ว.วิทย. มข. 47(3) 478-489 (2562) KKU Sci. J. 47(3) 478-489 (2019)

คุณค่าทางโภชนาการ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) หลังการเก็บเกี่ยว

Nutritional Value and Quality Change of Sea Grapes (*Caulerpa lentillifera*) After Harvesting

นพรัตน์ มะเห[1*] มาโนช ขำเจริญ[2] และ ดลฤดี พิชัยรัตน์ [1]

[1]สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[2]สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[*]Corresponding Author, E-mail: nopparat.rmutsv@gmail.com

Received: 23 March 2019 | Revised: 21 May 2019 | Accepted: 10 August 2019

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว โดยการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการทำการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ปริมาณเยื่อใย ปริมาณกรดอะมิโน ปริมาณวิตามิน และปริมาณแร่ธาตุ นอกจากนั้นยังศึกษาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษ ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสี สารต้านอนุมูลอิสระ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการทดลองพบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ของสาหร่ายพวงองุ่นสดเท่ากับร้อยละ 94.40, 1.34, 0.00, 2.80 และ 1.45 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเยื่อใยเท่ากับร้อยละ 0.02 กรดอะมิโนที่พบมากที่สุดคือ อาร์จินีน (251.94 มก./100 กรัม) รองลงมาคือ เมทไทโอนีน (128.06 มก./100 กรัม) และไลซีน (104.28 มก./100 กรัม) จากการวิเคราะห์แร่ธาตุและวิตามิน 9 ชนิดคือ แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม โปแตสเซียม ซีลีเนียม โซเดียม วิตามินบี 2 วิตามินซี และวิตามินเอ ผลการทดลองพบว่าไม่พบวิตามินซีและวิตามินเอ ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษซึ่งทำการตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณสารสี (คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี) ของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณลดลง ในขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยเริ่มเกินเกณฑ์ที่กำหนดในวันที่ 10 ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีแนวโน้มลดลง แต่ลดลงไม่มากนักในระยะเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ดังนั้นการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ไม่ควรเก็บไว้มากกว่าหนึ่งสัปดาห์ เพื่อให้สาหร่ายยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี และมีความปลอดภัยทางจุลชีววิทยา

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate nutritional value and quality change of sea grapes (*Caulerpa lentillifera*) after harvesting. For nutritional value evaluation of fresh sea grapes, the content of moisture, protein, fat ash, carbohydrate, crude fiber, amino acid vitamin and mineral were analyzed. The toxic heavy metals were also analyzed. For quality change of sea grapes, pigment, antioxidant and total variable count

(TVC) were analyzed. The result showed that the content of moisture, protein, fat, ash and carbohydrate were 94.40%, 1.34%, 0.00%, 2.80% and 1.45% respectively, while crude fiber was 0.02%. The highest content of amino acid was arginine (251.94 mg/100 g) followed by methionine (128.06 mg/100 g) and lysine (104.28 mg/100 g). 9 types of mineral and vitamin (calcium, iron, magnesium, potassium, selenium, sodium, riboflavin (B2), vitamin C and vitamin A) were analyzed, only vitamin C and vitamin A were not found. Toxic heavy metals that analyzed were under standards. After storage at room temperature for 10 days, pigment contents (chlorophyll a and chlorophyll b) of sea grape were decreased. During storage, total variable counts were increased and out of standard after 10 days of storage. Phenolic compound was quite stable while trend of ferric reducing antioxidant power was decreased. Then sea grape should be storage not more than 1 week at room temperature for good nutritional value and microbiological safety.

คำสำคัญ: สาหร่ายพวงองุ่น คุณค่าทางโภชนาการ การเก็บเกี่ยว
Keywords: *Caulerpa lentillifera*, Nutritional value, harvesting

บทนำ

สาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* เป็นที่รู้จักในนามของ sea grape หรือ green caviar ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวที่แพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน มักนิยมบริโภคสดหรือเก็บรักษาในเกลือ โดยพบในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ และบางประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Mary et al., 2009). สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในประเทศไทย กรมประมงได้ริเริ่มตั้งแต่ปี 2536 โดยสถานีประมงชายฝั่งเพชรบุรี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี, มปป) นอกจากนั้นมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นโดยมีการเลี้ยงในรูปแบบอินทรีย์ (Chamchareon, 2017) การบริโภคสาหร่ายพวงองุ่นได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน โดยนิยมบริโภคในลักษณะของสาหร่ายสด สาหร่ายชนิดนี้จะค่อนข้างอ่อนไหวหรือมีปัญหากับแรงดันออสโมซิส (osmotic pressure) และอุณหภูมิต่ำ นั้นคือจะเสียสภาพได้ถ้าล้างด้วยน้ำประปาหรือการเก็บในตู้เย็น (Kudaka et al., 2008)

องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายอาจแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญเติบโต (Ito and Hori 1989) เมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายชนิดอื่นจะพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นจะมีปริมาณโปรตีนหยาบ สูงกว่าสาหร่ายสีน้ำตาลบางชนิด เช่น *Himanthalia elongate* (7.49%) และ *Laminaria ochroleuca* (7.49%) (Sanchez-Machado et al., 2004) แต่ต่ำกว่าสาหร่ายสีแดง H. japonica และ H. charoides (18- 19%) (Wong and Cheung 2000) และ Porphyra sp. (24.11%) (Sanchez-Machado et al., 2004). ปริมาณของส่วนประกอบหลักของสาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*) แต่ละแหล่งจะแตกต่างไป โดยเมื่อเปรียบเทียบสาหร่ายจากแหล่งเพราะเลี้ยง 3 แหล่งคือ ประเทศไตหวัน (Nguyen et al., 2011) จากบ่อเพาะเลี้ยงของไทย (Ratana-arporn and Chirapart 2006) และจาก Sabah farm ของมาเลเซีย (Matanjun et al., 2009) พบว่าปริมาณความชื้นของสาหร่ายพวงองุ่นสด จากไตหวันมีค่าค่อนข้างสูงคือเท่ากับ 94.28 % ในขณะที่ปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 1.27% และ 3.67% ตามลำดับ เมื่อเทียบต่อน้ำหนักแห้ง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 64.00 % ซึ่งสูงกว่าการศึกษาในไทยและมาเลเซีย ซึ่งเท่ากับ 59.27% และ 38.66 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามปริมาณโปรตีนหยาบ ของสาหร่ายพวงองุ่นในไต้หวัน (9.26%) จะใกล้เคียงกับสาหร่ายในมาเลเซีย (10.41%) แต่ต่ำกว่าสาหร่ายในไทย (12.49 %) ในขณะที่ปริมาณเถ้าของสาหร่ายในไต้หวัน (22.20 %) จะใกล้เคียงกับสาหร่ายในไทย (24.21 %) แต่ต่ำกว่าสาหร่ายในมาเลเซีย (37.15%) ในขณะที่ปริมาณเถ้าของสาหร่าย *C. lentillifera* จากไต้หวันและประเทศไทยจะสอดคล้องกับสาหร่ายที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ (Mabeau et al., 1992; Mabeau and Fleurence 1993; Wong and Cheung 2000)

สำหรับคุณสมบัติในแง่ของสารต้านอนุมูลอิสระนั้น มีการค้นพบว่าสาหร่ายทะเลเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (Nagai and Yukimoto, 2003) โดยคุณสมบัติในการเป็น

สารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น degree of sulfation (DS) น้ำหนักโมเลกุล ตำแหน่งของหมู่ซัลเฟต ชนิดของน้ำตาล การแตกสาขาของไกลโคไซด์ (Melo et al., 2002) จากการศึกษาของ Qi et al. (2005) ซึ่งศึกษาผลของพอลิแซกคาไรด์ที่มีปริมาณซัลเฟตต่างๆกันในสาหร่าย *Ulva pertusa* (chorophyta) พบว่าเมื่อปริมาณของซัลเฟตในสาหร่ายเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นด้วย จากการศึกษาของ Matanjun et al. (2009) แสดงให้เห็นว่าพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ของสาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera*) ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยอาหารด้วยคุณลักษณะที่มีไขมันต่ำ ปริมาณเส้นใยอาหาร สูงของสาหร่ายพวงองุ่น แสดงให้เห็นว่าการบริโภคสาหร่ายพวงองุ่นจะทำให้ได้รับพลังงานที่ต่ำ และจะเป็นประโยชน์ในการป้องกันกลุ่มโรคเรื้อรัง (Chronic disease) เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง และโรคมะเร็ง เป็นต้น นอกจากนั้นสารสกัดจากสาหร่ายใน genus *Caulerpa* (Caulerpaceae) คือ *Caulerpa racemosa, C. racemosa* และ *Caulerpa lentillifera* ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogenic bacteria) และช่วยลดการอักเสบ (anti-inflammatory activity) (Nagappan and Vairappan, 2014)

ด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่ดีของสาหร่ายทำให้ปัจจุบันผู้บริโภคมีการบริโภคสาหร่ายเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งสาหร่ายพวงองุ่น โดยสาหร่ายพวงองุ่นนิยมบริโภคในลักษณะของสาหร่ายสด การบริโภคในลักษณะสดจึงควรให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยในการบริโภคด้วย ดังนั้นการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อหาแนวทางในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย ให้สาหร่ายที่บริโภคยังคงคุณค่าทางโภชนาการและมีความปลอดภัยในการบริโภคจึงมีความจำเป็น นอกจากนั้นข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการจัดการสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประทานสาหร่ายที่ดีต่อสุขภาพต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการต่างๆ ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบพื้นฐานได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และ เยื่อใย (crude fiber) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (กรมอนามัย, 2544)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 – (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เยื่อใย+เถ้า)

