การพัฒนาวิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดง (*Gracilaria fisheri*) และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์จากลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.)

Development of Agar Extracted from Red Algae (*Gracilaria fisheri*) and Product Development of Wollongong (*Lansium domesticum* Corr.)

วุฒิชัย ศรีช่วย[1*], มาดีนา น้อยทับทิม[1], วรรษมน วัฑฒนายน[1], โรสลาวาตี โตะแอ[2] และ ขนิษฐา คงนุ่ม[3]

Wutthichai Srichuay[1*], Madeena Noitubtim[1], Wassamon Wattanayon[1],

Roselawatee Toae[2] and Khanitta Kongnum[3]

(Received: 1 April, 2022; Revised: 15 April, 2022; Accepted: 15 May, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดง อัตราส่วนของสาหร่ายสีแดงและปริมาณน้ำตาลต่อผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองผสมสาหร่ายสีแดง และเพื่อประเมินคุณภาพและทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค การสกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดงโดยใช้หม้อนึ่งความดัน และทำให้แห้งด้วยวิธีแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าให้สารสกัดวุ้นสูงสุดที่ 2.88 กรัม ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใน 2 สภาวะ (ที่อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส) โดยศึกษาระดับน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร การประเมินคุณภาพและทดสอบประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองผู้บริโภคให้การยอมรับที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 60 กรัม

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนธิวาสราชนครินทร์

[1] Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

[2] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[2] Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University

[3]วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[3] Narathiwat College of Agriculture and Technology, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author, E-mail: wutthichai.s@pnu.ac.th

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองผสมสาหร่ายสีแดงเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วุ้นลองกองเติมน้ำตาล 50 และ 60 กรัม พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1 × 10^8 CFU/กรัม พบว่ามีการเจริญเติบโตของยีสต์และเชื้อราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม

คำสำคัญ: สาหร่ายสีแดง ลองกอง วุ้น การประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

This research aimed to investigate the development of agar extraction method for red algae, the effective ratio of red algae and sugar content in Wollongong jelly products, the analysis of the physical qualities and the microorganism contamination of Wollongong jelly mixed with red algae extracts, and the assessment of the quality and the consumer's sensory test. The agar from red algae was extracted by an autoclave and dried by a freeze dryer. This highest extraction yield was 2.88 grams. The shelf life of the products was determined by the sugar levels of 3 different formulas: 40, 50 and 60 g/500 ml under 2 conditions (4 and 28 °C). The sensory analysis of Wollongong jelly mixed with red algae extracts showed that the replacement of some Wollongong jelly with 60 grams of sugar had limited effect on consumer's acceptability. The shelf life and microorganism contamination of Wollongong jelly with 50 and 60 gram sugar after 7-day storage at 4 °C revealed that the total microbial count was below 1 × 10^8CFU/g and the yeast and fungi growth were under 100 colonies per gram.

Keywords: Red algae, Wollongong, Jelly, Sensory Evaluation

บทนำ

ประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อน คนไทยจึงนิยมบริโภคอาหารที่ทำให้รู้สึกสดชื่น นอกจากนี้คนไทยได้เริ่มสนใจในสุขภาพมากขึ้น เช่น บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลลดลง ใยอาหารสูงขึ้น (เสาวนีย์, 2556) รวมถึงให้ความสำคัญของอาหารจากธรรมชาติ เช่น น้ำผัก และผลไม้ เป็นต้น เนื่องจากโรคอ้วนเกิดกับเด็กและเยาวชนเป็นจำนวนมากถือว่าเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของประเทศ และเป็นสาเหตุของปัญหาสุขภาพต่างๆ เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง (อารยา และจารุณี, 2014) ผู้บริโภคจำนวนมากให้ความสำคัญในการดูแลสุขภาพมากขึ้น

ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง โดยลดปริมาณน้ำตาล และเกลือ เพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคลกลุ่มที่ต้องการอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนั้นในช่วงฤดูกาลลองกองล้นตลาดจึงส่งผลให้ราคาตกต่ำ ลองกองพร้อมบริโภคจะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และถูกชักนำให้มีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆขึ้น เช่นการเกิดสีน้ำตาล (Browning) และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (อินทิรา และชัยรัตน์, 2556) แนวคิดว่าจะนำลองกองมาแปรรูปเป็นวุ้นลองกองโดยใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดงที่มีจำนวนมากในพื้นที่ โดยสาหร่ายสีแดงมีสารคาราจีแนนเป็นสารทำให้เกิดความหนืด เกิดเจลได้ง่าย (ยุวดี และคณะ 2555) โดยผลิตภัณฑ์วุ้นชนิดต่างๆมีการแพร่หลายอย่างกว้างขวาง สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารแล้วยังสร้างความเป็นเอกลักษณ์และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคมากขึ้น (สายสมร, 2547) สาหร่ายมีคุณค่าทางโภชนาการมากมายทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกลือแร่ วิตามิน ตลอดจนมีปริมาณเส้นใยสูง ซึ่งสามารถใช้บริโภคเป็นอาหารโดยตรงทั้งแบบสด แบบแห้ง และเพิ่มมูลค่าทางการตลาดโดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้หลากหลายชนิด (ระพีพร, 2549) รวมทั้งใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง และเครื่องดื่ม (อนงค์, 2543) นอกจากนั้นสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรค เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคคอพอก โรคความดันโลหิตสูง โรคลำไส้ใหญ่อักเสบ โรคอ้วน หรือใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง รวมถึงใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสิ่งทอ กระดาษ (วีรเทพ และคณะ, 2554) การศึกษาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองโดยใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีแดง เพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารสกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดงโดยใช้กระบวนการให้ความร้อน และปริมาณน้ำตาลต่อผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองผสมสาหร่ายสีแดงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ประเมินคุณภาพและทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง จึงสามารถให้เกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์วุ้นได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาวิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดง อัตราส่วนของสาหร่ายสีแดงและปริมาณน้ำตาลต่อผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง รวมถึงวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ การเกิดจุลินทรีย์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และประเมินคุณภาพและทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

กรอบแนวคิดการวิจัย

ลองกองเป็นผลไม้ประจำถิ่นที่มีการปลูกมากในจังหวัดนราธิวาส และสามจังหวัดชายแดนใต้ เป็น

ผลไม้ที่มีรสชาติดี แต่ปัญหาสำคัญคือไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน มีระยะเวลาในการวางขายที่สั้น เมื่อมีผลผลิตออกมากในช่วงฤดูกาลทำให้ราคาตกต่ำ การแปรรูปโดยใช้สาหร่ายสีแดงที่พบมากในแหล่งน้ำจังหวัดปัตตานีมีศักยภาพในการเป็นวัตถุในการสกัดวุ้น เพื่อพัฒนาวุ้นลองกองที่สามารถยกระดับผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าของลองกอง และสาหร่ายสีแดงไปในตัว โดยวุ้นเป็นอาหารที่สามารถเข้าถึงได้ทุกเพศทุกวัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสาหร่ายสีแดงด้วยความร้อนสูงในหม้อนึ่งความดัน ดัดแปลงจาก จักรินทร์และจิราพร (2554) นำสาหร่ายสีแดงในรูปสาหร่ายแห้งมาจากจังหวัดปัตตานี ล้างให้สะอาดแล้วนำมาแช่น้ำ 1 คืน แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดงที่ผ่านการอบแห้งแล้วโดยใช้อัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำ เท่ากับ 1:30 นำไปสกัดด้วยความร้อนสูงในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กรองสารสกัดที่ได้ และวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นละลายวุ้นแช่แข็งผ่านน้ำไหล (จักรินทร์ และคณะ, 2554) และใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อพอประมาณ จากนั้นนำไปแช่แข็งอีกครั้งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (ทำให้วุ้นแข็งตัว) แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งความดันต่ำ (Freeze dry) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทำแห้งแบบอบแห้ง (Hot air oven) ได้วุ้นลักษณะเป็นแผ่น

การเตรียมสาหร่ายสีแดงด้วยความร้อน 100 องศาเซลเซียส สกัดวุ้นจากสาหร่ายสีแดงที่ผ่านการอบแห้งแล้วโดยใช้อัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำ เท่ากับ 1:30 นำไปสกัดด้วยการต้มโดยใช้เตาแก๊สที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที กรองสารสกัดที่ได้และวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นละลายวุ้นแช่แข็งผ่านน้ำไหล และใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อพอประมาน จากนั้นนำไปแช่แข็งอีกครั้งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 ชั่วโมง (ทำให้วุ้นแข็งตัว) แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งความดันต่ำ (Freeze dry) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทำแห้งแบบอบแห้ง (Hot air oven) จนได้วุ้นลักษณะเป็นแผ่น

การเตรียมและวิธีการทำวุ้นลองกอง เตรียมลองกองโดยการคัดเลือกเอาลองกองที่ไม่เน่าเสีย แล้วล้างให้สะอาด จากนั้นแกะเปลือกและเอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วแช่ในน้ำมะนาวผสมกับน้ำเปล่า การทำวุ้นลองกอง โดยการต้มน้ำ พอใกล้จะเดือดหรือ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำแผ่นวุ้นลงใส่หม้อคนให้ละลายเข้ากัน เติมน้ำตาลคนให้เข้ากัน และเติมเนื้อลองกองที่เตรียมไว้ คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งไฟให้เดือด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปิดไฟแล้วเทใส่ถ้วยพักไว้จนวุ้นแข็งตัว โดยการเตรียมวุ้นลองกอง 3 สูตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรการผลิตวุ้นลองกองที่ใช้ปริมาณน้ำตาลที่ต่างกัน

ส่วนผสม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร3
น้ำตาล (g)	40	50	60
เนื้อลองกอง (g)	100	100	100
แผ่นวุ้น (g)	6	6	6
น้ำเปล่า (ml)	400	400	400

ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ และจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ วัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ด้วยเครื่องยี่ห้อ Decagon รุ่น Pawkit United State of America โดยนำผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองใส่ในภาชนะที่ใส่ตัวอย่างอาหารเพื่อวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และทำการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) โดยจำนวนยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

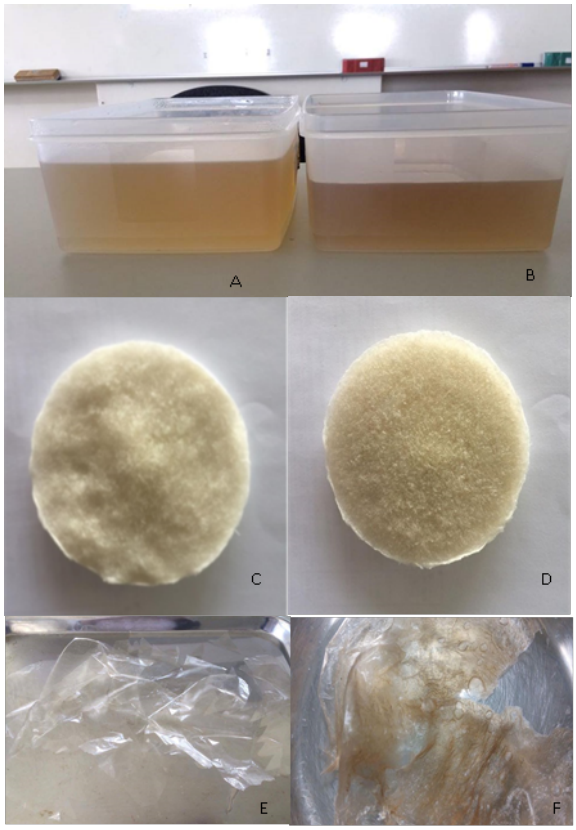
การทดสอบคุณภาพ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ประเมินผลการทดสอบด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน นำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple's Range Test (DMRT)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส นำผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองได้รับการคัดเลือกบรรจุในถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ด้วยวิธี Total plate count

ผลการวิจัย

วิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ให้ปริมาณสารสกัดมากกว่าคือ 2.88 กรัม และมีลักษณะน้ำสีใสกว่า เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ให้ปริมาณสารสกัดน้อยกว่าคือ 1.53 กรัม (รูปที่ 1A, 1B) เมื่อนำไปทำแห้งโดยเครื่อง

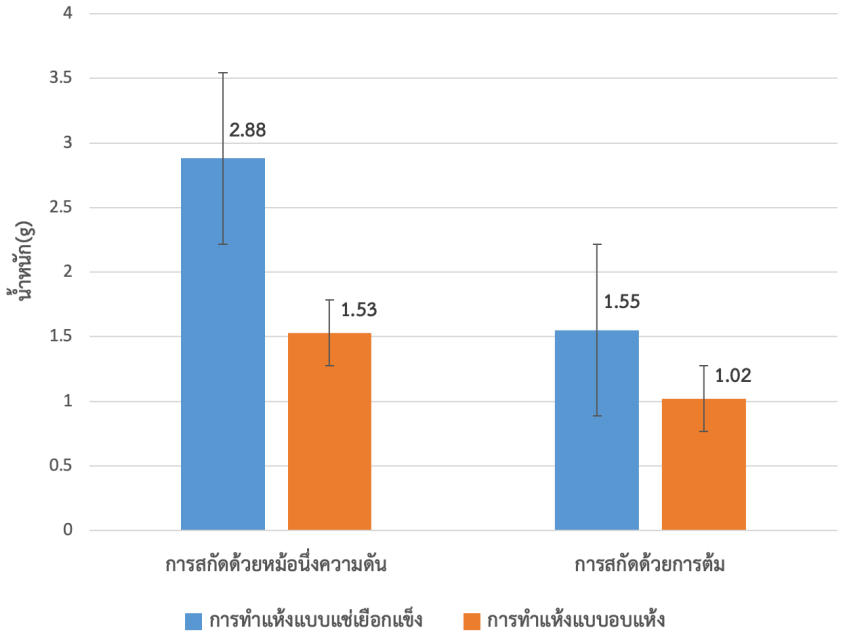
ระเหยแห้งความดันต่ำ (Freeze dry) พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันมีลักษณะเป็นสีขาว และเมื่อละลายวุ้นจะมีลักษณะสีใส และน่ารับประทานกว่า (รูปที่ 1C, 1D) วิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารสกัดมากกว่า (รูปที่ 2) มีลักษณะปรากฏจากการสังเกตด้วยตาเปล่า สารที่สกัดออกมาได้มีลักษณะสีใส เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารสกัดน้อยกว่า เมื่อนำไปทำแห้งแบบอบแห้ง (Hot air oven) พบว่าวิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ผงวุ้นมีลักษณะใสกว่าการสกัดด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแตกต่างกัน (รูปที่ 1E, 1F)



รูปที่ 1 ลักษณะสีและปริมาณผลผลิตของการสกัด สกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน (A) สกัดด้วยการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส (B) ทำแห้งแบบโดยเครื่องระเหยความดันต่ำ สกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน (C) สกัดด้วยการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส (D) ทำแห้งแบบอบแห้ง สกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน (E) สกัดด้วยการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส (F)

การสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารสกัดมากกว่า และเมื่อทำการละลาย พบว่าการสกัดด้วยการต้มที่ 100 องศาเซลเซียสให้ความแข็งของวุ้นมากกว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่ง

ความดัน เนื่องจากการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันโครงสร้างของสารถูกทำลาย และการใช้ความร้อนสูงนานเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อการแข็งตัวของวุ้น เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธีการทำแห้งแบบใช้ความดันต่ำและการทำแห้งแบบอบแห้ง พบว่าการทำแห้งแบบใช้เครื่องระเหยแห้งความดันต่ำให้ปริมาณมากกว่า ลักษณะสีใสกว่า แต่ให้ความแข็งของวุ้นน้อยกว่า เมื่อทำการละลายในน้ำร้อนแล้วจะละลายง่ายกว่าการทำแห้งแบบอบแห้ง และจะเลือกวิธีการทำแห้งแบบใช้เครื่องระเหยแห้งความดันต่ำ เนื่องจากการทำแห้งแบบอบแห้งจะมีลักษณะของวุ้นขุ่นกว่า และไม่น่ารับประทาน



รูปที่ 2 แสดงปริมาณสารสกัดระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและทำแห้งแบบอบแห้งการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นวุ้น พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยการต้มที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 และ 0.54 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

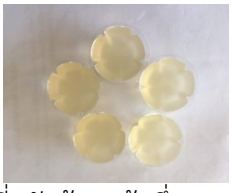
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นวุ้น

วิธีการ	ปริมาณน้ำอิสระ a_w (±S.D.)	เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
การสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน	0.58±0.00	ไม่เกิน 0.6 โดยน้ำหนัก
การสกัดด้วยการต้ม	0.54±0.03	
F-test	ns	
CV (%)	5.1	

