

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2556

-
1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าผลผลิต
 2. โครงการวิจัย : การผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่จากพืช
กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากพืช
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :
 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : เทคโนโลยีการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งด้วยวิธีออสโมซิสแบบต่อเนื่อง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Osmotic Dehydration Technology of Fruit by Continuous System
 4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวจรรุภรณ์ รัตนสกุลธรรม สวป.
ผู้ร่วมงาน : นางสาวศุภมาศ กลิ่นขจร สวป.
นางสาวสุรีย์รัตน์ รักเหลือ สวป.

5. บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งด้วยวิธีออสโมซิสแบบต่อเนื่อง ทำการทดลองที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 – กันยายน 2556 โดยทำการศึกษาระยะเวลาการนึ่งผลไม้ ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ระยะเวลาในการออสโมซิส (แช่อิ่ม) และสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง ผลการทดลองพบว่าขั้นตอนและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งมีดังนี้ ทำการเตรียมผลไม้คือกระท้อน ล้างน้ำ ทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือก แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 1% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1% เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำกระท้อนมาผ่าครึ่ง เอาเมล็ดออก หั่นเนื้อกระท้อนเป็นชิ้นกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร แช่เนื้อกระท้อนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด สะเด็ดน้ำ นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 6 นาที แช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เป็นระยะเวลา 180 นาที (อัตราส่วนผลไม้ ต่อ สารละลายน้ำตาล เท่ากับ 1 : 2) จากนั้นล้างด้วยน้ำอุ่น (50-60 °C)

อย่างรวดเร็ว นำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 1 นาที อบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อทำการเก็บรักษากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (25-30 °C) และอุณหภูมิห้องเย็น (4-8 °C) ยังคงมีความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และปริมาณจุลินทรีย์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็นเป็นเวลา 6 เดือน มีคะแนนการยอมรับลดลงจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้น โดยกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องมีคะแนนความชอบโดยรวม 4.88 – 5.04 ส่วนกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีคะแนนความชอบโดยรวม 5.24 – 5.52

คำสำคัญ : การทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิส ผลไม้แห้ง กระท้อน

Abstract

The study on osmotic dehydration technology of fruit by continuous system was carried out during October 2010 to September 2014 at PPDRO, Bangkok. Blanching duration, sucrose concentration, soaking period in syrup and storage condition were performed. The result showed that appropriate preparations of santol fruit were washing, cleaning, draining, peeling and soaking with 1% NaCl and 1% citric acid solution for 30 minutes. Besides, santol flesh was cut into 2 pieces and pulled seed out. Santol flesh then was sliced approximately 0.5 cm and put in to 0.5% CaCl₂ and 0.5% citric acid solution for 30 minutes. Pieces of santol flesh were rinsed with clean water, drained, blanched for 6 minutes and soaked in 60 °Brix sucrose solution for 180 minutes (fruit and sucrose solution ratio was 1:2). Subsequently, samples were immediately washed in warm water (50-60 °C), drained for a minute and putted them to hot air oven (50 °C) for 18 hours. Afterward, osmotic dehydration santol product was kept at ambient temperature (25-30 °C) and cold temperature (4-8 °C) for 6 months. It was found that moisture content, water activity and microorganism levels of osmotic dehydration santol product kept in both temperatures were in acceptable standard. Meanwhile, the sensory evaluation by consumer acceptance score was decreased after 6 months storage of santol product at room and cold temperatures. Consumer acceptance score of osmotic dehydration santol product kept in ambient temperature and cold temperature were 4.88 – 5.04 and 5.24 – 5.52, respectively.

Keywords : osmotic dehydration, dried fruit, santol

6. คำนำ

ผลไม้จัดเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากให้คุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามิน และเกลือแร่ ผลไม้ยังมีเส้นใยอาหารเป็นจำนวนมาก แต่ผลไม้มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณผลผลิตที่มีมากในช่วงฤดูกาลและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในแถบร้อน ส่งผลให้ผลไม้เกิดการสุก เน่าเสีย หรือเสื่อมสลายได้ง่าย ทำให้ผลผลิตมีราคาตกต่ำ การทำแห้งผลไม้ด้วยลมร้อนจัดว่าเป็นกรรมวิธีการแปรรูปชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่การทำแห้งด้วยลมร้อนจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ เนื้อเยื่อของผลไม้มีการหดตัวมาก และทำให้โครงสร้างของเนื้อเยื่อเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับ (Aguilera and Stanley, 1999) ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดน้ำบางส่วนก่อนการทำแห้งด้วยลมร้อนโดยการแช่ในสารละลายที่เข้มข้น เรียกกระบวนการนี้ว่า การทำแห้งโดยวิธีออสโมซิส (Torreggiani and Bertolo, 2004) ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีความคงตัว มีการแตกสลายของโครงสร้างลดลงส่งผลต่อการหดตัวของเนื้อเยื่อลดลง โดยการทำให้แห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส (osmotic dehydration) เป็นกระบวนการดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อผลไม้โดยอาศัยหลักการออสโมซิส ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากสารละลายเจือจางไปยังสารละลายที่เข้มข้นกว่า โดยโมเลกุลของน้ำจะผ่านเยื่อต่างๆ ที่เรียกว่าเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane) (Ponting *et al.*, 1966 ; Lennart and Flink, 1984)

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารของน้ำในผลไม้กับน้ำตาลในระหว่างการออสโมซิสได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล อุณหภูมิของสารละลายและระยะเวลาในการแช่ โดย Uddin *et al.* (2008) ได้ศึกษาการออสโมซิสแครอท พบว่าระยะเวลาในการแช่และความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำในระหว่างการออสโมซิสแครอทมากที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิ โดยอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่เป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ทั้งนี้สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำโดยวิธีออสโมซิสของผลไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน Alok *et al.* (2009) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการออสโมซิสเนื้อขนุนก่อนทำแห้ง คือ การแช่เนื้อขนุนในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 65.9 องศาบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 68.5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180.6 นาที จะให้ค่าการสูญเสียน้ำและการยอมรับโดยรวมสูงสุด ขณะที่การเพิ่มขึ้นของของแข็งต่ำที่สุด การออสโมซิสก่อนการอบแห้งมีผลทำให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการทำแห้ง และจะลดลงในช่วงสุดท้าย โดยผลิตภัณฑ์ที่อิมตัวไปด้วยน้ำตาลจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและมีการหดตัวลดลงเล็กน้อยในระหว่างการทำแห้ง (Paolo *et al.*, 2008) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษากรรมวิธีการแปรรูปผลไม้ที่มีปริมาณมากเกินความต้องการสำหรับบริโภคสด ซึ่งการแปรรูปโดยวิธีการออสโมซิสร่วมกับการอบแห้ง ก็เป็นวิธีการทำแห้งวิธีหนึ่งที่ย่าง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏที่ดี อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาการแปรรูป และประหยัดพลังงาน