ปริมาณพลังงาน (energy) โดยวิธีการคำนวณ (กรมอนามัย, 2544)

โปรตีน ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 4 กิโลแคลอรี

ไขมัน ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 9 กิโลแคลอรี

คาร์โบไฮเดรค ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 4 กิโลแคลอรี

นำพลังงานที่ได้จากการคำนวณของสารอาหารทั้ง 3 ชนิดมารวมกัน จะเป็นพลังงานทั้งหมดของอาหารชนิดนั้น

ปริมาณวิตามิน ได้แก่ วิตามินเอ ตามวิธีของ DeVries et al. (1979) วิตามิน บี 2 ตามวิธีการของ Chen et al. (2006) และวิตามินซี ตามวิธีการของ Lakshanasomya (1998)

ปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ แร่ธาตุหลัก (Ca, Mg, Na, K) และแร่ธาตุรอง (Fe, Zn, Cu and Se) ตามวิธีการ ของ AOAC (2016)

กรดอะมิโน ตามวิธีการของ Sarwar et al. (1988).

ปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษ ตามวิธีการของ AOAC (2016)

2. การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของสาหร่าย

นำสาหร่ายจากบ่อเลี้ยงมาล้างด้วยน้ำทะเลกรอง 2 ครั้ง จากนั้นทำการเก็บรักษาตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยบรรจุในกล่องพลาสติกใส แล้วทำการสุ่มตัวอย่างวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ของสาหร่ายดังนี้

2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสี (pigment) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสี คือ ปริมาณคลอโรฟิล เอ (chlorophyll a, Ca) และ คลอโรฟิล บี (chlorophyll b, Cb) ในสาหร่ายพวงองุ่น ตามวิธีการของ Costache et al. (2012) โดยนำสาหร่ายมาชั่งน้ำหนัก จากนั้น

นำไปใส่ในตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ 95% diethyl ether, 90% methanol และ 100% acetone (1 กรัม/50 มิลลิลิตร) ทำการบดหยาบ ๆ ด้วยครกบด (mortar) จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายใสส่วนบนมาทำการวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 644, 645, 653, 662, 664 และ 666 นาโนเมตร (ขึ้นอยู่กับชนิดของสารสกัด) ทำการทดลอง 3 ครั้ง ปริมาณของสารสี (pigment) ในสาหร่ายคำนวณตามสูตรของ Lichtenthaler and Wellburn (1985) ดังนี้

สูตรสำหรับใช้ในการคำนวณสารสี (pigment)

S. No	Solvents	Formulae
1	Diethyl ether	Ca = 10.05 A662 – 0.766 A644
		Cb = 16.37 A664 – 3.140 A662
2.	Methanol	Ca = 15.65 A666 – 7.340 A653
		Cb = 27.05 A653 – 11.21 A666
3.	Acetone	Ca = 11.75 A662 – 2.350 A645
		Cb = 18.61 A645 – 3.960 A662

2.2 การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

2.2.1 การเตรียมสารสกัดจากสาหร่ายพวงองุ่น เตรียมตัวอย่างสาหร่ายสำหรับการสกัดโดยการนำสาหร่ายไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) จากนั้นนำมาสกัดตามวิธีการของ Oktay et al. (2003) โดยการนำสาหร่ายแห้งมา 5 กรัม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 60 นาที ทำการสกัดซ้ำ 4-5 ครั้ง จนกระทั่งสารสกัดมีสีจาง นำสารสกัดที่สกัดได้ทั้งหมดมารวมกันแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 จากนั้นนำไปประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C ความดัน 0.1 MPa ละลายสารสกัดด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95% เมื่อต้องการใช้ในการวิเคราะห์

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกโดยใช้วิธี Folin–Ciocalteu method ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977) โดยใช้สารสกัด 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีกับ Folin–Ciocalteu reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ทิ้งส่วนผสมเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร หลังจากวางในที่มืด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดรายงานผลในรูปของ mg gallic acid equivalent (GAE)/g น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

2.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric Reducing Antioxidant power, FRAP) วิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ตามวิธีการของ Benzie and Strain (1996) โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย FRAP reagent (เตรียมโดยผสมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Acetate buffer) pH 3.6 ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์, สารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ในHCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ และ สารละลาย Iron (III) chloride hexahydrat ($FeCl_3.6H_20$) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ โดยให้มีอัตราส่วนของอะซิเตตบัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย ($FeCl_3.6H_20$) เป็น 10 : 1 : 1 โดยปรับปริมาตรตามลำดับ ซึ่งต้องเตรียมใหม่ทุกวัน) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สารมาตรฐานที่ใช้คือกรดแกลลิก