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การเปรียบเทียบการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน จะให้สีใส และให้ปริมาณมากกว่า การสกัดด้วยการต้ม แต่ความแข็งของวุ้นจะแข็งมากกว่า และสีจะมีสีขุ่นกว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผงวุ้นในท้องตลาด พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน จะมีลักษณะใกล้เคียงกับผงวุ้นในท้องตลาดมาก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะของผงวุ้นที่สกัด และนำมาเปรียบเทียบกับผงวุ้นตามท้องตลาด

วิธีการสกัด/รูปภาพ	สี	**ความแข็งของวุ้น**
วุ้นตามท้องตลาด	สีขาวใส	+++
 วุ้นที่สกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน	สีขาว	+
วุ้นที่สกัดด้วยการต้ม	สีขาวขุ่น	++

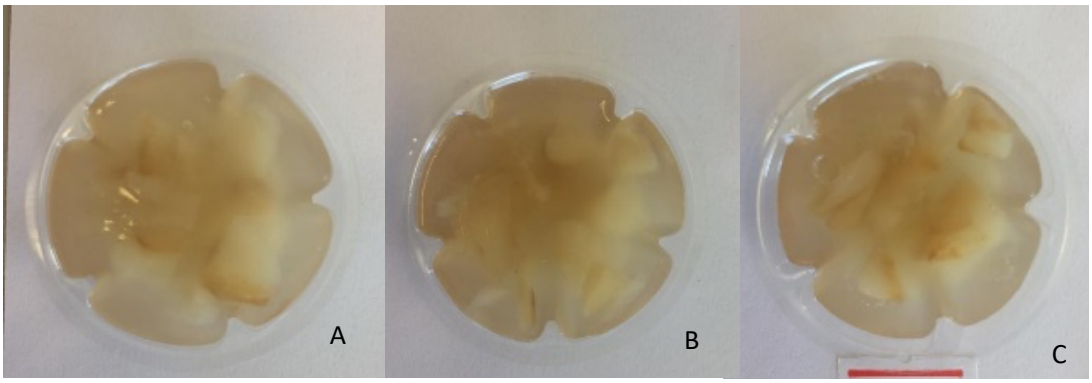
+++ : แข็ง , ++ : แข็งน้อย , + : มีความยืดหยุ่น

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของวุ้นลองกอง ที่ส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตรได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ทั้งสูตรที่ 1 2 และ 3 มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) คือ 1.02 1.02 และ 1.02 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของวุ้นลองกอง ก่อนการเก็บรักษา

ตัวอย่างวุ้นลองกอง	ปริมาณน้ำอิสระ a_w (±S.D.)	เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
น้ำตาล 40 กรัม	1.02±0.00	
น้ำตาล 50 กรัม	1.02±0.00	ไม่เกินร้อยละ 0.9 โดยน้ำหนัก
น้ำตาล 60 กรัม	1.02±0.00	
F-test	ns	
CV (%)	4.3	

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



รูปที่ 3 แสดงลักษณะสีของวุ้นลองกองทั้ง 3 สูตร น้ำตาล 40 กรัม สีเหลืองใส (A) น้ำตาล 50 กรัม สีเหลืองใส (B) น้ำตาล 60 กรัมสีเหลืองใส (C)

การประเมินคุณภาพคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale 9 point โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คนวางแผนการทดลองตามหลักสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวุ้นลองกองที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลที่แตกต่างกันได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม โดยให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อคัดเลือกความ

หวานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าลักษณะสีของวุ้นลองกอง ที่ส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตรได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม เมื่อสังเกตลักษณะสีในแต่ละสูตรจะมีสีเหลืองใสเหมือนกันทุกสูตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน (รูปที่ 3)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าลักษณะสีของวุ้นลองกอง ที่ส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตรได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม เมื่อสังเกตลักษณะสีในแต่ละสูตรจะมีสีเหลืองใสเหมือนกันทุกสูตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 5) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่าผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 60 กรัม มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุด เท่ากับ 7.56 เนื่องจากมีเนื้อลองกอง มีกลิ่นของลองกอง และกลิ่นของน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงกว่า รองลงมา คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล 40 และ 50 กรัม มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น เท่ากับ 7.53 และ 7.36 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างสถิติ (ตารางที่ 5) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 40 กรัม มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุด เท่ากับ 8.16 เนื่องจากความหวานที่ 40 กรัมให้ความหวานพอประมาณและความหวานจากลองกอง จะทำให้มีความพอดี สำหรับผู้ที่ไม่ชอบหวานมาก และรองลงมา คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล 60 และ 50 กรัม มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ เท่ากับ 8.10 และ 8.10 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างสถิติ (ตารางที่ 5) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 60 กรัม มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด เท่ากับ 8.23เนื่องจากด้านเนื้อสัมผัส มีความยืดหยุ่น และความหวานเข้มข้นกว่าสูตรอื่น รองลงมา คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล 40 และ 50 กรัม มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.60 ซึ่งมีความแตกต่างสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 60 กรัม มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 8.23 เพราะว่าความเข้มข้นของน้ำตาลมีความหวานที่เหมาะสมกับวุ้นลองกอง ทั้งด้านสี ด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัส รองลงมา คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล 50 และ 40 กรัม มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.82 และ 7.23 ตามลำดับ มีความแตกต่างสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลต่างกัน 3 ระดับ

วุ้นลองกอง	การยอมรับด้านกลิ่น (±S.D.)	การยอมรับด้านรสชาติ (±S.D.)	การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส (±S.D.)	การยอมรับด้านความชอบโดยรวม (±S.D.)
น้ำตาล 40 g	7.53±0.89	8.16±0.64	7.60±0.77[a]	7.23±0.85[a]
น้ำตาล 50 g	7.36±0.71	8.00±0.74	7.60±0.72[a]	7.83±0.64[b]
น้ำตาล 60 g	7.56±0.67	8.10±0.71	8.23±0.62[b]	8.23±0.67[c]
F-test	ns	ns	*	*
CV (%)	13.0	8.8	9.8	10.8

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองโดยใช้สาหร่ายสีแดง เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่าวุ้นลองกองที่อัตราส่วนของสารคาราจิแนนในสาหร่ายสีแดงต่อน้ำลองกองหลังการเก็บรักษา ได้แก่ 10:90 20:80 และ30:70 ที่ส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตรได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของวุ้นลองกอง หลังการเก็บรักษา

วุ้นลองกอง	ร้อยละปริมาณความชื้น (±S.D.)	เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
น้ำตาล 40 กรัม	1.01±0.00	ไม่เกินร้อยละ 0.9 โดยน้ำหนัก
น้ำตาล 50 กรัม	1.01±0.00	
น้ำตาล 60 กรัม	1.01±0.00	
F-test	ns	
CV (%)	0.9	

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ค่าสีและค่าความแข็งของวุ้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และระยะเวลาผ่านไป 2 วัน ค่าสีและค่าความแข็งมีการเปลี่ยนแปลงไป มีน้ำออกมาเล็กน้อย และมีเชื้อราเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวุ้นลองกองที่ส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม พบว่าวุ้นลองกอง ก่อนเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1 1 และ 1 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และวุ้นลองกองหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1 3 และ 5 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

อภิปรายผล

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดเป็นกลุ่มของสาหร่ายที่มีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายกลุ่มอื่น โดยมีประมาณ 200 ชนิดสาหร่ายกลุ่มนี้มีการแพร่กระจายแหล่งน้ำไหลที่มีอุณหภูมิของน้ำต่ำ (วรรณิณี และเพ็ญศรี, 2558) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้นจากสาหร่ายผมนาง พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของสารสกัด โดยพบว่าการสกัดสารสกัดจากสาหร่ายผมนาง ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที การใช้สภาวะรุนแรงที่ระยะเวลามากเกินไป ทำให้ผนังเซลล์ โครงสร้างของสาหร่ายถูกทำลาย และ พบว่าสารสกัดจากสาหร่ายผมนางมีความแข็งแรงของเจล (gel strength) ลดลง และสีหลังการสกัดจะใสขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดด้วยความร้อนสูงในระยะเวลานานส่งผลให้เซลล์ของสาหร่ายถูกทำลายมากกว่าการให้ความร้อนด้วยน้ำร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (ภัทิรา และวรางคณา, 2557) ต่างจากการรายงานของ จักรินทร์ และจิราพร (2554) ที่พบว่าการให้ความร้อนไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลวุ้น และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไป Freeze dry เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และจะได้วุ้นลักษณะเป็นแผ่น เมื่อเปรียบเทียบการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน จะให้สีใส และให้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยการต้มแต่ความแข็งของวุ้นจะแข็งมากกว่า และสีจะมีสีขุ่นกว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผงวุ้นในท้องตลาด พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน จะมีลักษณะใกล้เคียงกับผงวุ้นในท้องตลาดมาก และมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะละลายได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส โครงสร้างของโมเลกุลจะอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่ออุณหภูมิลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันเป็นเกลียวคู่ และเมื่ออุณหภูมิต่ำลงอีก ปลายสายของ Double helice แต่ละคู่จะรวมตัวเข้าใกล้กัน เกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เกาะรวมกันมากๆทำให้