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์จะถูกควบคุมโดยปัจจัย 3 ปัจจัย คือ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ สภาพแวดล้อมที่เก็บรักษา และคุณสมบัติของภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บรักษาไว้ที่สภาพแวดล้อมหนึ่งๆ จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของความชื้น ออกซิเจน แสง และอุณหภูมิ ดังนั้นสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์จึงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูป เช่น ผลไม้อบกึ่งแห้ง จะเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ทำให้ผลไม้อบกึ่งแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงสี และกลิ่นรส ดังนั้นการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ทราบอายุของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา และการวางจำหน่าย (รุ่งนภา, 2549)

ผลไม้แห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ที่อยู่ในสภาพดี ไม่เน่าเสีย โดยอาจนำมาผ่านกรรมวิธีการหมักดองหรือแช่แข็งก่อนหรือไม่ก็ได้ มาลดความชื้นตามต้องการโดยใช้แสงแดดหรือนำไปอบ ทั้งนี้อาจปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น น้ำตาล เกลือ พริก ด้วยก็ได้ โดยความชื้นของผลไม้แห้งต้องไม่เกิน 18% ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต้องไม่เกิน 0.75 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เอสเซอรีเซีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์ ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช 136/2550)

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. กระท้อนพันธุ์ปุ๋ยฝ้าย
2. น้ำตาลทราย กรดซิตริก เกลือ แคลเซียมคลอไรด์
3. อุปกรณ์เครื่องครัวสแตนเลส
4. ตู้อบลมร้อน
5. เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR 400)
6. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกทิวิตี: Water activity: aw) (Novasina, TH200)

- วิธีการ

1. วิเคราะห์คุณภาพของกระท้อน ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณน้ำตาล (Total sugar, Fructose, Glucose และ Sucrose)
2. การผลิตผลไม้แช่แข็งด้วยวิธีการออสโมซิสแบบต่อเนื่อง

ทำการเตรียมเนื้อกระท้อนสำหรับศึกษาระยะเวลาในการนึ่ง ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล และระยะเวลาในการออสโมซิส โดยนำกระท้อนล้างน้ำ ทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือก แขนในสารละลายเกลือเข้มข้น 1% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1% เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำกระท้อนมาผ่าครึ่ง เอาเมล็ดออก หั่นเนื้อกระท้อนเป็นชิ้นกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร แขนเนื้อกระท้อนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด สะเด็ดน้ำ

2.1 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งผลไม้

ศึกษาระยะเวลาในการนึ่งผลไม้ วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยนำเนื้อกระท้อนหนึ่งด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 นาที แขนในสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ โดยขนในอัตราส่วนผลไม้ ต่อ สารละลายน้ำตาล เท่ากับ 1 : 2 การออสโมซิสจะดำเนินการโดยปล่อยสารละลายน้ำตาลไหลผ่านชิ้นผลไม้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ถังที่มีวาล์วเปิดปิดเพื่อควบคุมอัตราการไหลของสารละลายน้ำตาลให้คงที่เป็นระยะเวลา 180 นาที นำผลไม้ที่ผ่านกระบวนการขนในสารละลายน้ำตาล ล้างด้วยน้ำอุ่นอย่างรวดเร็วเพื่อชะล้างสารละลายน้ำตาลส่วนเกินที่ติดบริเวณผิวออก นำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 1 นาที อบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาศึกษาการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss : WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain : SG) ค่าสี ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 7-point hedonic scaling (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบปานกลาง, 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 4 = เฉยๆ, 5 = ชอบเล็กน้อย, 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก) โดยทดสอบกับผู้บริโภคที่ฝึกฝนจำนวน 25 คน เพื่อเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

$$WL = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} \times \text{ความชื้นเริ่มต้น}) - (\text{น้ำหนักสุดท้าย} \times \text{ความชื้นสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

$$SG = \frac{[(\text{น้ำหนักสุดท้าย})(1 - \text{ความชื้นสุดท้าย})] - [(\text{น้ำหนักเริ่มต้น})(1 - \text{ความชื้นเริ่มต้น})]}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลและระยะเวลาในการออสโมซิส

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลและระยะเวลาในการออสโมซิส วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 Factorial in RCB โดยนำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยสถานะที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 มาขนในสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นระดับ 50 60 และ 70 องศาบริกซ์ โดยขนในอัตราส่วนผลไม้ ต่อ สารละลายน้ำตาล เท่ากับ 1 : 2 การออสโมซิสจะดำเนินการโดยปล่อยสารละลายน้ำตาลไหลผ่านชิ้นผลไม้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ถังที่มีวาล์วเปิดปิดเพื่อควบคุมอัตราการไหลของสารละลายน้ำตาลให้คงที่เป็นระยะเวลา 90 120

150 และ 180 นาที นำมาศึกษาการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระถ่อนแช่อบแห้ง

นำกระถ่อนแช่อบแห้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 5 แบบคือ ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดความชื้น (PP+Si) ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน (PP+O₂) ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดความชื้นและสารดูดซับออกซิเจน (PP+Si+O₂) และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องเย็น (4-8 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างที่อายุการเก็บรักษา 0 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ปริมาณจุลินทรีย์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB

- เวลาและสถานที่ : เริ่มต้นตุลาคม 2553 สิ้นสุดกันยายน 2556 สถานที่ทำการทดลอง

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ

นำกระถ่อนมาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี พลังงาน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ได้ผลดังแสดงใน Table 1

Table 1 Quality analysis of santol

Qualities	Santol
Moisture (%)	84.53
Protein (%)	0.99
Fat (%)	0.11
Ash (%)	0.52
Fiber (%)	1.46

Carbohydrate (%)	13.85
Total Energy (Kcal/100g)	60.35
Total Sugar (g/100g)	6.24
Fructose (g/100g)	1.71
Glucose (g/100g)	2.69
Sucrose (g/100g)	1.84
Total soluble solid (^o Brix)	12.2

2. การผลิตผลไม้แช่อิ่มด้วยวิธีการออสโมซิสแบบต่อเนื่อง

2.1 การศึกษาระยะเวลาในการนึ่งผลไม้

การใช้ความร้อนระยะเวลาสั้นๆ เช่น การลวก การนึ่งด้วยไอน้ำ เป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการแปรรูป เพื่อเป็นการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการแปรรูป จึงทำการศึกษาระยะเวลาในการนึ่งที่เหมาะสมก่อนนำไปออสโมซิสและอบแห้ง จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนึ่งผลไม้มากขึ้น มีผลทำให้มีปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมากขึ้น เนื่องจากความร้อนทำให้โครงสร้างของเซลล์เมมเบรนอ่อนตัวลง จึงทำให้น้ำที่มีอยู่ในชั้นเนื้อผลไม้แพร่กระจายออกมาภายนอกได้ดี เมื่อพิจารณาผลของเวลาในการนึ่งต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียพบว่า การนึ่งกระท่อนที่ระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการนึ่งที่ระยะเวลา 6 และ 8 นาที (Table 2)

คุณภาพด้านสีหลังจากผ่านการนึ่งพบว่า เมื่อระยะเวลาการนึ่งเพิ่มขึ้นจาก 0 – 10 นาที มีผลทำให้ค่าสี L* (ความสว่าง) มีค่าสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) สำหรับค่าสี a* (สีแดง-สีเขียว) ก็เช่นเดียวกัน ส่วนค่าสี b* (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ของกระท่อนที่ผ่านการนึ่งที่ระยะเวลา 6 นาที มีค่ามากที่สุด ($p>0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกระท่อนที่ผ่านการนึ่งที่ระยะเวลา 2 4 8 และ 10 นาที (Figure 1)

Table 2 Water loss and solid gain at different blanching time

Blanching time (Minute)	Water loss (%)	Solid gain (%)
-------------------------	----------------	----------------

0	15.65b	24.55c
2	17.25b	45.50b
4	20.37a	46.55b
6	20.56a	50.43ab
8	20.80a	52.88a
10	21.67a	54.87a

Different letters within a column (a-c) were significantly different ($p \leq 0.05$)

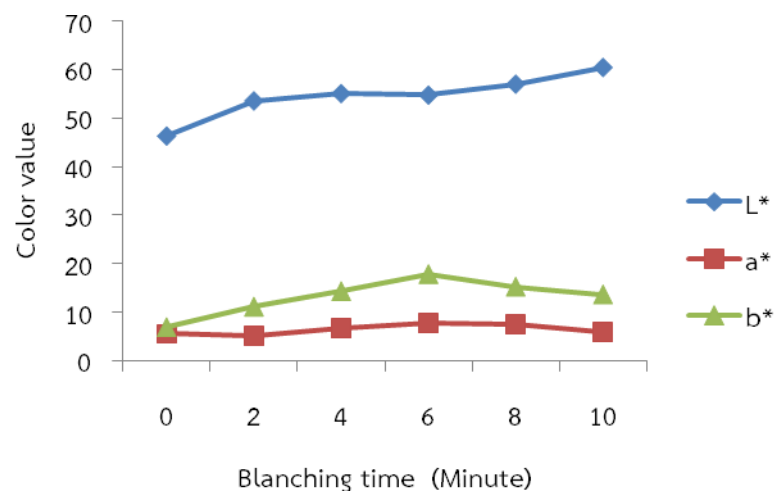


Figure 1 Color value at different blanching time

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาด้านสีและรสชาติของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านการนึ่งเป็นระยะเวลา 2 – 10 นาที มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ผ่านการนึ่ง ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 6 นาที มีคะแนนความชอบมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 8 และ 10 นาที (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ผ่านการนึ่งจะมีสีคล้ำที่สุด และเมื่อใช้เวลากการนึ่งเพิ่มขึ้นจะทำให้สีของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น นอกจากนี้เนื้อสัมผัสของกระท้อนจะแข็งมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการนึ่งเพิ่มขึ้น

จากข้อมูลการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ค่าสี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การนึ่งกระท้อนที่ระยะเวลา 6 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดก่อนนำไปออสโมซิสและอบแห้ง เนื่องจากการนึ่งที่ระยะเวลา 6

นาที่ มีผลทำให้มีปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่าไม่แตกต่างจากการนึ่งที่ระยะเวลา 8 และ 10 นาที่ นอกจากนี้การนึ่งกระทอนที่ระยะเวลา 6 นาที่ มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงสุด

Table 3 Sensory evaluation of dried santol by osmotic dehydration

Blanching time (Minute)	Scoring			
	Color	Taste	Texture	Overall
0	3.91b	4.55b	4.27b	4.36c
2	5.55a	5.77a	5.32b	5.50b
4	5.82a	5.86a	5.05b	5.50b
6	6.04a	6.50a	6.32a	6.77a
8	6.32a	6.55a	6.18a	6.45a
10	6.00a	6.41a	6.27a	6.59a

Different letters within a column (a-c) were significantly different ($p \leq 0.05$)

2.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลและระยะเวลาในการออสโมซิส

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลและระยะเวลาในการออสโมซิส โดยนำกระทอนที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 6 นาที่ (เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 2.1 ซึ่งได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด) มาแช่ในสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นระดับ 50 60 และ 70 องศาบริกซ์ระยะเวลา 90 120 150 และ 180 นาที่ นำมาศึกษาการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองพบว่า ในแต่ละระยะเวลาการแช่ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากขึ้น โดยการแช่ที่ระยะเวลา 120 150 และ 180 นาที่ ที่ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาล 70 องศาบริกซ์ มีปริมาณน้ำที่สูญเสียมากกว่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 60 องศาบริกซ์ แต่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งการแช่กระทอนในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ ระยะเวลา 180 นาที่ มีปริมาณน้ำที่สูญเสียมากที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการแช่ 180 นาที่ พบว่า กระทอนที่แช่สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ มีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการแช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ($p \leq 0.05$) (Table 4)

Table 4 Water loss and solid gain of dried santol at different concentration sucrose and soaking time

Concentration of Sucrose (°Brix)	Soaking time in syrup (Minute)							
	90		120		150		180	
	WL	SG	WL	SG	WL	SG	WL	SG
50	10.84c	22.42c	9.87b	20.23b	12.83b	21.36c	18.89b	22.55c
60	14.08b	26.42b	17.15a	28.18a	15.97a	25.07b	22.38a	26.28b
70	19.89a	34.38a	18.99a	30.03a	15.14a	27.55a	23.79a	32.75a

Different letters within a column (a-c) were significantly different ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กระทั่งอ่อนแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ระยะเวลา 180 นาที มีคะแนนการยอมรับของคุณภาพด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p > 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการแช่ในสารละลายน้ำตาลที่สภาวะอื่นๆ (Table 5) (เนื่องจากการแช่กระทั่งอ่อนในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ มีปริมาณการสูญเสียน้ำต่ำที่สุด จึงไม่นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส)

จากข้อมูลการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ค่าสี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การแช่กระทั่งอ่อนในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ระยะเวลา 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดก่อนนำไปอบแห้ง เนื่องจากเป็นสภาวะที่ทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียไม่แตกต่างจากการแช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ และมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า เมื่อพิจารณาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า กระทั่งอ่อนที่ผ่านการแช่สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ มีรสชาติหวานกว่ากระทั่งอ่อนที่แช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เนื่องจากการแช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ มีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นมากกว่า ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นก็คือปริมาณน้ำตาลที่ถ่ายเทเข้าไปในชิ้นผลไม้ จึงทำให้กระทั่งอ่อนที่แช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับมากที่สุด

Table 5 Sensory evaluation of dried santol by osmotic dehydration

Concentration of Sucrose (°Brix)	Soaking time in syrup (Minute))	Scoring			
		Color	Taste	Texture	Overall
60	90	5.52a	5.32a	5.40a	5.56ab
60	120	5.36a	5.68a	5.40a	5.48ab
60	150	5.52a	5.60a	5.36a	5.56ab
60	180	5.68a	5.64a	5.60a	6.00a
70	90	5.56a	5.24a	5.28a	5.44b
70	120	5.56a	5.32a	5.44a	5.48ab
70	150	5.68a	5.44a	5.48a	5.56ab
70	180	5.60a	5.32a	5.56a	5.68ab

Different letters within a column (a-b) were significantly different ($p \leq 0.05$)

3. การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระถ่อนแช่อิ่มอบแห้ง

การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษา โดยบรรจุกระถ่อนแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 5 แบบคือ ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดความชื้น ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดซับออกซิเจน ถุงพลาสติกชนิด PP ร่วมกับสารดูดความชื้นและสารดูดซับออกซิเจน และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องเย็น (4-8 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างที่อายุการเก็บรักษา 0 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณจุลินทรีย์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลเป็นดังนี้

ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีคือปริมาณน้ำขั้นต่ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษา โดยค่าวอเตอร์แอกทिवิตีสูงผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี จากการทดลองผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เท่ากับ 0.712 โดยค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกบรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงลดลงตลอดเวลาการเก็บรักษา และที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีแตกต่างจากอายุการเก็บรักษา 0 เดือน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาตามชนิดบรรจุภัณฑ์ที่แต่ละอายุการเก็บรักษา พบว่าค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของกระท้อนในทุกบรรจุภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ PP, PP+Si, PP+O₂, PP+Si+O₂ และ AL ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีเท่ากับ 0.648 0.632 0.645 0.632 0.656 ตามลำดับ สำหรับกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่พบว่าทั้งบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษาระยะเวลา 6 เดือน โดยค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ PP, PP+Si, PP+O₂, PP+Si+O₂ และ AL ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีเท่ากับ 0.711 0.704 0.706 0.706 0.716 ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็นเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกบรรจุภัณฑ์ยังคงมีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีไม่เกิน 0.75; มพช. 136/2550) (Figure 2)

จากการทดลอง การใช้สารดูดความชื้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีผลช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกทिवิตีต่ำกว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยไม่ใช้สารดูดความชื้น (แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ) ทั้งนี้เนื่องจากสารดูดความชื้นมีคุณสมบัติในการช่วยรักษาค่าวอเตอร์แอกทिवิตีในอาหารให้อยู่ในระดับต่ำ โดยจะช่วยดูดความชื้นที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์และความชื้นที่ผ่านเข้ามาในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา (เจิมขวัญ, 2556)

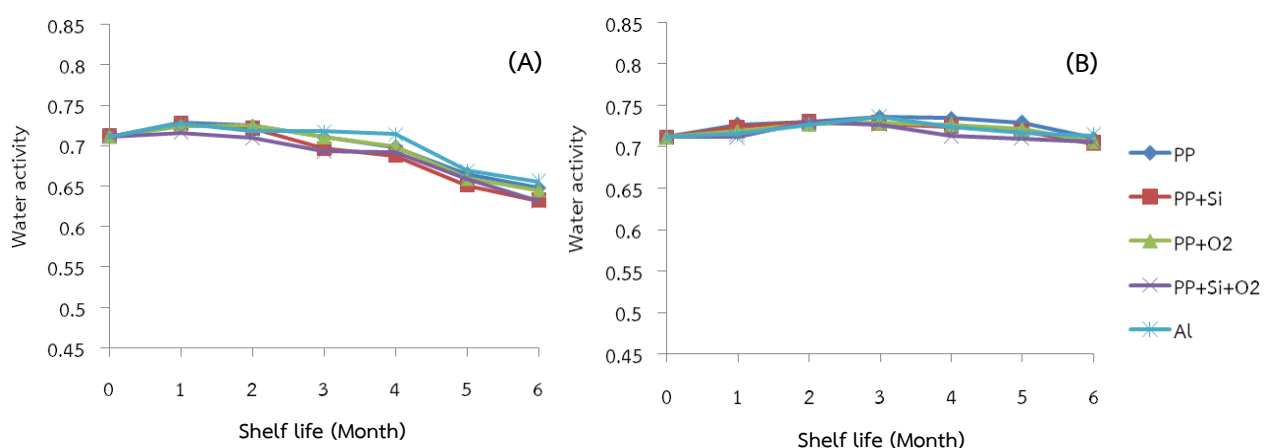


Figure 2 Water activity of dried santol (A: room temperature, B: cold temperature)

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณความชื้นที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เท่ากับ 18% โดยปริมาณความชื้นของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน แต่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาตามชนิดบรรจุภัณฑ์ที่แต่ละอายุการเก็บรักษา พบว่าปริมาณความชื้นของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกบรรจุภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ PP, PP+Si, PP+O₂, PP+Si+O₂ และ Al ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าเท่ากับ 17.59 16.26 17.52 16.28 17.39% ตามลำดับ สำหรับกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง โดยพบว่าทั้งบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษาระยะเวลา 6 เดือน โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ PP, PP+Si, PP+O₂, PP+Si+O₂ และ Al ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าเท่ากับ 17.90 17.34 17.08 16.83 17.79% ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็นเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกบรรจุภัณฑ์ยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ความชื้นไม่เกิน 18%; มพช. 136/2550) (Figure 3)

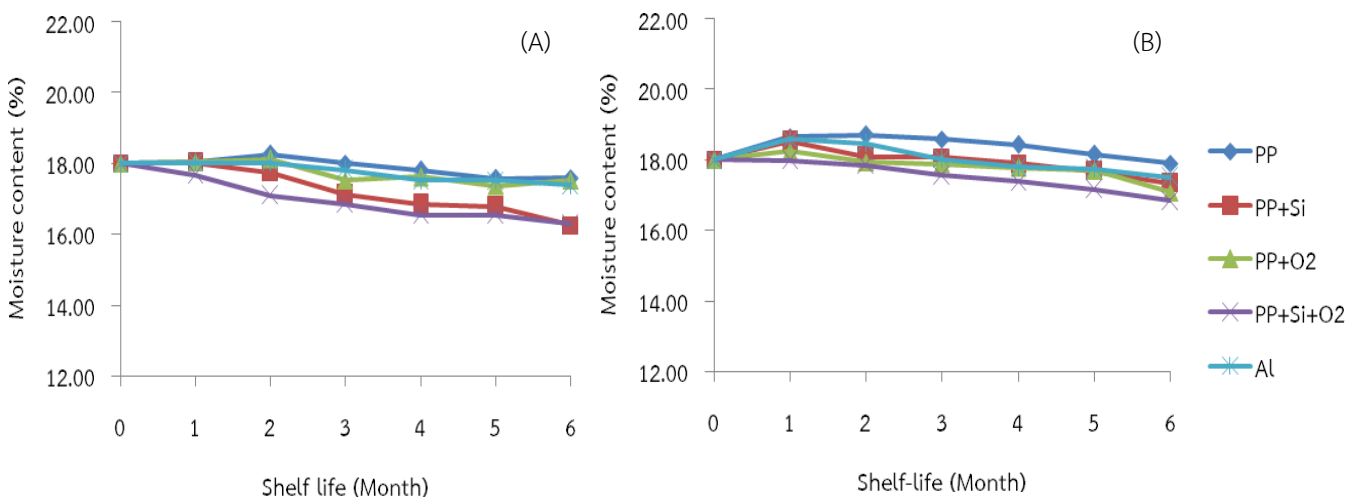


Figure 3 Moisture content of dried santol (A: room temperature, B: cold temperature)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิห้องเย็นเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ค่าสี L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 4 - 6) โดยในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่แต่ละอายุการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* ของบรรจุภัณฑ์ 5 แบบ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาที่อายุการเก็บรักษา พบว่า ค่าสี L^* ค่าสี a^* และ ค่าสี b^* ของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่ามากกว่าที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน โดยค่าสี L^* และ ค่าสี a^* ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับการเก็บรักษา 0 เดือน แต่ค่าสี b^* ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน และ 0 เดือน มีความแตกต่างกัน ($p\leq 0.05$) สำหรับสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็นพบว่า กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 5 แบบ ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าสี L^* มากกว่า ($p\leq 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน แต่ค่าสี a^* ของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 5 แบบ ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าไม่แตกต่าง กับที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน ส่วนค่าสี b^* ของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ PP และ PP+Si ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่ามากกว่า ($p\leq 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน ในขณะที่กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ PP+O₂, PP+Si+O₂ และ Al ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกับที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

จากการทดลอง การใช้สารดูดซับออกซิเจนในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีผลช่วยในการลดการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสารดูดซับออกซิเจนมีคุณสมบัติช่วยดูดออกซิเจนที่อยู่ภายในอาหาร ออกซิเจนที่อยู่ใบรรจุภัณฑ์บริเวณช่องว่างเหนืออาหารและออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้ามาเพิ่มเติมภายหลังจากการบรรจุแล้ว ซึ่งออกซิเจนเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น การกำจัดก๊าซออกซิเจนจะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (เจิมขวัญ, 2556) ดังนั้นการใช้สารดูดซับออกซิเจนจึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาคือแสง ดังนั้นการใช้ถุงอะลูมิเนียมพอยล์ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแสงได้เป็นอย่างดี (สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2553) จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์

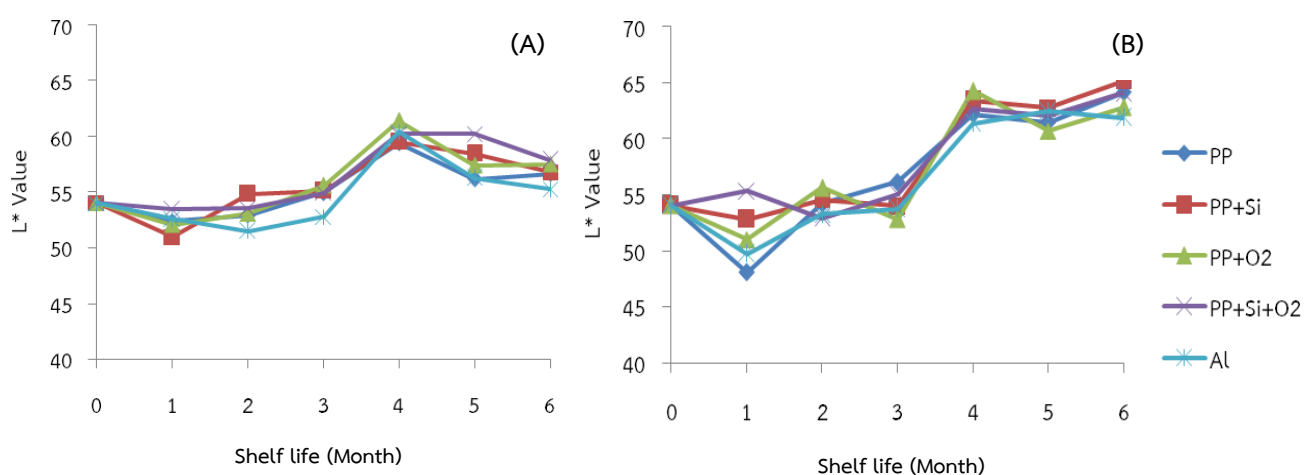


Figure 4 L* value of dried santol (A: room temperature, B: cold temperature)

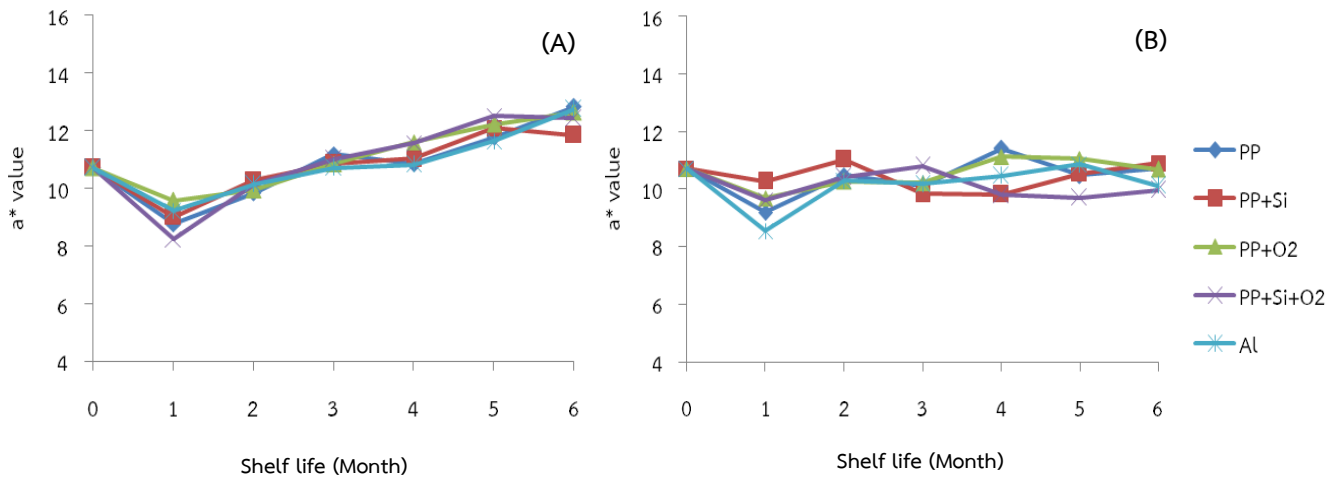


Figure 5 a* value of dried santol (A: room temperature, B: cold temperature)

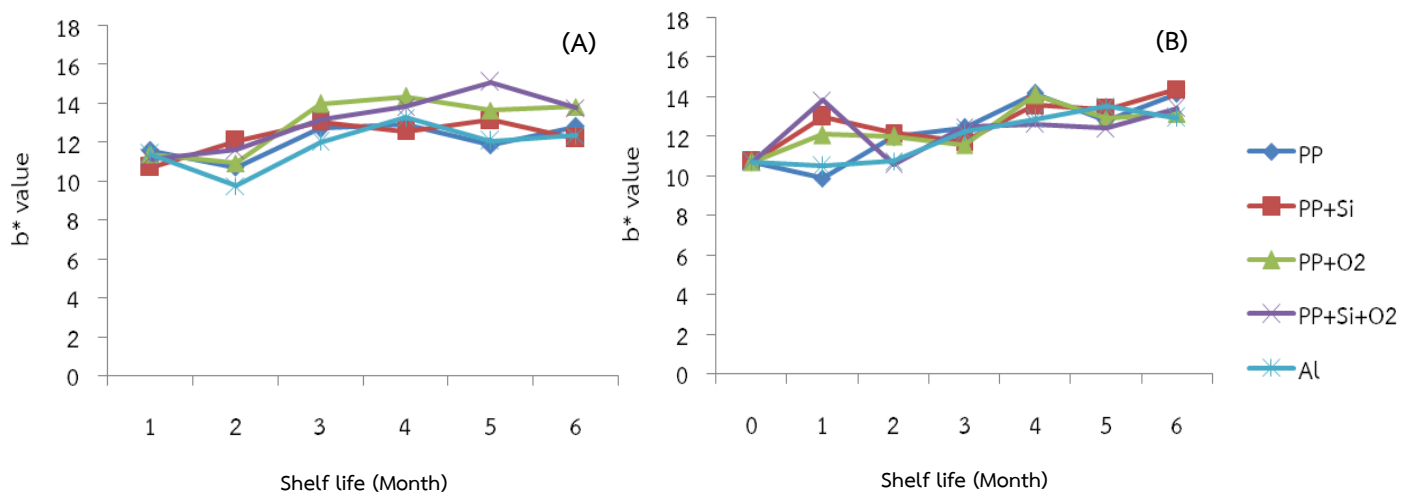


Figure 6 b* value of dried santol (A: room temperature, B: cold temperature)

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง) ของกระท้อน แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและราที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับ *Escherichia coli* มีปริมาณน้อยกว่า 3 MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ ยีสต์มีปริมาณน้อยกว่า 10 CFU ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษา (Table 6-7) และผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งได้ผลดัง Table 8

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อายุการเก็บรักษา 0 – 6 เดือน ในอุณหภูมิห้องพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง โดยทุกบรรจุภัณฑ์ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านน้อยกว่า ($p \leq 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน ซึ่งกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีคะแนนการยอมรับในระดับเฉยๆ ถึงระดับชอบเล็กน้อย (คะแนนอยู่ในช่วง 4 – 5) (Table 9) สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมในอุณหภูมิห้องของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง แนะนำให้เก็บรักษาที่ระยะเวลา 4 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (คะแนนอยู่ในระดับ 5) โดยเก็บในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก PP เนื่องจากผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งยังคงมีคุณภาพด้านความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าต้องการเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 5 เดือน แนะนำให้เก็บในถุงพลาสติก PP ร่วมกับการใช้สารดูดซับออกซิเจน หรือ ถุงพลาสติก PP ร่วมกับการใช้สารดูดซับออกซิเจนและสารดูดความชื้น หรือ ถูอะลูมิเนียมฟอยล์ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ ยังคงมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (คะแนนอยู่ในระดับ 5)

สำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ก็มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านน้อยกว่าที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เช่นเดียวกับที่การเก็บในอุณหภูมิห้อง โดยกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีคะแนนการยอมรับในระดับชอบเล็กน้อย (คะแนนอยู่ในระดับ 5) (Table 10) ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นสามารถเก็บได้นานไม่ต่ำกว่า 6 เดือน โดยบรรจุในถุงพลาสติก PP ซึ่งผลิตภัณฑ์ยังคงมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และมีคุณภาพด้านความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

Table 8 Nutritional value of dried santol by osmotic dehydration

Nutrient	Unit	Dried santol (Value per 100 grams)
Total sugar	gram	60.4
Total Vitamin A	microgram	Not Detected
Vitamin B1	milligram	Not Detected
Vitamin B2	milligram	Not Detected
Calcium	milligram	77.6
Iron	milligram	0.51
Sodium	milligram	16.9
Cholesterol	milligram	Not Detected
Total saturated fatty acid	gram	Not Detected
Ash	gram	0.78
Moisture	gram	15.84
Protein	gram	1.89
Total Carbohydrate	gram	80.14
Total Dietary Fiber	gram	2.77
Total Energy	kilocalories	340.27
Total Energy from fat	kilocalories	12.15
Total Fat	gram	1.35

Table 9 Sensory evaluation of dried santol (room temperature)

Qualities	Packaging	Shelf-life (Month)						
		0	1	2	3	4	5	6
Appearance	PP	6.40a	6.24a	5.96ab	5.92ab	5.36bc	5.20cd	4.68d
	PP + Si	6.40a	6.24a	6.12a	6.12a	5.36b	5.40b	5.04b
	PP + O ₂	6.40a	6.40a	6.28a	6.20a	6.00a	5.88ab	5.32b
	PP + Si + O ₂	6.40a	6.44a	6.20ab	6.12ab	6.08ab	5.64bc	5.28c
	Al	6.40a	6.36a	6.08ab	6.04ab	5.44bc	5.36bc	5.28c
Color	PP	6.48a	6.08ab	5.56bc	5.56bc	5.28c	4.96c	4.24d
	PP + Si	6.48a	6.04a	5.84ab	5.76ab	5.28bc	4.92cd	4.52d
	PP + O ₂	6.48a	6.40a	6.20a	6.12a	6.00a	5.76a	4.64b
	PP + Si + O ₂	6.48a	6.36a	6.24a	6.20a	6.08a	5.84a	4.92b
	Al	6.48a	6.40ab	6.00abc	5.68bcd	5.28cde	5.20de	4.64e
Flavor	PP	6.00a	5.96a	5.68a	5.60a	5.56a	5.52a	4.88b
	PP + Si	6.00a	5.84a	5.72a	5.68a	5.56a	5.56a	4.64b
	PP + O ₂	6.00a	5.92a	5.64a	5.64a	5.60a	5.52a	4.64b
	PP + Si + O ₂	6.00a	5.84a	5.64a	5.64a	5.52a	5.40a	4.80b
	Al	6.00a	5.72a	5.72a	5.64a	5.56a	5.52a	4.80b
Taste	PP	6.84a	6.20Ab	6.04b	5.84b	5.80b	5.64b	5.44b

	PP + Si	6.84a	6.00b	5.92b	5.80b	5.80b	5.60b	5.36b
	PP + O ₂	6.84a	6.04b	5.84b	5.80b	5.80b	5.60b	5.36b
	PP + Si + O ₂	6.84a	6.24ab	6.08bc	5.96bc	5.84bc	5.48bc	5.36c
	Al	6.84a	6.24ab	6.04b	6.00b	5.80bc	5.48bc	5.20c
	PP	6.72a	6.16ab	5.96abc	5.84bc	5.64bc	5.16cd	4.72d
	PP + Si	6.72a	5.96b	5.68bc	5.52bc	5.52bc	4.96cd	4.72d
Texture	PP + O ₂	6.72a	5.88b	5.76bc	5.60bc	5.56bc	5.16bc	5.08c
	PP + Si + O ₂	6.72a	6.12ab	6.08ab	5.60bc	5.56bc	5.40bc	5.04c
	Al	6.72a	6.16ab	5.96bc	5.68bcd	5.64bcd	5.20cd	5.04d
	PP	6.76a	6.28ab	6.20ab	5.88bc	5.64bcd	5.24cd	5.00d
	PP + Si	6.76a	6.08b	6.00bc	5.96bc	5.72bc	5.32cd	4.96d
Overall	PP + O ₂	6.76a	6.04b	6.00bc	5.92bc	5.74bc	5.28c	4.88bc
	PP + Si + O ₂	6.76a	6.32ab	6.24ab	6.12ab	5.76b	5.76b	5.04c
	Al	6.76a	6.36ab	6.08ab	5.88bc	5.80bc	5.36cd	5.04d

Different letters within a row (a-e) were significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 10 Sensory evaluation of dried santol (cold temperature)

Sensory	Packaging	Shelf-life (Month)						
		0	1	2	3	4	5	6
	PP	6.40a	6.12a	6.08a	6.16a	6.00a	5.76ab	5.20b
	PP + Si	6.40a	6.40a	6.40a	6.28a	5.80ab	5.76ab	5.40b
Appearance	PP + O ₂	6.40a	6.40a	6.36a	6.24a	6.08a	5.88a	5.80a
	PP + Si + O ₂	6.40a	6.60a	6.36ab	6.24ab	6.16ab	6.04ab	5.64b
	Al	6.40a	6.08a	6.00a	5.88ab	5.88ab	5.76ab	5.36b
	PP	6.48a	6.20ab	6.00abc	5.96abc	5.88abc	5.56bc	5.20c
	PP + Si	6.48a	6.48a	6.32ab	6.00ab	6.00ab	5.84b	5.20ab
Color	PP + O ₂	6.48a	6.40a	6.40a	6.24a	5.96a	5.80a	5.76a
	PP + Si + O ₂	6.48a	6.48a	6.36ab	6.20ab	5.92abc	5.68bc	5.28c
	Al	6.48a	6.16ab	6.08ab	6.04ab	5.92abc	5.56bc	5.28c

	PP	6.00a	6.08a	5.80ab	5.72ab	5.68ab	5.56ab	5.20b
	PP + Si	6.00a	5.96a	5.88a	5.68a	5.64a	5.56a	5.32a
Flavor	PP + O ₂	6.00a	5.84ab	5.80ab	5.60ab	5.60ab	5.48ab	5.12b
	PP + Si + O ₂	6.00a	6.00a	5.76a	5.72a	5.52a	5.40a	5.32a
	Al	6.00a	5.68ab	5.64ab	5.56ab	5.52ab	5.44ab	5.12b
	PP	6.84a	6.20ab	6.12ab	6.12ab	5.88b	5.64b	5.56b
	PP + Si	6.84a	6.24ab	6.16ab	6.08b	5.76bc	5.60bc	5.32c
Taste	PP + O ₂	6.84a	6.28ab	6.08bc	5.92bc	5.88bc	5.36c	5.32c
	PP + Si + O ₂	6.84a	6.44ab	6.08abc	6.08abc	5.68bc	5.36c	5.52c
	Al	6.84a	6.16ab	6.04b	5.76bc	5.76bc	5.40bc	5.20c
	PP	6.72a	6.16ab	5.92abc	5.92abc	5.88ab	5.56ab	5.16b
	PP + Si	6.72a	5.96b	5.84b	5.72bc	5.44bc	5.48bc	5.04c
Texture	PP + O ₂	6.72a	6.24ab	6.12ab	5.92bc	5.52bc	5.44bc	5.16c
	PP + Si + O ₂	6.72a	6.04ab	6.00ab	5.92ab	5.56b	5.40b	5.40b
	Al	6.72a	6.08ab	5.92bc	5.80bc	5.52bc	5.36bc	5.20c
	PP	6.76a	6.16ab	6.08ab	5.96bc	5.64bc	5.48bc	5.24c
	PP + Si	6.76a	6.24ab	6.24ab	6.04bc	5.88 bcd	5.48cd	5.32d
Overall	PP + O ₂	6.76a	6.28ab	6.20abc	6.20abc	5.84bcd	5.56cd	5.44d
	PP + Si + O ₂	6.76a	6.60a	6.24ab	6.08ab	5.84b	5.76b	5.52b
	Al	6.76a	6.16ab	6.12ab	6.08abc	5.96bc	5.60bc	5.36c

Different letters within a row (a-d) were significantly different ($p \leq 0.05$)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคโนโลยีการผลิตกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง มีขั้นตอนดังนี้ เตรียมกระท้อนโดยล้างน้ำ ทำความสะอาด สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือก แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 1% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1% เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำกระท้อนมาผ่าครึ่ง เอาเมล็ดออก หั่นเนื้อกระท้อนเป็นชิ้นกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร แช่เนื้อกระท้อนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด สะเด็ดน้ำ นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ระยะเวลา 6 นาที จากนั้นแช่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ระยะเวลา 180 นาที ล้างด้วยน้ำอุ่นอย่างรวดเร็ว นำขึ้นสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 1 นาที อบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง สามารถเก็บรักษากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในถุงพลาสติก

PP ได้นาน 4 เดือน ในอุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) แต่ถ้าเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิห้องเย็น (4-8 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้นานไม่ต่ำกว่า 6 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งจากการทดลองนี้ เผยแพร่ให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ โดยนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับผลไม้อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันได้

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณคุณจิตติมา วรรณแก้ว ที่ให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง และพนักงานราชการทุกท่านที่ช่วยปฏิบัติงานทดลอง

12. เอกสารอ้างอิง

เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ. 2556. บรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บของอาหารแห้ง. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

108 หน้า.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. มผช.136/2550. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร. 5 หน้า.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 466 หน้า.

สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2553. รู้จักกับฟิล์มลามิเนต (Laminated Films). Plastics Intelligence Update. ปีที่ 2 ฉบับที่ 11 พฤศจิกายน 2553.

Aguilera, J. M. and D. W. Stanley. 1999. Simultaneous heat and mass transfer dehydration, pp 373 – 411. In J. M. Aguilera and D. W. Stanley. **Microstructural Principles of Food Processing and Engineering**. Gaithersburg, MA, USA. Aspen Publishers, Inc.

Alok, S., A. S. Bawa and P. S. Raju. 2009. Optimization of a multitarget preservation technique for jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. **J. Food Engineering**. 91: 18-28.

Lenart, A. and J. M. Flink. 1984. Osmotic concentration of potato I: criteria for the endpoint of the osmosis process. **J. Food Technol**. 19: 45-63.

- Paolo, P., A.A. Leva, M. Riva, A. Maestrelli and D. Torreggiani. 2008. Influence of an osmosis pre-treatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. **J. Food Engineering**, 86 : 105 – 112.
- Ponting, J.D., G.G. Watters, R.R. Forrey, R. Jackson and W.L. Stanley. 1966. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technol.** 20 (10) : 125 – 130.
- Torreggiani, D. and G. Bertolo. 2004. Present and future in process control and optimization dehydration, pp. 174 – 225. *In* S.L. Taylor. **Advances in Food and Nutrition Research**. Vol. 48. San Diego, CA, USA. Elsevier, Academic Press.
- Uddin, M.B., P. Ainsworth, S. İbanoglu. 2004. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using respond surface methodology. **J. Food Engineering**. 65:473 – 477.