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาโดยการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการของ Speck (1984)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 องค์ประกอบหลักของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว จากการศึกษาองค์ประกอบหลักของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 94.90 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 2.47 ปริมาณโปรตีน ร้อยละ 0.48 ปริมาณไขมัน ร้อยละ 0.04 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 2.10 ปริมาณกากหยาบ ร้อยละ 2.15 และพลังงาน 10.70 kcal/100 g สาหร่ายพวงองุ่นสดที่เพาะเลี้ยงในไต้หวันจากการศึกษาของ Nguyen et al. (2011) พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 94.28 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.27 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.53 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.09 คาร์โบไฮเดรต (ไม่รวมกากหยาบ) ร้อยละ 3.67 และ ปริมาณกากหยาบร้อยละ 0.17 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายอาจแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญเติบโต (Ito and Hori 1989)

1.2 กรดอะมิโน การศึกษาปริมาณกรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบหลักของสาหร่ายพวงองุ่นสดหลังการเก็บเกี่ยว

องค์ประกอบหลัก	ปริมาณ
ความชื้น (g/100g)	94.90 ± 0.01
เถ้า (g/100g)	2.47 ± 0.04
โปรตีน (g/100g)	0.48 ± 0.01
ไขมัน (Crude Fat) (g/100g)	0.04 ± 0.00
คาร์โบไฮเดรต (g/100g) (ไม่รวมเยื่อใย)	2.10 ± 0.02
กากหยาบ (Crude fiber) (g/100g)	2.15 ± 0.01
พลังงาน (kcal/100g)	10.70 ± 0.06

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว

Amino acid	ปริมาณ (mg/100 g Wet weight)[1]	ปริมาณ (mg/100 mg Dry weight)[2]
Essential amino acid		
Arginine	251.94 ± 12.86	4.50 ± 0.23
Aspartic acid	76.29 ± 1.66	1.36 ± 0.03
Cystine	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Histidine	30.77 ± 0.39	0.55 ± 0.01
Hydroxysine	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Hydroxyproline	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Isoleucine	30.44 ± 0.17	0.54 ± 0.00
Leucine	12.99 ± 0.71	0.23 ± 0.01
Lysine	104.28 ± 0.49	1.86 ± 0.01
Methionine	128.06 ± 0.71	2.29 ± 0.01
Phenylalanine	30.55 ± 1.10	0.55 ± 0.02
Threonine	26.59 ± 2.48	0.48 ± 0.04
Tryptophan	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Valine	4.45 ± 1.38	0.08 ± 0.02
Cysteine	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Glutamine	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว (ต่อ)

Amino acid	ปริมาณ (mg/100 g Wet weight)[1]	ปริมาณ (mg/100 mg Dry weight)[2]
Non-essential amino acid		
Asparagine	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Serine	70.55 ± 2.43	1.26 ± 0.04
Glutamic acid	16.78 ± 2.63	0.30 ± 0.05
Glycine	43.34 ± 1.41	0.77 ± 0.03
Alanine	11.54 ± 1.83	0.21 ± 0.03
Proline	5.63 ± 0.35	0.10 ± 0.01
Tyrosine	7.18 ± 0.54	0.13 ± 0.01
Total	**851.34 ± 58.81**	**15.22 ± 1.05**

หมายเหตุ: [1] ค่าจากการวิเคราะห์

[2] ค่าจากการคำนวณจากค่าความชื้นร้อยละ 94.90

การแบ่งชนิดของกรดอะมิโนในครั้งนี้แบ่งตาม deMan (1999) จากการศึกษาปริมาณกรดอะมิโนในสาหร่ายพวงองุ่น (ตารางที่ 1) พบว่ากรดอะมิโนที่พบมากที่สุดคือ อาร์จินีน (251.94 มก./100 กรัมสาหร่ายสด หรือ 4.50 มก./100 มก. น้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ เมทไทโอนีน (128.06 มก./100 กรัมสาหร่ายสด หรือ 2.29 มก./100 มก. น้ำหนักแห้ง) และไลซีน (104.28 มก./100 กรัมสาหร่ายสด หรือ 1.86 มก./100 มก. น้ำหนักแห้ง) ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดเท่ากับ 851.34 ± 58.81 มก./100 กรัมสาหร่ายสด หรือ 15.22 มก./100 มก. น้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะมิโนในสาหร่ายชนิดอื่นๆ คือ *G. domingensis*, *G. birdiae*, *L. filiformis* และ *L. intricate* พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 7.6, 9.1, 11.3 และ 6.7 มก./100 มก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Gressler et al., 2010) สำหรับ non-essential amino acids บางชนิดเช่น aspartic และ glutamic acids จะมีคุณสมบัติเป็นสารให้กลิ่นรสและสารให้รสพิเศษ (special flavour and taste) แก่สาหร่าย (Mabeau et al., 1992) กรดอะมิโนที่พบมากที่สุดในการศึกษาในสาหร่ายพวงองุ่นในครั้งนี้คือ อาร์จินีน ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับสาหร่าย *Ulva pertusa* จากการศึกษาของ Takagi and Kuriyama (1959)

1.3 แร่ธาตุและวิตามิน การศึกษาปริมาณแร่ธาตุและวิตามินของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว

รายการ	ปริมาณ	LOD
Calcium (g/100g)	0.048 ± 0.002	0.002
Iron (mg/kg)	1.682 ± 0.030	0.030
Magnesium (g/100g)	0.086 ± 0.001	0.001
Potassium (g/100g)	0.043 ± 0.001	0.001
Selenium (mg/kg)	0.681 ± 0.012	0.012
Sodium (g/100g)	0.840 ± 0.000	0.000
Riboflavin (B2) (mg/100g)	0.021 ± 0.001	0.001
Vitamin C (mg/100g)	ND	0.150
Vitamin A (μg/100g)	0.000 ± 0.000	-

หมายเหตุ: ND = not detected

ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยวที่ทำการศึกษา 9 ชนิด (ตารางที่ 5) พบแคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม โปแตสเซียม ซีลีเนียม โซเดียม วิตามินบี 2 วิตามินซี และวิตามินเอ แต่ไม่พบวิตามินซี และวิตามินเอ ซึ่งปริมาณโซเดียมที่พบอาจค่อนข้างสูง ซึ่งส่วนหนึ่งอาจมาจากน้ำที่ใช้ล้าง เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้ไม่สามารถล้างด้วยน้ำจืดเพราะจะทำให้สาหร่ายฝ่อ แร่ธาตุเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในสาหร่ายพวงองุ่น (Paul and de Nys, 2008) ซึ่งแร่ธาตุที่มีมากมีทั้งสารอาหารรองที่ไม่ให้พลังงานและร่างกายต้องการในปริมาณที่น้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ (micronutrients) และ แร่ธาตุที่พบน้อยแต่จำเป็น (essential trace elements) ซึ่งสามารถพบในระดับที่เป็นไปตาม daily requirement (Peña-Rodriguez et al., 2011)

1.4 สารปนเปื้อน การศึกษาปริมาณสารปนเปื้อนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณสารปนเปื้อนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว

รายการ	ปริมาณ	LOD	ข้อกำหนด
แคดเมี่ยม (mg/kg)	0.042 ± 0.002	0.001	ไม่เกิน 3 mg/kg
ทองแดง (mg/kg)	ND	0.122	ไม่เกิน 20 mg/kg
สังกะสี (mg/kg)	<0.636	0.219	ไม่เกิน 100 mg/kg
ตะกั่ว (mg/kg)	<0.050	0.018	ไม่เกิน 1 mg/kg

หมายเหตุ: ND = not detected

จากการศึกษาปริมาณสารปนเปื้อนของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) พบว่า แคดเมี่ยม มีปริมาณ 0.042 mg/kg ตรวจไม่พบทองแดง ส่วนสังกะสีและตะกั่วมีปริมาณน้อยกว่า 0.636 และ 0.050 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งสารปนเปื้อนทุกตัวที่ทำการศึกษามีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (กระทรวงสาธารณสุข, 2529) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 273 (กระทรวงสาธารณสุข, 2546)

2. การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของสาหร่าย

2.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสี (pigment) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสี คือ ปริมาณคลอโรฟิล เอ (chlorophyll a) และ คลอโรฟิล บี (chlorophyll b) ในสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว 10 วัน ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 7

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสี (pigment) ของสาหร่ายพวงองุ่น โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Ca) และ คลอโรฟิลล์บี (Cb) หลังการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Ca) และ คลอโรฟิลล์บี (Cb) ของสาหร่ายพวงองุ่นมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสารสีดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาสาหร่ายไว้ที่อุณหภูมิห้อง สาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะที่ขาวใสของเม็ดสาหร่ายเพิ่มมากขึ้น ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังนั้นปริมาณสารสีในสาหร่ายจึงลดลง สำหรับคลอโรฟิลล์นั้นมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง (Ferruzzi et al., 2002; Ortega-Calvo et al., 1993) นอกจากนั้นคลอโรฟิลล์มีการนำมาใช้เป็นสารให้สีจากสารธรรมชาติ (natural color) ในอาหารและทางเภสัชกรรม (Rangel-Yagui et al., 2004) โดยในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในตัวทำละลายสามชนิด เพื่อยืนยันผลให้ชัดขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Ca) และ คลอโรฟิลล์บี (Cb) ของสาหร่ายพวงองุ่น หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