เกิดการแข็งตัวของเจลมากขึ้น และเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง (สายสมร, 2547) ปริมาณน้ำอิสระของเจลที่สกัดได้มีปริมาณต่ำส่งผลถึงการเก็บรักษา อาหารแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมแตกต่างกันตามปัจจัยอื่นๆของอาหารชนิดนั้น (นุชเนตร และคณะ, 2562)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองที่อุณหภูมิต่างกัน อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นของวุ้นลองกองลดลงส่งผลให้มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ลดลงไปด้วย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่ความแข็งแรงของวุ้นจะลดลง (สายสมร, 2547) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ค่าสัมผัสทุกค่าจะลดลง (สุทธิวัฒน์ และคณะ 2554) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกๆ 2 วัน ด้วยวิธี Total plate count (เสาวนีย์, 2556) ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมทำการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) โดยจำนวนยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม (มผช.518/2547)

การศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองทั้ง 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเลี้ยงในอาหาร PDA พบว่าวุ้นลองกอง ก่อนเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1 1 และ 1 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และวุ้นลองกองหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1 3 และ 5 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกิน 300 โคโลนีต่อกรัม และการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองมีปริมาณยีสต์และราเลี้ยงในอาหาร PCA ก่อนเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4 5 และ 2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ และวุ้นลองกองหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4 2 และ 1 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม (ดวงกมล และคณะ, 2550)

สรุปผล

การศึกษาอัตราส่วนของสาหร่ายสีแดงและปริมาณน้ำตาลต่อผลิตภัณฑ์วุ้นลองกอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์วุ้นลองกองสกัดจากสาหร่ายสีแดง เพื่อประเมินคุณภาพและทดสอบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใน 2 สภาวะ (ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส) จากการสกัดทั้ง 2 วิธี การสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน และการสกัดด้วยการต้ม พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันมีสีใสกว่าและให้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการสกัดด้วยการต้ม แต่ความแข็งของวุ้นน้อย

กว่าการสกัดด้วยการต้ม เนื่องจากว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน ที่ใช้เวลานาน ทำให้ผนังเซลล์ โครงสร้างของผนังเซลล์ของสาหร่ายถูกทำลาย ซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลวุ้น (gel strength) ลดลง และสีหลังการสกัดจะใสขึ้นและเมื่อทำการละลาย พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันจะละลายง่ายกว่าการสกัดด้วยการต้ม (ภัทิรา และวรางคณา, 2557)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของแผ่นวุ้น พบว่าการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 0.6 ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของวุ้นลองกอง ก่อนการเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาที่มีส่วนผสมของปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัม มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 0.9

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของวุ้นลองกองทั้ง 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ สรุปการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวุ้นลองกอง พบว่าสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมของปริมาณน้ำตาล 60 กรัม มีคะแนนความชอบมากที่สุดและดีที่สุด

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ให้ค่าสีและค่าความแข็งของวุ้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และระยะเวลาผ่านไป 2 วัน ค่าสีและค่าความแข็งมีการเปลี่ยนแปลงไป มีน้ำออกมาเล็กน้อย และมีเชื้อราเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวุ้นลองกองทั้ง 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร พบว่าวุ้นลองกอง ก่อนการเก็บรักษา มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง 1×10^8 โคโลนีต่อกรัม ทั้ง 3 สูตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และวุ้นลองกองหลังการเก็บรักษาระยะเวลา 7 วัน พบว่าสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาล 50 และ 60 กรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด1.5×10^8 และ 2×10^8 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาล 40 กรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^9 โคโลนีต่อกรัมเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของวุ้นลองกองทั้ง 3 สูตร ได้แก่ 40 50 และ 60 กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร พบว่าวุ้นลองกอง ก่อนการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตร มีปริมาณยีสต์และราเพียง 4 5 และ 2โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และวุ้นลองกองหลังการเก็บรักษาระยะเวลา 7 วัน พบว่าวุ้น

ลองกองทั้ง 3 สูตร มีปริมาณยีสต์และรา 4 2 และ 1 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลองกองเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกลองกอง เนื่องจากลองกองมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การแปรรูปจึงเป็นวิธีที่จะเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าให้กับลองกองในช่วงฤดูกาลที่มีผลผลิตออกมามาก การใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นร่วมแปรรูปยังช่วยเพิ่มรายได้ และเกิดการพัฒนาท้องถิ่นไปด้วยกัน การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคควรให้มีเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงวุ้นลองกองให้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวอาซียะห์ วานิ นักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ช่วยในการทำงานวิจัยนี้ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

รายการอ้างอิง (References)

จักรินทร์ ครีอินทอง และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. (2554). ผลของการแช่อะซิโตนและสภาวะการให้ความร้อนต่อปริมาณผลผลิตและสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.) และสาหร่ายโพรง *(Solieria robusta)*. *รายงานวิจัยภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. 228-235.

ดวงกมล ตั้งสถิตพร, ธันย์ชนก จรเสมอ และชิดชนก เอมอมร. (2550). การใช้ประโยชน์จากแกนสับปะรดและชาภูฟ้าในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*. 24-35.

นุชเนตร ตาเย๊ะ, ต่วนนัจวา ต่วนกาจิ และฮานาน อาลี. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลท้องถิ่น: แยมส้มแขกแคลอรี่ต่ำ.* วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 2562;4(2):54-65.

ภัทิรา สุดเลิศ และวรางคณา สมพงษ์. (2557). การใช้สารสกัดจากสาหร่ายโพรงในผลิตภัณฑ์เจลลูกชิ้นปลา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 22, 1-12.

ยุวดี ขุนภักดี, วรินทร กาวี, รสสุคนธ์ วุทธิกูล, นภดล โพชกำเหนิด และณรงค์ สุนทรอภิรักษ์. (2555). เยลลี่คาราจีแนนผสมเนื้อลูกจากเพื่อชุมชน. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.* 15 (พิเศษ3), 227-235.

ระพีพร เรืองช่วย, โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, นิรัติศัย เพชรสุภา, อมมี คุณอารี และพายัพ มาศนิยม. (2549). *การเลี้ยงสาหร่ายผมนางเพื่อเป็นอาชีพทางเลือกใหม่สำหรับชาวประมงพื้นบ้านในอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 1-7.

วรรณิณี จันทร์แก้ว และเพ็ญศรี เพ็ญประไพ. (2558). การแพร่กระจายและการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายสีแดงน้ำจืดในพื้นที่ต้นน้ำเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารแก่นเกษตร.* 43 (ฉบับพิเศษ 1). 216-223.

วีรเทพ ศรีปราชญ์, วิโรจน์ กิติคุณ, ภัคพงศ์ ปวงสุข และธวัชชัย ศุภดิษฐ์. (2554). การใช้สาหร่ายผมนาง (Gracilaria fisheri) เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งกุลาดำ. *วารสารแก่นเกษตร.* 39, 159-170.

สายสมร พูลพันธ์. (2547). *ผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตอรอเบอร์รี่*. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. 1-97.

สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ, ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา, ผาณิต ไทยยันโต และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 42(พิเศษ2), 509-512.

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. (2556). การผลิตเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ามะพร้าวเพื่อสุขภาพและการยอมรับของผู้บริโภค. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 42(พิเศษ2), 429-432.

อารยา ทิพย์วงศ์ และจารุณี นุ่มพูล. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคอ้วนกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการออกกำลังกายในเด็กที่มีภาวะโภชนาการเกิน. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข.* 28(2), 1-11.

อินทิรา ลิจันทร์พร และชัยรัตน์ เตชวุฒิพร. (2556). *การรักษาคุณภาพของลองกองพร้อมบริโภคด้วยเทคโนโลยีหลังการเก็บรักษา*. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 1-101.

อนงค์ จีรภัทร์. (2543). *การใช้น้ำทิ้งจากนากุ้งเพื่อการเลี้ยงสาหร่ายวุ้นและการสกัดวุ้นในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 755 หน้า.