่าที่

อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เห็ดมีการคั่วสภาพสูงที่สุดในขณะที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส มีอัตราการดูดซับน้ำกลับต่ำกว่า ความแตกต่างนี้คาดว่าเป็นเพราะในเห็ดมีโปรตีนมากกว่าสละ โดยปฏิกิริยาควบแน่นของโปรตีนในอุณหภูมิสูงอาจเป็นสาเหตุของการลดลงของความสามารถในการเก็บกักน้ำ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า โดยภาพรวมคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมถึงคะแนนการยอมรับของตัวอย่างสูงที่สุดเมื่อให้อุณหภูมิคั่วที่ 75 องศาเซลเซียส และจากการสังเกต พบว่าสละที่นำมาผ่านการคั่วด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจะมีสีเหลืองเข้มและมีลักษณะนุ่ม มีกลิ่นหอมของสละ

Table 4 The liking score (n = 50) of freeze dried crystallized Salacca, when four different water temperature were used for rehydration (mean±SD)

Rehydration water temperature (°C)	Sensory attribute				
	Color	Odor ^{ns}	Flavor	Texture	Overall liking
0	6.10 ± 1.52 ^b	6.43 ± 1.57	6.30 ± 2.00 ^b	5.53 ± 2.01 ^b	6.03 ^b ± 1.94
25	6.23 ± 1.74 ^a	6.33 ± 1.58	7.06 ± 1.66 ^{ab}	5.80 ± 2.09 ^{ab}	6.63 ^{ab} ± 1.54
50	5.80 ± 1.75 ^{ab}	6.43 ± 1.50	6.30 ± 1.99 ^b	5.96 ± 2.01 ^{ab}	6.43 ^{ab} ± 1.72
75	6.73 ± 1.41 ^a	6.36 ± 1.61	7.10 ± 1.71 ^a	6.60 ± 1.81 ^a	7.13 ^a ± 1.38

Note: The different alphabets in each column indicated the significant statistical difference (p ≤ 0.05)

สรุปผล

จากการศึกษาผลของระยะเวลาในการอบแห้งเยือกแข็งสละแช่เย็น พบว่า การอบแห้งเยือกแข็งที่เวลา 20 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณภาพทางกายภาพโดยรวมดีที่สุด และได้รับการยอมรับของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด และเมื่อนำผลิตภัณฑ์สละแช่เย็นที่เวลาอบแห้งด้วยเวลา 20 ชั่วโมงไปทดสอบเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่ว พบว่า การคั่วด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทำให้สละแช่เย็นมีคุณภาพทางกายภาพโดยรวมดีที่สุดและมีคะแนนยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก เงินรายได้ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Information and Communication Technology Center Department of Agricultural Extension (2017). Salacca. [Online] Available from http://www.agriinfo.doae.go.th/year6_0/plant/rortor/fruit2/zalacca1.pdf. (in Thai).
- [2] Changprasert, S. (2016). Research and Development for high quality Sala production technology. Department of

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

- Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).
- [3] Chanthapirak, S., Kantrong, H. and Klongdee, S. (2017). Product development of Crystallized Salacca. Complete research report. Kasetsart University. (in Thai).
- [4] Fellows, P.J. (2000). Dielectric, ohmic and infrared heating. pp. 365 – 384. In P.J. Fellows (ed.). Food processing technology: principles and practice. 2nd ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- [5] Fennema, O.R., Powrie, W.D. and Marth, E.H. (1973). Low-temperature preservation of foods and living matter. Dekker, New York.
- [6] Skrede, G. (1996). Fruits, freezing effects on food quality (Jeremiah LE ed.) Marcel Dekker, NY, USA.
- [7] National Agricultural and Food Standards. (2013). SALACCA. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).
- [8] A.O.A.C. (2000). Official Method of Analysis. (16th ed.), Virginia, USA. The Association of Official Analysis Chemists.
- [9] Chiralt, A. and Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. Journal of Food Engineering. 67: 167-177.
- [10] Martinez-Valencia, B.B., Abud-Archila, M., Ruiz-Cabrera, M.A., Grajales-Lagunes, A., Dendooven, L., Ovando-Chacon, S.L. and Gutierrez-Miceli, F.A. (2011). Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon (*Cucumis melo* L.) var. cantaloupe. African Journal of Agricultural Research. 6(15): 3588-3596.
- [11] Thai Industrial Standards Institute. (2015). Thai community product standards: dried fruits and vegetables. TCPS Number.136/2558. (in Thai).
- [12] CalForLife. (2020). Calories in Salk, palm, sweet (Salacca, sweet). [Online] Available from <https://www.calforlife.com/th/calories/salak-palm-sweet> (in Thai). [Accessed March 16, 2020].
- [13] Saphanich, N. (2002). Water activity and controlling the shelf life of food products. Charpa Journal. 9(68): 48-51.
- [14] Pornchaloempong, P. and Rattanapanone, N. (2020). Drying method and dryer. [Online] Available from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration>. (in Thai). [Accessed March 20, 2020].
- [15] Yuenyongputtakal, W. (2013). Factors influencing on dewatering by osmotic dehydration of fruits and vegetables. Burapha Science Journal. 18(1): 226-233. (in Thai).
- [16] Luh, B.S., and Eidel, L. (1969). Chemical changes in freeze dried mushroom (*Agaricus bisporus*) Fruchtsafi-Ind .14:58.

* Corresponding author e-mail: tongjuan.vipat@gmail.com

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Department of Product Development and Management Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok