

ผลของวิธีการลดความเค็มต่อสมบัติทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*)

The Effect of Salinity Reduction Treatment on Chemical Properties of Green Caviar (*Caulerpa lentillifera*)

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล^{1*} และ วิชmani ยืนยงพุททกาล²

Pitchaon Maisuthisakul^{1*} and Wichamanee Yuenyongputtakal²

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ ² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

¹ School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce

² Faculty of Science, Burapha University

e-mail: *pitchaon_mai@utcc.ac.th, puttakal2@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (5, 10 และ 15 นาที) และการแช่ด้วยน้ำเกลือ (1, 2 และ 3 วัน) ต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียม ปริมาณไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) รวมทั้งค่าความเค็มของน้ำสาหร่ายที่ลวกหรือแช่ด้วยเครื่อง conductivity meter และการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test พบว่าการลวกไม่มีผลต่อปริมาณเยื่อใยและเถ้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งการลวกที่นานขึ้นส่งผลต่อการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณโปรตีน โซเดียม สมบัติต้านออกซิเดชัน ส่วนการแช่ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่การแช่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณโซเดียมของสาหร่ายพวงองุ่นมากกว่าการลวก ทั้งนี้การแช่ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณโซเดียมลดลงสูงถึงร้อยละ 31.03-48.27 ปริมาณไอโอดีนลดลง (ร้อยละ 2.08-8.05) ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง (ร้อยละ 0.09-4.87) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลง (ร้อยละ 1.01-1.68) เมื่อเทียบกับสาหร่ายพวงองุ่นสด ทั้งนี้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่แช่สาหร่ายพวงองุ่นเป็นเวลา 3 วัน (1,890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) มีค่าใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปา ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการแช่มีความเหมาะสมในการลดความเค็มของสาหร่ายพวงองุ่นมากกว่าการลวก

คำสำคัญ : การลดความเค็ม สาหร่ายพวงองุ่น องค์ประกอบทางเคมี สมบัติต้านออกซิเดชัน

Abstract

The objective of this research was to study the effects of blanching at 100 degrees Celsius (5, 10 and 15 minutes) and saline solution soaking (1, 2 and 3 days) on chemical composition, sodium content, iodine content, oxidative properties and total phenolic content of green caviar (*Caulerpa lentillifera*), as well as the salinity values of water after blanching or immersed by conductivity meter and sensory different test using the Triangle test. The results showed that blanching had no significant effect on the fiber and ash content ($p \geq 0.05$). The longer blanching resulted dramatically decreasing in protein content, sodium, and oxidation properties. The soaking had no significant effect on protein, fat, crude fiber, ash, and moisture content ($p \geq 0.05$). However, the soaking had much lower effect on sodium content of green caviar than blanching. Soaking can decrease sodium content of the green caviar as high as 31.03-48.27%, iodine content lower (2.08-8.05%), antioxidant capacity lower (0.09-4.87%), total phenolic content lower (1.01-1.68%) than fresh green caviar. However, the

conductivity of the water after soaking the green caviar for 3 days (1,890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) is close to the conductivity of the tap water, same as the result from sensory tests. From the research indicated that soaking is more suitable to reduce the salinity of green caviar than blanching.

Keywords : Salinity reduction, Green caviar, Chemical composition, Antioxidant properties.

1. บทนำ

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (green algae) หรือมีชื่อสามัญว่า sea grapes หรือ green caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาการ์เดียร์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caulerpa lentillifera* J. Agardh เป็นสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายอยู่ในเขต tropical และ subtropical พบได้ในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย เวียดนาม และญี่ปุ่น (Devi, et al., 2011) สาหร่ายพวงองุ่นเป็นหนึ่งในสาหร่ายที่รับประทานได้ของประเทศไทย

มีการวิจัยคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่นเป็นจำนวนมาก Sharma and Rhyu (2014) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัด *C. lentillifera* สามารถกระตุ้นการหลั่งอินซูลินในตับอ่อนและการเพิ่มการดูดซึมกลูโคสใน adipocytes นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดจาก *C. lentillifera* ช่วยเพิ่มความต้านทานต่ออินซูลินและควบคุมการเผาผลาญของกลูโคสในหนูอีกด้วย (Kazeem and Davies, 2016) และยังช่วยลดไตรกลีเซอไรด์และระดับคลอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิด hyperlipidemic อาจเนื่องมาจากปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูงของ *Caulerpa lentillifera* (25.05-39.67%, DW) รวมทั้งมี polyunsaturated fatty acids (PUFA) ในปริมาณที่สูงอีกด้วย (52%) สาหร่ายพวงองุ่นอุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามินหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 2 วิตามินอี และวิตามินซี รวมทั้งมีเกลือแร่ที่สำคัญ ได้แก่ ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และโคบอลต์และจัดว่าเป็นอาหารสุขภาพ เป็นแหล่งสำคัญของแมกนีเซียมที่ช่วยลดความดันโลหิต และป้องกันโรคหัวใจล้มเหลว ช่วยต้านมะเร็ง มีไอโอดีนสูงจึงช่วยผู้ป่วยที่เป็นโรคไทรอยด์ได้ (Ratana-arporn and Chirapart, 2006) อย่างไรก็ตามสาหร่ายพวงองุ่นมีรสชาติเค็มเนื่องจากมีโซเดียมสูง การรับประทานโซเดียมมากเกินไปเป็นสาเหตุของอาการไตเรื้อรัง ความต้องการสูงสุดของโซเดียมที่ร่างกายได้รับและไม่ทำให้เกิดอันตราย คือ 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน (Tanna et al., 2018) นอกจากนี้หากสามารถลดความเค็มในสาหร่ายพวงองุ่นลงได้จะเป็นการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นไปแปรรูปเป็นอาหารประเภทอื่นได้ เช่น เครื่องดื่ม ขนม ดังนั้นเพื่อให้สามารถบริโภคสาหร่ายพวงองุ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงควรลดปริมาณโซเดียมหรือความเค็มในสาหร่ายพวงองุ่นลง

ตัวรับรสในลิ้นสำหรับการลิ้มรสเกลือคือช่องโซเดียมเยื่อหุ้ม ENaC ความไวของการรับรู้รสเกลือและความชอบบริโภคเค็มยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน การรับรู้รสเค็มของเพศชายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเพศหญิง การทดสอบความเค็มมักใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน อาจมีผลลัพธ์ที่แตกต่างจากระดับความเค็มจริงของอาหาร เนื่องจากอาหารมีความซับซ้อนของส่วนประกอบที่ผสมอยู่ ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจสอบได้ประมาณร้อยละ 0.5 ของโซเดียมคลอไรด์ (Hoppe et al., 2017) อย่างไรก็ตามยังไม่พบงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการการลดปริมาณโซเดียมในอาหารที่มีความเค็มสูง พบเพียงการลดการใช้เกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของวิธีการลดความเค็มโดยเปรียบเทียบวิธีการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสที่เวลา 5, 10 และ 15 นาทีและการแช่น้ำเกลือที่ 1, 2 และ 3 วันที่มีต่อปริมาณโซเดียม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดรวมทั้งองค์ประกอบทางเคมี ในสาหร่ายพวงองุ่น

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำสาหร่ายพวงองุ่นตากเกรด จากโซคมน์สฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน 2562 มาทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก ได้แก่ สาหร่ายที่มีสวายสีน้ำตาล หอยตัวเล็กที่ติดมากับสาหร่าย จากนั้นนำไปล้าง

ให้สะอาด และชั่งน้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียมและไอโอดีน สมบัติด้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

2.2 การลดความเค็ม

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะลดความเค็มของสาหร่ายพวงองุ่นจึงออกแบบการทดลองโดยแปรกระบวนการลดความเค็มเป็น 2 แบบคือ การลวกและการแช่ (ก) การลวก โดยการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ในอัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำเป็น 1:1 (ข) การแช่ นำสาหร่ายพวงองุ่นมาแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 20% แช่ไว้ 10 นาทีในอัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำเป็น 1:1 แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดแล้วแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสในอัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำเป็น 1:1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นแช่สาหร่ายพวงองุ่นในน้ำเกลือความเข้มข้น 10% ในอัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำเป็น 1:1 เป็นเวลา 1 วันแล้วทำการเปลี่ยนเป็นน้ำสะอาดทุกวันอีกเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียมและไอโอดีน สมบัติด้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น และวัดค่าความเค็มของน้ำที่ล้างสาหร่ายที่ลวกและแช่แล้วด้วยเครื่อง conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส รวมทั้งการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสถึงรสชาติเค็มของน้ำที่ผ่านการลวกหรือแช่สาหร่าย ด้วยวิธีทดสอบแบบ Triangle test

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

2.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีนปริมาณโปรตีนรวมโดยวิธี Kjeldahl method ไขมันด้วย soxhlet เถ้าด้วยวิธีเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เส้นใยหยาบ (crude fiber) ด้วยวิธีย่อยด้วยกรดและด่าง ความชื้น โดยวิธี air oven method และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมและไอโอดีนด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) ด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) ยี่ห้อ Varian รุ่น 810-MS

2.3.3 การวิเคราะห์สมบัติด้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical assay โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นมาปั่นและชั่งปริมาณ 100 กรัม แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสปริมาณ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 แล้วนำส่วนใสมาเตรียมเป็นสารละลายที่เข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามวิธีของ Maisuthisakul and Changchud (2014) และ metal chelating activity ตามวิธีของ Maisuthisakul and Gordon (Maisuthisakul and Gordon, 2014) โดยทำการเปรียบเทียบกับความสามารถต้านออกซิเดชันของวิตามินซีและชาอู่หลง

2.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับ 3.3 จากนั้นนำส่วนใสมา 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำ Folin 2 มิลลิลิตร และสารละลาย Sodium Chloride 0.8 มิลลิลิตร นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม (Vortex) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ มาเทียบคำนวณเป็น mM Trolox equivalent per gram ตามวิธีของ Maisuthisakul and Gordon (2014)

2.3.5 ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีทดสอบแบบ Triangle test ใช้กลุ่มผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน ตามวิธี ISO 4120 (2004) โดยนำน้ำที่ใส่ลวกหรือแช่สาหร่ายมาต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีในภาชนะบรรจุปิด ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาทดสอบชิม

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีทดสอบแบบ Triangle test ใช้วิธี Two-tailed binomial test

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 คุณภาพทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และการวิเคราะห์โซเดียม รวมทั้งการวิเคราะห์สมบัติด้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด ได้ผลดังตารางที่ 1 และ 2

จากตารางที่ 1 พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นจากจังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 50.86) รองลงมาคือเยื่อใย (ร้อยละ 24.50 ± 0.06) และโปรตีน (12.19 ± 0.10) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากรายงานของ Ratana-arporn and Chirapat (2006) ที่พบปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 59.27 เยื่อใยร้อยละ 3.17 ± 0.21 และโปรตีนร้อยละ 12.49 ± 0.3 ของสาหร่ายพวงองุ่น จึงเป็นการยืนยันว่าพื้นที่การเพาะ ภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำ ปริมาณแสงแดด ของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น (Nofiani *et al.*, 2018) เช่นเดียวกับรายงานของ Nofiani *et al.* (2018) ที่พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นจากอินโดนีเซียแตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นที่มาจากไต้หวันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้เห็นได้ว่าสาหร่ายพวงองุ่นสามารถนำมาผลิตเป็นแป้งสาหร่าย (seaweed flour) ได้ เนื่องจากมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก แป้งจากสาหร่ายพวงองุ่นประกอบด้วย โพลีแซคคาไรด์ โปรตีนและใยอาหารสูง ถือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ (ตารางที่ 2) ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและแนะนำให้ใช้เป็นทางเลือกหรือเป็นอาหารเสริมทดแทนแป้งปกติได้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นสด*

องค์ประกอบทางเคมี	กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
โปรตีน	12.19 ± 0.10
ไขมัน	3.86 ± 0.04
เยื่อใย	24.50 ± 0.06
เถ้า	8.59 ± 0.49
คาร์โบไฮเดรต*	50.86 ± 0.15
ความชื้น	25.31 ± 0.29

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

* คำนวณจากความแตกต่าง (= 100-โปรตีน-ไขมัน-เถ้า-เยื่อใย)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เกลือแร่และสมบัติด้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด*

สมบัติทางเคมี	ค่าที่ได้	DRI (ผู้ชาย)	DRI (ผู้หญิง)
โซเดียม (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	2.90 ± 0.08	0.03	0.05
ไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	14.40 ± 0.49	0.15	0.15
สมบัติด้านออกซิเดชัน			
DPPH (%inhibition)	65.19 ± 0.11		
Metal Chelating activity (%)	43.04 ± 0.26		
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g DW)	195.20 ± 0.18		

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

DRI (Dietary Reference Intake) หมายถึง ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (mg/kg น้ำหนักร่างกาย)

สมบัติด้านออกซิเดชัน ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณโซเดียมในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณสูงถึง 0.9010 ± 0.0803 mg/100 g (DW)

ปริมาณไอโอดีนสูงถึง 14.4000 ± 0.4905 mg/100 g (DW) เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Ratana-arporn and Chirapat (2006) พบปริมาณไอโอดีนมีเพียง 1.424 mg/100 g (DW) ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เป็นการยืนยันว่าพื้นที่การเพาะ ภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำ ปริมาณแสงแดด ของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับค่า DRI ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงโดยมาจากการคาดคะเนของปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนปกติอายุ 19-50 ปี เพื่อให้มีสุขภาพดีโดยได้รับสารอาหารเพียงพอไม่มากและไม่น้อยเกินไป (Mohamed *et al.*, 2012) ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าควรบริโภคโซเดียม 1.5-2.3 กรัมต่อวัน และควรบริโภคไอโอดีน 7.5-10.5 กรัมต่อวัน พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นเป็นแหล่งเกลือแร่ที่ดีในการบริโภคเนื่องจากมีปริมาณไอโอดีนสูง

เมื่อพิจารณาสมบัติต้านออกซิเดชันในรูป DPPH method พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดจากจังหวัดเพชรบุรีมีค่า DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 μ g/100 mL มีค่า % inhibition เท่ากับ 65.19 ± 0.11 ซึ่ง Nyugen *et al.* (2011) รายงาน DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 μ g/100 mL ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งแบบ freeze dry มีค่า %inhibition เท่ากับ 18 แสดงว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันดีกว่าในรูปแบบแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นสดมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันน้อยกว่าวิตามินซีแต่ใกล้เคียงชาอู่หลง (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง (ตารางที่ 2)

สารต้านออกซิเดชันบางชนิด สามารถจับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) ซึ่งโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เปอร์ออกไซด์เกิดปฏิกิริยาต่อจนได้กลินทิน โดยสารต้านออกซิเดชันจะทำหน้าที่จับโลหะ (Fe^{2+}) ที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่างโลหะกับสารต้านออกซิเดชันขึ้น ส่งผลทำให้โลหะเหล่านั้นไม่สามารถทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพในการจับโลหะของสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่าร้อยละ 43.04 ± 0.26 (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพในการจับโลหะของชาอู่หลง (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ Tanna *et al.* (2018) ได้รายงานว่าการสกัดน้ำร้อนของสาหร่ายพวงองุ่นมีประสิทธิภาพในการจับโลหะ มี ค่า EC_{50} เท่ากับ 271.71 ± 6.33 μ g/mL ซึ่งสูงกว่าสาหร่ายทุ่นและสาหร่ายเขากวาง นอกจากนี้ Nyugen *et al.* (2011) รายงาน chelating activity ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งแบบ freeze dry ที่ความเข้มข้น 100 μ g/100 mL มีค่า 7.3% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสาหร่ายสดในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของสารมาตรฐาน*

วิธีวัด	ตัวอย่าง	ค่าที่ได้
DPPH activity (%inhibition)	วิตามินซี	88.12 ± 0.21
	ชาอู่หลง	62.32 ± 0.19
Metal Chelating activity (%)	วิตามินซี	98.41 ± 0.33
	ชาอู่หลง	10.01 ± 0.09

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

สมบัติต้านออกซิเดชัน ที่ความเข้มข้น 100 μ g/100 mL

3.2 คุณภาพทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านกระบวนการลดความเค็ม

3.2.1 คุณภาพทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านกระบวนการลดความเค็มแบบลวก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียมและไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที รวมทั้งค่าความเค็มของน้ำสาหร่ายที่ลวกทิ้งด้วยเครื่อง conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4, 5, 6 และ 7

จากตารางที่ 4 พบว่าการลวกที่นานขึ้นมีผลให้ปริมาณโปรตีน ความชื้น และไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และแตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตารางที่ 1) ซึ่งการลวกที่ 10 และ 15 นาทีไม่ทำให้ปริมาณไขมันและ

ความชื้นของสาหร่ายพวงองุ่นเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นการทำลายผนังเซลล์ (Mukherjee and Chattopadhyay, 2007) เนื่องจากเกิดการคลายตัวของ hemi-cellulose, cellulose และโครงสร้างตาข่ายของเพคตินส่งผลให้เกิดรูพรุนของผนังเซลล์ เมื่อโครงสร้างเกิดการคลายตัวมากขึ้นเมื่อโดนความร้อนนานขึ้นจึงทำให้สารภายในเซลล์ไหลออกมาได้ มีข้อสังเกตว่าปริมาณเยื่อใยภายหลังจากการลวกในเวลา 5-15 นาที ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อ hemi-cellulose และ cellulose คลายตัว แต่สารเหล่านี้ไม่ละลายน้ำจึงทำให้ปริมาณเยื่อใยไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก นอกจากนี้ถ้าคือปริมาณเกลือแร่และแร่ธาตุในอาหาร ซึ่งการลวกไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณเกลือ อาจเนื่องมาจากวิธีวัดที่ใช้เป็นวิธีที่มี sensitivity น้อย เกลือแร่และแร่ธาตุยังไหลออกมาจากเซลล์อย่างช้า ๆ (Mukherjee and Chattopadhyay, 2007)

เมื่อพิจารณาปริมาณโซเดียม ไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที (ตารางที่ 5) พบว่า ปริมาณโซเดียมและไอโอดีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งปริมาณโซเดียมมีการลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นการทำลายผนังเซลล์ (Mukherjee and Chattopadhyay, 2007) จึงทำให้สารในเซลล์ไหลออกมาจนเซลล์ละลายไปกับน้ำที่ใช้ลวก นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวกมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันน้อยกว่าวิตามินซีและชาอู่หลง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวก*

องค์ประกอบทางเคมี	ลวก 5 นาที	ลวก 10 นาที	ลวก 15 นาที
โปรตีน (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	10.17±0.10 ^a	9.23±0.10 ^b	8.97±0.10 ^c
Protein (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)			
ไขมัน (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	3.76±0.04 ^a	3.62±0.04 ^b	3.64±0.04 ^b
ใยอาหาร (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	24.38±0.09	24.16±0.07	24.13±0.06
เถ้า (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	8.29±0.12	8.14±0.29	8.09±0.49
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)*	53.30±0.10	54.85±0.14	55.17±0.18
ความชื้น (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	24.08±0.12 ^a	23.41±0.19 ^b	23.68±0.17 ^b

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

* คำนวณจากความแตกต่าง (= 100-โปรตีน-ไขมัน-เถ้า-ใยอาหาร)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เกลือแร่และสมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวก*

สมบัติทางเคมี	ลวก 5 นาที	ลวก 10 นาที	ลวก 15 นาที
โซเดียม (มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	2.3100±0.0313 ^a	2.1211±0.0010 ^b	2.0020±0.0050 ^c
ไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	14.2100±0.1205 ^a	14.1210±0.0411 ^b	14.0200±0.0012 ^b
สมบัติต้านออกซิเดชัน			
DPPH (%inhibition)	61.11±0.15 ^a	60.12±0.11 ^b	59.68±0.05 ^c
Metal Chelating activity (%)	42.14±0.14 ^a	41.11±0.16 ^b	40.20±0.11 ^c
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g DW)	191.11±0.14 ^a	186.21±0.11 ^b	185.68±0.17 ^b

