

ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

Effects of Drying Temperature and Time on Product Qualities of Candied Santol

รุ่งโรจน์ ตับกลาง*, บุนดาริกา สุมะนา และ วรณศิริ หิรัญเกิด

Rungroj Tubklang*, Boondarika Sumana, and Wannasiri Hirankerd

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี 22210

Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology

Tawan-ok

e-mail rungroj_tu@rumtto.ac.th; มือถือ 0830782064

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาทำแห้งที่เหมาะสมที่สุดแก่ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งแบบลมร้อน โดยนำผลกระท้อนจากแหล่งปลูกเดียวกันมาทำการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ (50, 60, และ 70 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาในการอบแห้ง (8, 9 และ 10 ชั่วโมง) ต่อคุณภาพของกระท้อนแช่อิ่ม ด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 factorial in completely randomized design; CRD) จากนั้น นำผลิตภัณฑ์จากทุกสิ่งทดลอง (treatment combination) มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี ปริมาณจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ผลพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (interaction effect) และอิทธิพลหลัก (main effect) มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด ขณะที่ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบ 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมีมีความเหมาะสมที่สุด แม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่กลับไม่มีผลกระทบต่อปริมาณยีสต์และราอย่างใดก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์จากทุกสภาวะการอบแห้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แช่อิ่ม มผช.161/2558 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบ ($n = 30$) ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด โดยคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสน้อยลงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากเพื่อความปลอดภัยจากอาหาร การศึกษานี้แนะนำสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

คำสำคัญ : กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง วิธีอบแห้งลมร้อน คุณภาพผลิตภัณฑ์

Abstract

The objective of this study was to investigate effects of drying temperature and time on quality of candied Santol (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) Product. Santol, from the same source, was first made into a candied product prior to this study. The effects of three temperature levels (50, 60 and 70 degrees Celsius) and three drying periods (8, 9 and 10 hours) were evaluated, for product quality, based on a design of 32 factorial in completely randomized design; CRD. Physico-chemical qualities, microbial content and sensory evaluation were analyzed. Results found that after drying, the interaction effect and main effect had statistically significant impact on the physical, chemical and

microbial qualities of the candied santol product ($p \leq 0.05$). Under conditions of 50 degrees Celsius, drying temperature, in combination with a drying time of 8 hours, the product's physical properties were optimized. On the other hand, under conditions of 60 degrees Celsius drying, with 8 hours of drying time, the chemical properties were optimized. Although total microbial content tended to decrease with increasing temperature, there was no effect on yeast and fungus content. No microorganism levels exceeded to microbiological properties conformed to Thai Industrial Standard Institute for fruits and vegetables 161/2015. Sensory evaluation results showed no significant different in color, flavor, and overall liking of all treatment products by panelists ($n = 30$) ($p > 0.05$). However, texture preference scored was the highest in products that were dried at 50 degrees Celsius, with the score trending to decrease as the drying temperature increased. According to food safety, this study recommends the optimal drying conditions for candied Santol drying at 60 degrees Celsius for 8 hours.

Keywords : candied Santol, hot air drying method, product quality

1. บทนำ

กระท้อน (santol) เป็นไม้ผลยืนต้นอยู่ในวงศ์กระท้อน หรือ Meliaceae แพร่กระจายและเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น (Pennington and Styles, 1975) โดยพืชที่อยู่ในวงศ์กระท้อนนี้ มีเพียง 2 สกุลเท่านั้นที่จัดเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ได้แก่ สกุลกระท้อน (*Sandoricum*) และสกุลกลางสาต (*Lansium*) พืชในสกุลกระท้อนที่นิยมปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น พุยฝ้าย อีล่า นิ่มนวล และทับทิม เป็นต้น โดยกระท้อนพันธุ์พุยฝ้ายได้รับความนิยมสูงสุดเนื่องจากมีลักษณะเด่นที่ผลซึ่งผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ เนื้อหุ้มเมล็ดมีลักษณะเหมือนพุยฝ้ายและมีรสหวาน และมีเปลือกนิ่ม ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานกระท้อนพันธุ์นี้ในรูปผลสุก (Hongwiwat and Hongwiwat, 2007) แต่เนื่องจากในช่วงที่ผลผลิตกระท้อนออกสู่ตลาดจำนวนมาก (พฤษภาคม-กรกฎาคม) เป็นช่วงซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่ผลผลิตของผลไม้อื่น ๆ เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง ออกสู่ตลาดมากเช่นเดียวกัน ส่งผลให้ผู้บริโภคมักทางเลือกในการบริโภคผลไม้มากขึ้น และกระทบต่อราคาผลผลิตให้ต่ำลงในที่สุด การแปรรูปกระท้อนให้สามารถเก็บถนอมรักษาไว้ได้นาน ไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณที่เกินความต้องการบริโภคผลสดจนทำให้ราคาตกต่ำได้เท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้มีผลิตภัณฑ์กระท้อนนอกฤดูกาล เพิ่มมูลค่าของกระท้อนให้สูงขึ้น และยังช่วยทำให้เกิดความหลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหาร (Sripui, 2003) “กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง” เป็นวิธีการแปรรูปกระท้อนอย่างหนึ่งเพื่อยืดอายุ พร้อมทั้งเพิ่มมูลค่าให้กับกระท้อน โดยการนำกระท้อนไปแช่อิ่มในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำตาล เกลือ และกรดอินทรีย์ จนได้ความหวานตามที่ต้องการ จากนั้นนำกระท้อนแช่อิ่มไปอบให้แห้งจนกลายเป็นกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง โดยทั่วไปเพื่อให้ได้กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่มีคุณภาพจะต้องแช่กระท้อนในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลประมาณร้อยละ 30-70 (Therdthai, 2008) โดยค่อย ๆ เพิ่มระดับความเข้มข้นขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้กระท้อนแช่อิ่มที่ไม่นิ่มหรือแข็งกระด้างเกินไปก่อนจะนำไปอบแห้ง (Agricultural research development agency, 2017) ในการอบแห้งผลไม้ทั่วไปนิยมใช้วิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่าการอบแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying) จึงเหมาะสำหรับภาคธุรกิจครัวเรือน แต่การอบแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งต่ำและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน (Therdthai and Krajangmathekul, 2011) ซึ่งในผลไม้แช่อิ่มควรมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.6 และมีความชื้น (moisture) อยู่ในช่วงร้อยละ 15-30 (Sripui, 2003) สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร (Pornchaloempong and Rattanapanone, 2021; Postharvest Technology Innovation Center, 2013) การอบแห้งภายใต้สภาวะลมร้อนมักมีผลต่อการคงอยู่ขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ (Kong et al., 2010) และอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เช่น สี และ เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ (Soponronnarit, 1997) ขณะที่ระยะเวลาการอบแห้งที่ยาวนานขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แต่หากมีการเตรียมการบางอย่าง

ก่อนอบแห้ง สามารถช่วยลดเวลาการทำแห้งลงได้ เช่น Doymaz (2010) ทดลองแช่ชิ้นแอปเปิ้ลแดงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 2 นาที และการลวกในน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส แล้วพบว่า การแช่ในสารละลายกรดและลวกน้ำร้อนก่อนการทำแห้ง ช่วยทำให้ระยะเวลาการทำแห้งลดลงคิดเป็นร้อยละ 30.7 และ 21.7 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนากระบวนการผลิต “กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง” ด้วยวิธีอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่สามารถผลิตได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม ลดระยะเวลาการผลิตให้สั้นลง โดยไม่มีการเติมวัตถุกันเสีย แต่สามารถเก็บรักษาได้นาน โดยทำการศึกษาเพื่อหาระดับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มหลังการอบแห้งมีคุณภาพตรงความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากหากการอบแห้งผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่ไม่มีการควบคุมที่ดีทั้งด้านอุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบ และความหนาของชิ้นผลไม้ที่วางเรียงบนถาด จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สีเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ต้องการ เกิดการหดตัว (shrinkage) เกิดการแข็งของผิว (case hardening) และประสิทธิภาพการคั้นรูปไม่ดี ความสำเร็จจากการวิจัยนี้ไม่เพียงแค่นำมาผลิตผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อยู่ในรูปแบบที่สะดวกในการบริโภค ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระตุ้นเศรษฐกิจเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมกระท้อนแช่อิ่ม

