

## คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของสาหร่ายทะเล

### Nutritional Evaluation and Antibacterial Activity of Seaweeds

มนต์สรวง ยางทอง<sup>1</sup> และจำเริญศรี ธารสุวรรณ<sup>2</sup>

Monsuang Yangthong and Jumroensri Thawonsuwan

<sup>1</sup>หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมงและทรัพยากรทางน้ำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร 86160

<sup>2</sup>สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำชายฝั่ง จ. สงขลา 90100

<sup>1</sup>Program of Fishery Sciences and Aquatic Resources, Disciplines of Technology Agriculture.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province, 86160

<sup>2</sup>Coastal Aquatic Animal Health Research Institute, Department of Fisheries, Songkhla, 90100.

Corresponding author: ymonsuang@hotmail.co.th

### บทคัดย่อ

การทดลองนี้ต้องการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุของสาหร่ายทะเล และหาปริมาณฟีนอลิกโดยรวมและฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของสารสกัดแห้งจากสาหร่ายทะเล 6 ชนิด ได้แก่ *Brachytrichia quoyi*, *Dictyota ciliolata*, *Padina minor*, *Turbinaria conoides*, *Turbinaria decurens* และ *Turbinaria ornata* ที่เก็บจากหาดบ่อเมา จังหวัดชุมพร ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม 2557 พบว่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยของสาหร่ายทะเลมีความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) โดยสาหร่าย *B. quoyi* มีปริมาณความชื้น ( $10.47 \pm 0.04$ ) และโปรตีนสูงที่สุด ( $14.71 \pm 0.06\%$ ) แต่มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด ( $0.82 \pm 0.01\%$ ) สาหร่าย *P. minor* มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด ( $32.38 \pm 0.07\%$ ) และสาหร่าย *D. ciliolata* มีปริมาณไขมันสูงที่สุด ( $9.54 \pm 0.10\%$ ) ขณะที่สาหร่าย *P. minor*, *T. ornata* และ *D. ciliolata* มีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด ( $12.66 \pm 0.35$ ,  $12.54 \pm 0.28$  และ  $11.93 \pm 0.66\%$ ) ปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม ( $9.37 \pm 0.08 - 1.45 \pm 0.01\%$ ) ฟอสฟอรัส ( $0.15 \pm 0.00 - 0.05 \pm 0.01\%$ ) โพแทสเซียม ( $9.46 \pm 0.04 - 0.25 \pm 0.01\%$ ) แมกนีเซียม ( $0.96 \pm 0.01 - 0.60 \pm 0.01\%$ ) และโซเดียม ( $1.14 \pm 0.01 - 0.25 \pm 0.01\%$ ) มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบปริมาณมากที่สุดในสาหร่ายทะเลทุกชนิดยกเว้นในสาหร่าย *T. decurens* และ *T. ornata* ขณะที่ฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่พบปริมาณน้อยที่สุดในสาหร่ายทะเลทุกชนิด ผลของฟีนอลิกโดยรวมจากสารสกัดแห้งจากสาหร่ายทะเลพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.01$ ) โดยสารสกัดแห้งจาก *T. conoides* มีฟีนอลิกสูงที่สุด ( $3.14 \pm 0.04$  mg/g น้ำหนักแห้ง) และผลของการต้านแบคทีเรียพบว่าสารสกัดแห้งจากสาหร่ายทะเลทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Vibrio damsela*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio alginolyticus*, และ *Escherichia coli* ได้ ดังนั้นสาหร่ายทะเลมีศักยภาพ สำหรับใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้