ตัวทำละลาย	วันที่	ปริมาณ (มิลลิกรัม/100กรัมตัวอย่างสด)	
		Ca	Cb
Diethyl ether	0	4.862 ± 0.298[a]	6.688 ± 0.668[a]
	2	4.458 ± 0.107[b]	5.949 ± 0.156[b]
	4	4.293 ± 0.072[b]	5.742 ± 0.081[b]
	6	4.158 ± 0.117[bc]	5.602 ± 0.052[bc]
	8	3.963 ± 0.072[cd]	5.039 ± 0.190[c]
	10	3.396 ± 0.015[d]	4.995 ± 0.130[c]
Methanol	0	2.251 ± 0.087[a]	2.290 ± 0.081[a]
	2	1.808 ± 0.470[b]	2.461 ± 0.879[ab]
	4	1.739 ± 0.122[b]	1.943 ± 0.043[bc]
	6	1.576 ± 0.029[b]	1.802 ± 0.051[bc]
	8	1.231 ± 0.364[b]	1.687 ± 0.039[bc]
	10	1.145 ± 0.314[b]	1.479 ± 0.015[d]
Acetone	0	4.554 ± 1.235[a]	5.173 ± 1.943[a]
	2	4.001 ± 0.160[ab]	3.463 ± 0.144[ab]
	4	3.629 ± 0.317[ab]	2.890 ± 0.840[b]
	6	3.571 ± 0.284[ab]	2.547 ± 0.840[b]
	8	3.466 ± 0193[ab]	2.083 ± 0.644[b]
	10	3.160 ± 0.143[b]	1.701 ± 0.496[b]

หมายเหตุ – อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละตัวทำละลาย แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของสาหร่ายพวงองุ่น โดยทำการเก็บรักษาตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างวันที่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บรักษา เป็นเวลา 10 วัน

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(โคโลนี/กรัม)
0	6.3×10^2
2	7.6×10^2
4	8.4×10^2
6	1.77×10^3
8	1.32×10^5
10	2.43×10^6

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางจุลินทรีย์ของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที กรณีผัก ผลไม้ สลัด ส้มตำ กำหนดจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนี/กรัม จำนวนราน้อยกว่า 500 โคโลนี/กรัม จำนวนยีสต์น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนี/กรัม *Escherichia coli* ค่า MPN ต่อกรัมน้อยกว่า 100 *Staphylo-coccus aureus* ต่อกรัมน้อยกว่า 100 *Salmonella spp.* ต่อ 25 กรัม ต้องไม่พบ และ *Listeria monocytogenes* ต่อ 25 กรัม ต้องไม่พบ จากผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด หลังการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยเริ่มต้นมีปริมาณ 6.3×10^2 โคโลนี/กรัม หลังจากเก็บไว้เป็นระยะเวลา 8 วัน ปริมาณจุลินทรีย์

เพิ่มขึ้นเป็น 1.32×10^5 โคโลนี/กรัม ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 2.43×10^6 โคโลนี/กรัม ซึ่งเริ่มมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1×10^6 โคโลนี/กรัม

Kudaka et al. (2008) ได้ศึกษาการปนเปื้อน *V. parahaemolyticus* ในสาหร่ายพวงองุ่นพบว่าการปนเปื้อนของ *V. parahaemolyticus* ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตนั้น มีการปนเปื้อนในน้ำทะเลร้อยละ 56 ปนเปื้อนในกล้าพันธุ์ร้อยละ 25 และปนเปื้อนในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ร้อยละ 18.8 และเสนอแนวทางแก้ไขโดยต้องควบคุมให้กระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนปลอดเชื้อที่สุด สำหรับข้อเสนอแนะจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) หลังการเก็บเกี่ยวในครั้งนี้แนะนำให้มีการล้างสาหร่ายด้วยน้ำทะเลกรองหลายๆครั้งเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น โดยความสะอาดของน้ำทะเลกรองก็มีผลต่อการล้าง โดยการกรองด้วยผ้ากรองที่มีความละเอียดสูงก็จะทำให้ได้น้ำทะเลกรองที่สะอาดมากขึ้น การล้างสาหร่ายก็จะสะอาดมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีการล้างด้วยน้ำทะเลกรองสองครั้งสามารถเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิห้องได้ประมาณหนึ่งสัปดาห์ เพื่อให้สาหร่ายยังคงมีความปลอดภัยทางจุลชีววิทยา

2.3 การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ การเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 10 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg gallic acid/100 g DW)	ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (mg gallic acid/100 g DW)
0	63.25 ± 3.61^{a}	31.59 ± 5.31^{a}
2	63.24 ± 5.25^{a}	27.83 ± 5.58^{b}
4	61.54 ± 2.88^{ab}	32.50 ± 6.37^{a}
6	49.44 ± 3.96^{c}	26.60 ± 5.41^{b}
8	53.71 ± 5.48^{bc}	27.06 ± 3.73^{b}
10	61.31 ± 4.84^{ab}	26.44 ± 3.65^{b}

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 5) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีแนวโน้มลดลง แต่ลดลงไม่มากนักในระยะเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน การให้ผลที่แตกต่างกันของสองพารามิเตอร์นี้ อาจเนื่องจาก การวิเคราะห์แบบ FRAP หลักการวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์จากการส่งผ่านอิเล็กตรอนเดี่ยว (electron transfer) ไม่ใช่หลักการส่งผ่านอะตอมไฮโดรเจน (hydrogen atom transfer) (โอภา, 2549) ในขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระจำพวกที่มีโครงสร้างฟีนอลมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนทำให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา และมาลีรักษ์, 2549) โดยปกติสภาพของสาหร่ายทะเลซึ่งอยู่ในสภาพที่เปิดมีโอกาสที่แสงจะรวมกับออกซิเจนได้แล้วทำให้เกิดอนุมูลอิสระและ strong oxidizing agents ตัวอื่นๆ (Dykens et al., 1992; Namiki, 1990) แต่ไม่ปรากฏสภาพของความเสื่อมเสียเนื่องจากออกซิเดชัน (oxidative damage) ในโครงสร้างของ polyunsaturated fatty acids ในสาหร่าย (Matsukawa et al., 1997) และความคงทนต่อสภาวะออกซิเดชันตลอดการเก็บรักษา (Ramarathnam et al., 1995) แสดงว่าสาหร่ายมีระบบป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ (Jiménez-Escrig et al., 2001)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำการศึกษามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี และปลอดภัยจากสารปนเปื้อน เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วันหลังการเก็บเกี่ยว ปริมาณสารสีมีปริมาณลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมี

แนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยเริ่มเกินเกณฑ์ที่กำหนดในวันที่ 10 ซึ่งสาหร่ายที่ทำการศึกษาโดยเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วันในครั้งนี้ผ่านการล้างด้วยน้ำทะเลกรอง 2 ครั้ง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปัจจัยดังกล่าว จึงไม่ควรเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นมากกว่า 1 สัปดาห์ เพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยทางจุลชีววิทยา แต่หากต้องการเก็บรักษานานกว่านี้ การล้างสาหร่ายด้วยน้ำทะเลกรองหลายครั้งเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น หรือกรองน้ำทะเลให้สะอาดมากขึ้น อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับทุนอุดหนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2529). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ

กระทรวงสาธารณสุข. (2546). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 273) พ.ศ.2546 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (ฉบับที่ 2). กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2553). เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารใหม่ (ฉบับที่ 2). กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข

กรมอนามัย. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข นนทบุรี. หน้า 6-7.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี. (มปป). การเพาะเลี้ยงและแปรรูปสาหร่ายพวงองุ่น. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี. กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. กรมประมง. หน้า 5.

โอภา วัชระคุปต์. (2549). ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุลโดยอนุมูลอิสระและดัชนีชี้วัด. นนทบุรี: พี เอส พรินท์. หน้า 44-74.

โอภา วัชระคุปต์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. (2549). สารต้านอนุมูลสังเคราะห์. นนทบุรี: พี เอส พรินท์. หน้า 75-86.

AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of AOAC International 19th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International.

AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International 20th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytical biochemistry 239(1): 74-76.

Chamchareon, M., Riggy, M. and Waekaijk, A. (2017). Different fertilizer kinds on growth of sea grapes (*Caulerpa lentillifera*). International fisheries symposium – IFS 2017. November 07-09, 2017. Batu city, Indonesia.

Chen, Z., Chen, B. and Yao, S. (2006). High-performance liquid chromatography/electrospray ionization-mass spectrometry for simultaneous determination of taurine and 10 water-soluble vitamins in multivitamin tablets. Analytica Chimica Acta 569(1–2): 169-175

Costache, M.A., Campeanu, G. and Neata, G. (2012). Studies concerning the extraction of chlorophyll and total carotenoids from Vegetables. Romanian Biotechnological Letters 17(5): 7702-7708.

deMan, J.M. (1999). Principle of food chemistry, 3rd ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., p. 139.

DeVries, J.w., Egberg, D.C. and Heroff, J.C. (1979). Concurrent Analysis of Vitamin A and Vitamin E by Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography. pp. 477-498. In Charalambous, G., ed. Liquid Chromatographic Analysis of Food and Beverages. Volume 2. New York: Academic Press, Inc.

Dykens, J.A., Shick, J.M., Benoit, C., Buettner, G.R. and Winston, G.W. (1992). Oxygen radical production in the sea anemone Anthopleura elegantissima and its endosymbiotic algae. Journal of Experimental Biology 168: 219–241.

Ferruzzi, M.G., Bohm, V., Courtney, P.D. and Schwartz, S.J. (2002). Antioxidant and antimutagenic activity of dietary chlorophyll derivatives determined by radical scavenging and bacterial reverse mutagenesis assays. Journal of Food Science 67: 2589–2595.

Gressler, V., Yokoya, N. S., Fujii, M.T., Colepicolo, P., Filho, J.M., Torres, R.P. and Pinto, E. (2010). Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. Food Chemistry 120: 585–590.

Ito, K. and Hori, K. (1989). Seaweed: chemical composition and potential food uses. Food Reviews International 5(1): 101–144.

Jiménez-Escrig, A., Jiménez-Jiménez, I., Pulido, R. and Saura-Calixto, F. (2001). Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 530–534.

Kudaka, J., Itokazu, K., Taira, K., Nidaira, M., Okano, S., Nakamura, M., Iwanaga, S., Tominaga, M. and Ohno, A. (2008). Investigation and culture of microbial contaminants of *Caulerpa lentillifera* (Sea Grape). Journal of the Food Hygienic Society of Japan 49(1): 11-15.

Lakshanasomya, N. (1998). Determination on vitamin C in some kinds of food by HPLC. Bulletin of the Department of Medical Science 40 (3) : 347-357.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. (1985). Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in dissolved solvents. Biochemical Society Transactions 11:591-592.

Mabeau, S., Cavaloc, E., Fleurence, J. and Lahaye, M. (1992). New seaweed based ingredients for the food industry. International Food Ingredients 3: 38–45.

Mabeau, S. and Fleurence, J. (1993). Seaweed in food products: bio-chemical and nutritional aspects. Trends in Food Science & Technology 4(4): 103–107.

Mary, A., Mary, V., Lorella, A. and Matias, J.R. (2009). Rediscovery of naturally occurring seagrape *Caulerpa lentillifera* from the Gulf of Mannar and its mariculture. Current Science 97: 1418–1420.

Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T., Chihara, M, Yamamoto, Y., Niki, E. and Karube, I. (1997). A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. Journal of Applied Phycology 9: 29–35.

Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. and Muhammad, K. (2009). Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. Journal of Applied Phycology 21: 75–80.

Melo M. R. S., Feitosa, J. P. A., Freitas, A. L. P. and de Paula, R. C. M. (2002). Isolation and characterization of soluble sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria cornea*. Carbohydrate Polymers 49: 491-498.

Nagai, T and Yukimoto, T. (2003). Preparation and functional properties of beverages made from sea algae. Food Chemistry 81: 327-332.

Nagappan, T and Vairappan, C.S. (2014). Nutritional and bioactive properties of three edible species of green algae, genus *Caulerpa* (Caulerpaceae). Journal of Applied Physiology 26: 1019–1027.

Namiki, M. (1990). Antioxidants/antimutagens in food. Critical reviews in food science and nutrition 29: 273–300.

Nguyen, V.T., Ueng, J.P. and Tsai, G.J. (2011). Proximate composition, total phenolic content, and antioxidant activity of Seagrape (*Caulerpa lentillifera*). Journal of Food Science 76(7): C950-C958.

Ortega-Calvo, J.J., Mazuelos, C., Hermosin, B. and Saizjimenez, C. (1993). Chemical composition of *Spirulina* and eukaryotic algae food products marketed in Spain. Journal of Applied Phycology 5: 425–435.

Oktay, M., Gulcin, I. and Irfan Kufrevioglu, O. (2003). Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie 36: 263–271.

Paul, N.A., and de Nys, R. (2008). Promise and pitfalls of locally abundant seaweeds as biofilters for integrated aquaculture. Aquaculture 281: 49–55.

Peña-Rodriguez, A., Mawhinney, T.P., Ricque-Marie, D. and Cruz-Suarez, L.E. (2011). Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrate* (Roth) C. Agardh. Food Chemistry 129: 491–498.

Qi, H., Zhang, Q., Zhao, T. Chen, R., Zhang, H., Niu, X. and Li, Z. (2005). Antioxidant activity of different sulfate content derivatives of polysaccharide extracted from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) in vitro. International Journal of Biological Macromolecules 37: 195-199.

Ramarathnam, N., Osawa, T., Ochi, H. and Kawakishi, S. (1995). The contribution of plant food antioxidants to human health. Trends in Food Science & Technology 6: 75–82.

Rangel-Yagui, C.D., Danesi, E.D.G., de Carvalho, J.C.M. and Sato, S. (2004). Chlorophyll production from *Spirulina platensis*: cultivation with urea addition by fed-batch process. Bioresource Technology 92: 133–141.

Ratana-Arporn, P. and Chirapart, A. (2006). Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulate*. Kasetsart Journal (Natural Science) 40 (Suppl): 75–83.

Sanchez-Machado, D.I., López -Cervantes, J., López -Hernandez, J. and Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total

lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chemistry 85: 439–44.

Sarwar, G., Botting, H.G. and Peace, R.W. (1988). Complete amino acid analysis in hydrolysates of foods and feces by liquid chromatography of precolumn phenylisothio-cyanate derivatives. Journal Association of Official Analytical Chemistry 71(6): 1172-1175.

Slinkard, K. and Singleton, V, L. (1977). Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture 28: 49–55.

Speck, M.L. (1984). Compendium of method for the microbiological examination of food. In American Public Health Association (Wick, D.C.). Washington: Academic Press. pp. 1707-1709.

Takagi, M. and Kuriyama, M. (1959). Chemical study on marine algae: XII. The Free Amino Acids in Several Species of Marine Algae. Bulletin of Fisheries Sciences, Hokkaido University 10(1): 72-76.

Wong, K.H. and Cheung, P.C.K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. Food Chemistry 71: 475–482.

❑❑❑❑❑