2.1.1 วัตถุดิบ

คัดเลือกผลกระท้อนสายพันธุ์ปุยฝ้าย (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) ที่มีอายุ 170 วัน ตั้งแต่ดอกบานจนถึงเก็บเกี่ยว ลักษณะเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย ขนาดน้ำหนักต่อผลอยู่ในช่วง 400-500 กรัม (เมื่อนำมาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายและค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าเท่ากับ 7 องศาบริกซ์ และ 2.4 ตามลำดับ)

2.1.2 การเตรียมกระท้อนแช่อิ่ม

นำผลกระท้อนมาปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก นำส่วนเนื้อกระท้อนมาหั่นให้มีลักษณะเป็นเส้นยาว 5 เซนติเมตรหนา 1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายที่มีส่วนผสมของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายกรดซิตริก และเกลือแกงเข้มข้น (น้ำหนัก/ปริมาตรน้ำ) ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.5 ตามลำดับ แช่นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 4 ครั้ง นำไปแช่ต่อในน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปแช่ต่อในสารละลายซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 ภายใต้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเพิ่มความคงตัวให้กับเนื้อสัมผัส (Sripui, 2003) จากนั้นจึงนำเนื้อกระท้อนไปทำการออสโมซิสในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น ที่ความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ โดยใช้อัตราส่วนเนื้อกระท้อนต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 1:1 จากนั้นทำการปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมขึ้นวันละ 10 องศาบริกซ์ จนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ รวมถึงควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำเชื่อมให้อยู่ในช่วง 3.00 - 3.50 เพื่อลดการตกผลึกของน้ำตาล

2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่ม

นำกระท้อนแช่อิ่มจากข้อ 2.1.2 ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที เพื่อล้างน้ำเชื่อมที่อยู่ตามผิวของเนื้อกระท้อน จากนั้นนำกระท้อนแช่อิ่มจัดวางในถาดนำไปอบแห้งด้วยเครื่อง Hot air drying แบบมีพัดลมขนาดความจุ 70 ลิตร (ยี่ห้อ Binder รุ่น FED240, Germany) โดยการแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และแปรระยะเวลาอบของแต่ละระดับอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 8, 9 และ 10 ชั่วโมง ดำเนินการทดลองโดยจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 factorial in completely randomized design; CRD) จึงได้สภาวะการอบแห้งจำนวน 9 สภาวะ แล้วจึงนำกระท้อนแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งแล้วเก็บในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาในตู้ดูดความชื้น และรอการตรวจสอบคุณภาพต่อไป

2.3 การตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้ง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่อผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ในข้อ 2.2 มาทำการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.3.1 ตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ โดยสุ่มผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซีน นำมาวัดค่าสีด้วย color meter (KONICA MINOLTA รุ่น Chroma Meter CR-400, Japan) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L^* a^* b^* ซึ่งค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า a^* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b^* แสดงถึงค่าสีเหลือง และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสค่าแรงตัดด้วยเครื่อง texture meter (Lloyd instruments, รุ่น TA plus, Hampshire, UK.) ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

2.3.2 ตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมี โดยนำผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซีนมาตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้ water activity meter (ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น LabMaster.aw, Switzerland) และนำชิ้นเนื้อกระท้อนในแต่ละสิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซีนปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เป็นเวลา 3 วินาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman, England) และนำน้ำที่กรองได้มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (ยี่ห้อ Consort รุ่น C3010, USA) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Digital Hand Refractometer (ยี่ห้อ ATAGO รุ่น MASTER – 3M, JAPAN) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000)

2.3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้ง หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งในถุงบรรจุสุญญากาศภายใต้อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน จึงทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฯ จากทุกชุดทดลองไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ standard total plate count ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ standard plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง (AOAC, 2000) และตรวจหาปริมาณยีสต์และราในอาหาร โดยวิธี pour plate technique ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง (AOAC, 2000) คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น colony forming unit/gram (CFU/g)

2.4 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง ไปทดสอบสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scaling (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) โดยคุณลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดำเนินการทดสอบภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD)

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 20 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้ง

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (interaction effect) และอิทธิพลหลัก (main effect) มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่ห่ออบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มสูงสุดในระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า

กระทอนแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง มีค่าสีแดง สีเหลือง และเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง กระทอนแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง มีค่าสีแดง สีเหลืองและเนื้อสัมผัสต่ำที่สุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่วนกระทอนแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสว่างสูงสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ให้ค่าสีเหลืองและเนื้อสัมผัสต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง แต่ค่าสีแดงไม่ต่างกัน ($p > 0.05$)

ความร้อนส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) เป็นหลัก เนื่องผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ มีสีเข้มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะระดับอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสูญเสียไอน้ำมาก จึงมีผลต่อรูปร่างของเซลล์เกิดการหดตัวมาก และทำให้เนื้อกระทอนมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) โดยความแข็งที่เพิ่มขึ้นนี้เอง เป็นตัวการทำให้การหักเหของแสงและการสะท้อนของแสงเปลี่ยนแปลงไป (Chiralt and Talens, 2005; Martinez-Valencia *et al.*, 2011) ผลการศึกษาค้นนี้สอดคล้องกับ Uan-On (2003) ที่พบว่าการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ทำให้กล้วยหลังการอบเกิดสีน้ำตาลและมีลักษณะเหี่ยวยุบมากกว่าการอบแห้งที่ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกัน การศึกษาค้นนี้ยังพบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์ มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงทะลุน้ำขึ้นของกระทอนแช่อบแห้งจะมีค่าสูงขึ้นและเกิดการระเหยของโมเลกุลน้ำออกไปจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งเมื่อโมเลกุลน้ำน้อยลงจึงทำให้ค่าปริมาตรของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปรากฏมากขึ้น และส่งผลให้ต้องใช้แรงเค้นมากขึ้นในที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuenyongputtakal, and Noyphan (2010) ที่ทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้า และพบว่าที่การอบแห้งในสภาวะที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานมาก มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นเนื้อมากขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niwat (1999) ที่ทดสอบการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ถึง 16 ชั่วโมง และพบว่า สับปะรดอบแห้งจะมีลักษณะเหี่ยวและเหนียวมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น ดังนั้น จากการพิจารณาคุณภาพทางกายภาพโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อบแห้ง สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งกระทอนแช่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อบแห้งภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	คุณภาพทางกายภาพด้านสี			ค่าแรงตัด (นิวตัน)
		(L*)	(a*)	(b*)	
50	8	43.80±0.36 ^c	3.45±0.05 ^d	15.87±0.35 ^e	17.67±0.15 ^b
	9	45.50±0.50 ^b	4.53±0.15 ^c	16.50±0.20 ^d	18.70±0.20 ^a
	10	41.73±0.25 ^e	4.97±0.13 ^b	16.60±0.10 ^d	20.12±0.09 ^f
60	8	45.10±0.10 ^b	5.03±0.15 ^b	14.70±0.20 ^f	21.07±0.06 ^e
	9	42.77±0.31 ^d	6.43±0.40 ^a	16.60±0.10 ^d	21.67±0.06 ^d
	10	46.77±0.25 ^a	6.77±0.25 ^a	18.20±0.20 ^b	23.30±0.10 ^c
70	8	45.20±0.10 ^b	6.40±0.36 ^a	17.50±0.10 ^c	30.09±0.07 ^b
	9	42.07±0.21 ^e	6.50±0.20 ^a	18.30±0.10 ^b	33.10±0.10 ^a
	10	42.83±0.78 ^d	6.60±0.26 ^a	18.70±0.10 ^a	33.29±0.18 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า L* = lightness (100 = light, 0 = dark)

ค่า a* = + show redness, - show greenness

ค่า b* = + show yellowness, - show blueness

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 9 สิ่งทดลอง แสดงผลดังตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 2 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลัก มีผลกระทบต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่ระยะเวลาการอบส่งผลให้ค่า pH ไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) ค่า TSS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ค่า a_w และความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า a_w ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง ส่วนค่าความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมง กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า a_w ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง และความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9-10 ชั่วโมง ส่วนกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง ค่า TSS ต่ำสุดที่ระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ค่า a_w ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 เวลาอบแห้ง และความชื้นต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9-10 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	คุณสมบัติทางเคมี			
		pH	TSS	a_w	Moisture (%)
50	8	2.45±0.01 ^{cd}	51.67±2.89 ^d	0.67±0.01 ^a	26.35±0.26 ^a
	9	2.42±0.01 ^{ef}	54.67±0.58 ^{cd}	0.63±0.01 ^a	23.47±0.49 ^b
	10	2.46±0.01 ^c	55.00±0.00 ^{cd}	0.62±0.02 ^a	22.40±0.33 ^c
60	8	2.46±0.01 ^{bc}	57.00±1.00 ^{bc}	0.55±0.01 ^b	21.33±0.04 ^d
	9	2.42±0.01 ^f	59.17±5.20 ^b	0.54±0.01 ^b	19.99±0.06 ^e
	10	2.44±0.02 ^{de}	65.00±0.00 ^a	0.54±0.01 ^b	19.82±0.04 ^e
70	8	2.47±0.01 ^{bc}	62.83±0.29 ^a	0.36±0.02 ^c	16.09±0.30 ^f
	9	2.52±0.02 ^a	66.67±1.44 ^a	0.35±0.02 ^c	15.88±0.30 ^g
	10	2.48±0.01 ^b	66.50±0.87 ^a	0.35±0.02 ^c	15.72±0.38 ^g

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อระดับอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า TSS เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้การหักเหของแสงและการสะท้อนแสงเปลี่ยนแปลงไป (Chiralt and Talens, 2005; Martinez-Valencia et al., 2011) ดังนั้นผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มที่มีค่า TSS สูงจึงมีค่าความสว่างลดลง และมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1 และ 2) นอกจากนี้เมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH ในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่า a_w และความชื้นลดลง สันนิษฐานว่าเป็นเพราะกระท้อนผ่านการแช่น้ำเชื่อมเข้มข้น (60 องศาบริกซ์) ความหวานจึงเป็นตัวช่วยให้ความสามารถในการกำจัดน้ำออกจากอาหารเพิ่มขึ้น (Martinez-Valencia et al., 2011) และเมื่อน้ำถูกดึงออกจากกระท้อนแช่อิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่า a_w และความชื้นลดลงตามลำดับ ซึ่งค่า a_w และความชื้น บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์อาหาร หากมีปริมาณที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ดังนั้น a_w และความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร จึง

เป็นตัวการสำคัญที่มีผลต่อการป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่า a_w ของกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง มพช.136/2558 ที่กำหนดให้ค่า a_w ในผักและผลไม้แช่อิ่มต้องไม่เกิน 0.6 (Thai Industrial Standards Institute, 2015) อย่างไรก็ตาม มีเพียงอุณหภูมิอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียสเท่านั้นที่มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 โดยน้ำหนักซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้งมพช.136/2558 แต่เนื่องจากในผลไม้แช่อิ่มมักมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงที่สามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Sripui, 2003) ดังนั้น การให้ความสำคัญของความชื้นต่อการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในผลไม้แช่อิ่มจึงลดลงไป ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง สามารถสรุปได้ว่า การอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งมีคุณภาพทางเคมีเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะแรกที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

3.3 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในกระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

จากการนำผลิตภัณฑ์ฯ จากทุกสภาวะการทดลองหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน ไปตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แสดงผลดังตารางที่ 3 ซึ่งจากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในกระท้อนแช่อิ่มอบแห้งครั้งนี้ ไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* และเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อิทธิพลระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลัก มีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทำให้ปริมาณยีสต์และราแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพบว่ากระท้อนแช่อิ่มอบแห้งในทุกระดับอุณหภูมิมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 9 ชั่วโมง จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกสิ่งทดลองพบว่า ทั้งหมดมีปริมาณไม่เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้ จุลินทรีย์ทั้งหมดในผลไม้แช่อิ่มต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2015) รวมถึง ราและยีสต์ที่ตรวจพบอยู่ในระดับน้อยกว่า 300 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งปริมาณราและยีสต์ที่ตรวจพบนี้ อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แช่อิ่ม มพช. 161/2558 ที่กำหนดให้ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่า กระท้อนแช่อิ่มอบแห้งนี้มีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่น้ำเชื่อมที่มีปริมาณน้ำตาลมากพอที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Sripui, 2003)

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง ภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ (mean±SD)

Temperature (°C)	Drying time (hrs)	Microorganisms quantity (CFU/g)	
		Total Microorganisms	Yeast and Fungi ^{ns}
50	8	1.15×102±7.07 ^c	5.00±7.07
	9	6.50×101±7.07 ^b	5.00±7.07
	10	1.25×102±21.21 ^d	5.00±7.07
60	8	3.10×102±0.00 ^e	10.00±0.00
	9	9.00×101±28.28 ^c	24.00±5.66
	10	1.70×102±28.28 ^d	15.00±21.21
70	8	1.35×102±21.21 ^d	5.00±7.07
	9	4.50×101±63.64 ^b	10.00±0.00
	10	ND ^a	ND

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ND ย่อมาจาก not detect หมายถึง ตรวจไม่พบ

3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่มอบแห้ง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ได้ผลดังตารางที่ 4 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 4 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลพบว่า อิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลักมีผลกระทบบ่อยต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ปัจจัยหลักด้านระดับอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส โดยพบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำคุณภาพทุกด้านมาพิจารณาร่วมกันเพื่อตัดสินใจต่อทางเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์กระท้อนแช่อิ่ม โดยจะเห็นว่า การอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มด้วยระดับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพเหมาะสมที่สุดในด้านความชื้นและความเหนียวหนืด ช่วยให้สิ้นเปลืองพลังงานต่ำสุด แต่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างจากสภาวะอบแห้งอื่น ๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญ หากทว่า ที่สภาวะการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นี้ทำให้คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกณฑ์ความปลอดภัยด้านอาหาร เนื่องจากมีค่า a_w ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง มผช. 136/2558 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงแนะนำสภาวะอบแห้งกระท้อนแช่อิ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลานาน 8 ชั่วโมง ว่ามีความเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับของ
กระทอนแช่อิ่มอบแห้ง ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ
(mean±SD)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติกร	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม ^{ns}
50	8	6.30±1.12	6.06±1.68	6.50±1.33	6.40±1.50 ^a	6.73±1.57
	9	6.13±0.94	5.63±1.40	6.13±1.38	6.17±1.42 ^{ab}	6.20±1.52
	10	6.13±0.97	5.87±1.59	6.07±1.53	6.20±1.49 ^{ab}	6.40±1.35
60	8	6.17±1.23	5.90±1.34	6.53±1.31	5.83±1.76 ^{ab}	6.33±1.42
	9	6.03±1.00	5.77±1.38	6.60±1.59	5.73±1.51 ^{ab}	6.23±1.50
	10	5.97±1.00	6.23±1.38	6.23±1.52	5.87±1.46 ^{ab}	6.13±1.53
70	8	6.17±1.29	5.77±1.65	6.00±1.72	5.77±1.50 ^{ab}	6.13±1.63
	9	6.07±1.05	5.90±1.45	6.33±1.24	5.40±1.71 ^b	6.03±1.75
	10	6.07±1.31	5.90±1.40	6.13±1.41	5.50±1.72 ^{ab}	6.10±1.40

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ns หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. สรุป

อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้ง) และอิทธิพลหลัก มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางกายภาพมีความเหมาะสมที่สุด ขณะที่ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการอบ 8 ชั่วโมง ส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมีมีความเหมาะสมที่สุดและทุกเงื่อนไขในการอบแห้งทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัย ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อิ่มอบแห้ง ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระทอนแช่อิ่มที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาด้านความปลอดภัยจากอาหารร่วมกับผลการทดสอบทาง การศึกษานี้แนะนำสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกระทอนแช่อิ่มคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก เงินทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- A.O.A.C. 2000. *Official Method of Analysis*. (16th ed.), Virginia, USA. The Association of Official Analysis Chemists.
- Agricultural research development agency. 2017. *Formula and production process "Fruit preserve for health"*. [Online] Available from [\(https://www.nfc.or.th/content/2543#:~:text=%E2%80%\)](https://www.nfc.or.th/content/2543#:~:text=%E2%80%). (in Thai)

- Chiralt, A. and P. Talens. 2005. **Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues**. Journal of Food Engineering. 67: 167-177.
- Doymaz, I. 2010. **Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples**. Food Bioprod. Process. 88, 124-132.
- Hongwiwat, N. and T. Hongwiwat. 2007. **111 kinds of fruits : Food value and Eating**. Bangkok: Sangdad. 324 pp. (in Thai)
- Kong, K.W., A. Ismail, C.P. Tan. and N.F. Rajab. 2010. **Optimization of oven drying conditions for lycopene content and lipophilic antioxidant capacity in a by-product of the pink guava puree industry using response surface methodology**. LWT Food Sci. Technol. 43: 729-735.
- Martinez-Valencia, B.B., M. Abud-Archila., M.A. Ruiz-Cabrera, A. Grajales-Lagunes, L.Dendooven, S.L. Ovando-Chacon. and F.A. Gutierrez-Miceli. 2011. **Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon (*Cucumis melo* L.) var. cantaloupe**. African Journal of Agricultural Research. 6 (15): 3588-3596.
- Niwat, J. 1999. **Drying of pineapples using continuous osmosis method**. Master's thesis. Department of Food Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Niyomvit, N. 1984. **Treatise for Crystallized fruit**. Department of Home Economics, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Pennington, T.D. and B.T. Styles. 1975. **A generic monograph of the Meliaceae**. Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants, 22 (3): 419-540 (in Thai).
- Pornchaloempong, P. and N. Rattanapanone. 2021. **Water Activity**. [Online] Available from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration>. (in Thai). [Accessed January 20, 2021]
- Postharvest Technology Innovation Center. 2013. **Water Activity with controlling the shelf life of food products**. html: file:///C:/Documents and Settings/admin/Desktop/OToP 57/Water Activity niunrrn?uFila1q (in Thai). Accessed 20 Jan. 2021.
- Soponronnarit, S. 1997. **Drying of seeds**. 5th edition, Faculty of Energy and Materials, Institute of Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi. 338 p. (in Thai)
- Sripui, J. 2003. **Fruit and vegetable processing**. Academic Service Centre Khon Kaen University, 11 (1): 58-64
- Thai Industrial Standards Institute. 2015. **Thai community product standards: dried fruits and vegetables**. TCPS Number.136/2558. (in Thai)
- Therdthai, N. 2008. **Design in agro-industry**. Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 209 pp. (in Thai)
- Therdthai, N. and S. Krajangmathekul. 2011. **Effect of Microwave Assisted Hot Air Drying on Quality of Dried Pumpkin**. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry, Bangkok. Page 133-140.
- Uan-On, T. 2003. **Quality and Process Improvement of Dried Banana**. Master Thesis. Department of Agro-Industrial Product Development, Kasetsart University, Bangkok. 111 pp.

Yuenyongputtakal, W., and P. Noyphan. 2010. **Effects of pre-treatment and high temperature short time drying conditions on the quality of dried Banana (*Musa sapientum*)**. Agricultural Science Journal, 41(3), 229-232. (in Thai)

(Received: 3/Apr/2021, Revised: 4/Jun/2021, Accepted: 9/Jun/2021)