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สมบัติต้านออกซิเดชัน ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการตรวจวัด ชนิดของสารที่มีประจุส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอินทรีย์มากกว่าสารประกอบอนินทรีย์ นอกจากนี้จำนวนประจุของสารที่มีประจุก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำ ดังนั้นน้ำที่มีความเค็มมากจะมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงกว่า น้ำประปามีค่าสภาพการนำไฟฟ้าในช่วง 1,000 - 2,000 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

ตารางที่ 6 ผลค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ใช้ลวกสาหร่ายพวงองุ่น*

เวลาในการลวก	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
5 นาที	12,900 $\pm$ 150
10 นาที	5,780 $\pm$ 053
15 นาที	2,100 $\pm$ 024

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ลดลงเมื่อทำการลวกนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้การลวกนานถึง 15 นาที ยังพบค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการลวกยังมีค่าสูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปา แสดงว่ายังมีปริมาณเกลือแร่หลงเหลือในสาหร่ายพวงองุ่นอยู่

การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle test ได้ถูกนำมาทดสอบรสชาติเค็มของน้ำที่ใช้ลวกสาหร่ายพวงองุ่น เพื่อเป็นการยืนยันว่าน้ำที่ผ่านการลวกที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง คือน้ำที่มีรสเค็ม โดยผลการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมแบบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยมีน้ำเปล่าเป็นตัวอย่างควบคุมได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของของน้ำที่ใช้ลวกสาหร่ายพวงองุ่น*

เวลาในการลวก	ร้อยละของผู้ทดสอบชิมที่ตอบถูก
5 นาที	100.0
10 นาที	93.3
15 นาที	80.0

จากตารางที่ 7 พบว่า น้ำที่ผ่านการลวกสาหร่ายเป็นเวลา 15 นาทีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากเมื่อนำค่าร้อยละของผู้ทดสอบชิมที่ตอบถูกและผิดไปคำนวณค่า χ^2 แล้วพบว่าตัวอย่างน้ำที่ผ่านการลวกสาหร่ายไม่มีความแตกต่างจากน้ำเปล่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำที่ผ่านการลวกสาหร่ายมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์น้อยกว่า threshold รับรู้รสเค็มของมนุษย์ (ร้อยละ 0.5) ซึ่งสอดคล้องกับผลค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการลวกสาหร่ายเป็นเวลา 15 นาทีที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปา (ตารางที่ 6)

3.2.2 คุณภาพทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านกระบวนการลดความเค็มแบบแช่

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียมและไอโอดีน สมบัติด้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่เป็นเวลา 1 2 และ 3 วันรวมทั้งค่าความเค็มของน้ำสาหร่ายที่แช่ทั้งด้วยเครื่อง Conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 8, 9, 10 และ 11

จากตารางที่ 8 พบว่าการแช่ที่นานขึ้นไม่มีผลให้องค์ประกอบทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และไม่แตกต่างกับค่าองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตารางที่ 1) ซึ่งการแช่เป็นกระบวนการออสโมซิสให้น้ำภายนอกแพร่เข้าไปในเซลล์และแร่ธาตุที่ละลายน้ำได้ในสาหร่ายพวงองุ่นจะละลายน้ำออกมา จึงไม่ทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ของสาหร่ายพวงองุ่นเปลี่ยนแปลงนักเนื่องจากโครงสร้างของเซลล์พืชยังไม่ถูกทำลาย

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่*

องค์ประกอบทางเคมี	แช่ 1 วัน	แช่ 2 วัน	แช่ 3 วัน
โปรตีน (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	12.10±0.11	12.03±0.10	12.02±0.10
ไขมัน (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	3.82±0.03	3.82±0.04	3.84±0.04
เยื่อใย (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	24.50±0.07	24.36±0.07	24.33±0.06
เถ้า (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	8.50±0.15	8.44±0.29	8.39±0.49
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)*	51.08±0.07	51.38±0.17	51.42±0.23
ความชื้น (กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ^{ns}	25.33±0.14	25.41±0.19	25.68±0.17

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

* คำนวณจากความแตกต่าง (= 100-โปรตีน-ไขมัน-เถ้า-เยื่อใย)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์เกลือแร่และสมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวก*

สมบัติทางเคมี	แช่ 1 วัน	แช่ 2 วัน	แช่ 3 วัน
โซเดียม (มิลลิกรัม/ กรัมน้ำหนักแห้ง)	2.01±0.00 ^a	1.71±0.00 ^b	1.51±0.00 ^c
ไอโอดีน (มิลลิกรัม/ กรัมน้ำหนักแห้ง)	14.19±0.02 ^a	13.82±0.01 ^b	13.24±0.00 ^b
สมบัติต้านออกซิเดชัน			
DPPH (%inhibition)	63.19±0.11 ^c	62.68±0.17 ^b	62.01±0.04 ^a
Metal Chelating activity (%)	43.00±0.10 ^b	42.56±0.21 ^a	42.02±0.15 ^a
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g DW)	193.21±0.13 ^b	192.56±0.14 ^a	191.91±0.08 ^a

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สมบัติต้านออกซิเดชัน ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL

เมื่อพิจารณาปริมาณโซเดียม ไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน พบว่า ปริมาณโซเดียมและไอโอดีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณโซเดียมมีการลดลงอย่างรวดเร็วกว่ากระบวนการลดความเค็มด้วยวิธีการลวก (ตารางที่ 9) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแช่เป็นกระบวนการออสโมซิส จึงทำให้น้ำนอกเซลล์ไหลเข้าไปในเซลล์ซึ่งภายในเซลล์มีความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า นอกจากนี้การวัดปริมาณโซเดียมและไอโอดีนด้วยเครื่อง ICP-OES สามารถวัดได้ในระดับนาโนกรัม ซึ่งมีความละเอียดสูง จึงสามารถติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของเกลือแร่ได้ดีกว่าวิธีการเผา ตามวิธีของ AOAC (2000) นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าสาหร่ายที่ผ่านกระบวนการลวก (ตารางที่ 5) วิธีการลดความเค็มในสาหร่ายพวงองุ่นด้วยการแช่น้ำทั้ง 3 วันโดยการถ่ายน้ำทิ้งทุกวัน ให้ผลที่ดี เนื่องจาก ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ในวันที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดและมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปา (ตารางที่ 10) ดังนั้นการแช่สามารถดึงเกลือออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้ดีกว่า และสาหร่ายที่ได้จากกระบวนการแช่จะมีความเต่งหรือสดมากกว่า เนื่องจากน้ำได้แพร่ผ่านเข้าไปในสาหร่าย ซึ่งเกิดจากกระบวนการออสโมซิส

ตารางที่ 10 ผลค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ใช้แช่สาหร่ายพวงองุ่น*

เวลาในการแช่	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1 วัน	14,500 $\pm$ 104
2 วัน	7,250 $\pm$ 036
3 วัน	1,890 $\pm$ 027

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 11 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำที่ใช้ลวกสาหร่ายพวงองุ่น

เวลาในการลวก	ร้อยละของผู้ทดสอบชิมที่ตอบถูก
5 นาที	100.0
10 นาที	100.0
15 นาที	66.7

จากตารางที่ 11 พบว่า ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างน้ำที่ผ่านการแช่สาหร่ายเป็นเวลา 3 วันกับน้ำดื่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากเมื่อนำค่าร้อยละของผู้ทดสอบชิมที่ตอบถูกและผิดไปคำนวณค่า χ^2 แล้วพบว่าตัวอย่างน้ำที่ผ่านการแช่สาหร่ายเป็นเวลา 3 วันไม่มีความแตกต่างจากน้ำเปล่า ซึ่งสอดคล้องกับผลค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการแช่สาหร่ายเป็นเวลา 3 วันที่มีค่าในช่วงเดียวกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำประปา (ตารางที่ 10) แสดงว่าน้ำที่ผ่านการแช่สาหร่ายมา 3 วันมีคุณภาพใกล้เคียงน้ำเปล่า หรือความเค็มสามารถแพร่ออกมาจนเซลล์ได้อีกเล็กน้อยหรือไม่สามารถไหลออกมาจนเซลล์ได้แล้ว

4. สรุป

จากการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโซเดียมและไอโอดีน สมบัติด้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นรวมทั้งค่าความเค็มของน้ำที่ลวกหรือแช่สาหร่ายด้วยเครื่อง conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของน้ำที่ลวกหรือแช่สาหร่าย พบว่าการแช่สาหร่ายเป็นเวลา 3 วันมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจาก ปริมาณโซเดียมลดลงมากที่สุด และวิธีนี้ไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง รวมทั้งส่งผลต่อสมบัติด้านออกซิเดชันน้อยกว่าวิธีการลวก จึงทำให้สามารถลดความเค็มของสาหร่ายพวงองุ่นโดยที่ยังมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงเดิมมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 11.2/2562 และทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

6. เอกสารอ้างอิง

- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis**. 15th eds. The Association of official Analysis Chemists, Virginia.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. **Official methods of analysis**. 18th eds. The Association of official analytical chemists, Washington DC.
- Devi, G. K., K. Manivannan, G. Thirumaran, F. Rajathi, and P. Anantharaman. 2011. **In vitro antioxidant activities of selected seaweeds from Southeast coast of India**. Asian Pac. J. Trop. Med. 4: 205-211.

- Hoppu, U., A. Hopia, T. Pohjanheimo, M. Rotola-Pukkila, S. Mäkinen, A. Pihlanto, and M. Sandell. 2017. **Effect of Salt Reduction on Consumer Acceptance and Sensory Quality of Food.** *Foods*. 6: 1-12.
- ISO 4120. 2004. **Sensory analysis – Methodology - Triangle test.** International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Kazeem, M. I., and T. C. Davies. 2016. **Anti-diabetic functional foods as sources of insulin secreting, insulin sensitizing and insulin mimetic agents.** *J. Funct. Foods*. 20: 122-138.
- Maisuthisakul P., and L. Changchub. 2014. **Effect of Extraction on Phenolic Antioxidant of Different Thai Rice (*Oryza Sativa* L.) Genotypes.** *Int. J. Food Prop.* 17: 855-865.
- Maisuthisakul P., and M. Gordon. 2014. **Characterization and storage stability of the extract of Thai mango (*Mangifera indica* Linn. Cultivar Chok-Anan) seed kernels.** *J. Food Sci. Technol.* 51: 1453-1462.
- Mohamed, S., S. N. Hashim, and H. A. Rahman. 2012. **Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy.** *Trends Food Sci. Tech.* 23: 83-96.
- Mukherjee, S., and P. K. Chattopadhyay. 2007. **Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality.** *J. Food Eng.* 78: 52-60.
- Nguyen, V. T., J. Ueng, and G. Tsai. 2011. **Proximate Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Seagrape (*Caulerpa lentillifera*).** *J. Food Sci.* 76): C950-C958.
- Nofiani, R., S. Hertanto, T. A. Zaharah, and S. Gafur. 2018. **Proximate Compositions and Biological Activities of *Caulerpa lentillifera*.** *Molekul* 13 (2): 141-147.
- Ratana-arporn, P., and A. Chirapart. 2006. **Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*.** *Agric. Nat. Resour.* 40 (Suppl.): 75-83.
- Sharma, B. R., and D. Y. Rhyu. 2014. **Anti-diabetic effects of *Caulerpa lentillifera*: stimulation of insulin secretion in pancreatic β -cells and enhancement of glucose uptake in adipocytes.** *Asian Pac. J. Trop. Med.* 4: 575-580.
- Tanna, B., B. Choudhary, and A. Mishra. 2018. **Metabolite profiling, antioxidant, scavenging and anti-proliferative activities of selected tropical green seaweeds reveal the nutraceutical potential of *Caulerpa* spp.** *Algal Res.* 36: 96-105.

(Received: 17/Oct/2019, Revised: 28/Apr/2020, Accepted: 5/May/2020)