**คำสำคัญ :** การต้านแบคทีเรีย, สาหร่ายทะเล, ฟีนอลิก, องค์ประกอบทางเคมี, แร่ธาตุ

### Abstract

The chemical composition, minerals, total phenolic content (TPC) and antibacterial activity of whiskey extracts of six seaweeds namely *Brachytrichia quoyi*, *Dictyota ciliolata*, *Padina minor*, *Turbinaria conoides*, *Turbinaria decurens* and *Turbinaria ornata* from Bo Mao beach, Chumphon Province which were collected during the period February to May 2014 were investigated. The results showed that moisture, ash, protein, lipid and fiber of seaweeds were significantly different ( $p < 0.01$ ). The highest protein ( $10.47 \pm 0.04$ ) moisture content ( $14.71 \pm 0.06\%$ ) and the lowest lipid composition ( $0.82 \pm 0.01\%$ ) were observed in *B. quoyi*. The highest ash ( $32.38 \pm 0.07\%$ ), lipid ( $9.54 \pm 0.10\%$ ) were in *P. minor*, *D. ciliolata* and the highest fiber content ( $12.66 \pm 0.35$ ,  $12.54 \pm 0.28$  and  $11.93 \pm 0.66\%$ ) were found in *P. minor*, *T. ornata* and *D. ciliolata* respectively. Calcium ( $9.37 \pm 0.08 - 1.45 \pm 0.01\%$ ), phosphorus ( $0.15 \pm 0.00 - 0.05 \pm 0.01\%$ ) potassium ( $9.46 \pm 0.04 - 0.25 \pm 0.01\%$ ) magnesium ( $0.96 \pm 0.01 - 0.60 \pm 0.01\%$ ) and sodium ( $1.14 \pm 0.01 - 0.25 \pm 0.01\%$ ) were significantly different ( $p < 0.01$ ) among species. Calcium was the most common mineral in every type of seaweeds except *T. decurens* and *T. ornata* while phosphorus was the lowest mineral in all kinds of seaweeds. TPC of seaweed was significantly different ( $p < 0.01$ ) among species. The whiskey extracts from *T. conoides* were the highest TPC ( $3.14 \pm 0.04$  mg/g DW). Antibacterial activity of whiskey extracts from all kinds of seaweeds can inhibit the growth of bacteria (*Vibrio damsela*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio alginolyticus*, and *Escherichia coli*). Thus, seaweeds had a potential to be of raw materials for animal feed.

**Keywords** : antibacterial, seaweed, phenolic, chemical composition, mineral

### บทนำ

โรคติดเชื้อแบคทีเรียเป็นโรคหนึ่งซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่ธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลก (Smith, 2011; FAO, 2013) ในอดีตสามารถเฝ้าระวังรักษา ด้วยสารเคมี และยาปฏิชีวนะ ปัจจุบันสารเหล่านี้ได้กลายเป็นความกังวลต่อผู้บริโภคและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาการของความต้านทานยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์น้ำ อาจจะมีการถ่ายโอนไปยังเชื้อโรคของมนุษย์ (Winton, 2001) การใช้สารธรรมชาติที่ได้รับการยอมรับว่ามีศักยภาพ เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ คือ สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เป็นหนึ่งในสารธรรมชาติ ที่ได้รับการยอมรับว่ามี คุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรีย (Pierre *et al.*, 2011; Priyadharshini *et al.*, 2012) แต่ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดจากสาหร่ายทะเลจะแตกต่างกัน สาเหตุมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของสาหร่าย แหล่งที่เก็บ ชนิดของสารละลาย (Ahmed *et al.*, 2012)

สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ (macroalgae) จัดเป็นพืชชั้นต่ำ ซึ่งไม่มีระบบราก ใบ และระบบการลำเลียงน้ำ และสารอาหารที่แท้จริง อาศัยการดูดซึมโดยวิธีการแพร่ (osmosis) สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) สาหร่ายสีแดง (red algae) สาหร่ายสีเขียว (green algae) และสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) สาหร่ายแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันตามชนิดของรงค

วัตถุ สาหร่ายแต่ละกลุ่มมีการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ทั้งการใช้เป็นอาหารโดยตรงสำหรับมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากสาหร่ายมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งแหล่งของแร่ธาตุ วิตามิน กรดอะมิโน กรดไขมัน และอื่นๆ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ประโยชน์และในรูปแบบของสารสกัดซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ มากมาย สารประกอบจากสาหร่ายทะเล (bioactive compound) ได้รับการยอมรับว่ามีคุณสมบัติที่ดีในด้านต่างๆ ด้านเชื้อแบคทีเรียเชื้อไวรัส การต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ลดความดันโลหิต ช่วยสลายลิ่มเลือด ด้านสารก่อมะเร็ง (Chew *et al.*, 2008; Yangthong *et al.*, 2009) และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Chiu *et al.*, 2008; Yangthong *et al.*, 2012) สารประกอบจากสาหร่ายทะเล ได้แก่ แชนทีน แอสตาแซนทีน แคโรทีนอยด์ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ คีทีซิน โพลีโรแทนนิน โบโรโมฟินอล อัลแวน (ulvan) สารประกอบพอลิฟีนอล ในสาหร่ายสีน้ำตาลมักถูกเรียกว่า โพลีโรแทนนิน (Nakai *et al.*, 2006) ส่วนในสาหร่ายสีแดงจะถูกเรียกว่า โบโรโมฟินอล (Li *et al.*, 2007) สารในกลุ่มฟีนอล คือ สารประกอบที่มีวงแหวน (aromatic ring) และกลุ่มไฮดรอกซิลและรวมไปถึงอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอลซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่เคมีต่างๆ จำแนกตาม โครงสร้าง (จำนวนของวงแหวนฟีนอลและองค์ประกอบอื่นของโครงสร้างที่เชื่อมวงแหวน) แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ไดเฟอรูโลอิลมีเทน (diferuloylmethane) สติลเบิน (stilbenes) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acids) และแทนนิน (tannins) (Weerawatanakorn, 2013) โดยกรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ (Atanassova *et al.*, 2011) การสกัดด้วยสารละลายเมทานอล ให้ปริมาณของกรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ สูงกว่าการสกัดด้วย เฮกแซน คลอโรฟอร์ม เอธิลอะซิเตรท บิวทานอล และน้ำ (Ahmed *et al.*, 2012) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการหาคุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณแร่ธาตุของสาหร่ายทะเล ปริมาณฟีนอลิกโดยรวมจากสารสกัดจากสาหร่ายทะเล และศึกษาหาความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเก็บตัวอย่างสาหร่าย

เก็บตัวอย่างสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่บริเวณชายหาดบ่อเมา อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม 2557 จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ *Brachytrichia quoyi*, *Dictyota ciliolata*, *Padina minor*, *Turbinaria conoides*, *Turbinaria decurens* และ *Turbinaria ornate* ตัวอย่างสาหร่ายทะเลที่เก็บรวบรวมได้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บเป็นตัวอย่างแห้ง (herbarium specimens) เพื่อใช้จำแนกชนิดและส่วนที่สองนำสาหร่ายทะเลล้างทำความสะอาดด้วยน้ำจืดเพื่อกำจัดสิ่งต่างๆ ที่เกาะติด (epiphytes) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และนำมาบดให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับการสกัดและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

### การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายทะเล

นำสาหร่ายที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน ไขมันและเยื่อใย ตามวิธีการของ (AOAC, 1999) การวิเคราะห์แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยวิธี atomic absorption spectrophotometric method (AOAC, 1990) โพแทสเซียมและโซเดียม โดยวิธี flame photometric method (AOAC, 1990) และฟอสฟอรัส โดยวิธี spectrophotometric method (AOAC, 1990)

### การเตรียมสารสกัดจากสาหร่ายทะเล

นำตัวอย่างสาหร่ายทะเลล้างทำความสะอาดด้วยน้ำจืด กำจัดสิ่งต่างๆ ที่เกาะติด (epiphytes) ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และนำมาบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำสาหร่ายที่บดละเอียดแล้วมาสกัดด้วยเหล้าขาว (เอทานอลเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์) โดยวิธีหมัก (maceration) เป็นเวลา 10 วัน โดยใช้สาหร่าย 10 กรัมต่อเหล้าขาว 100 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้จากการสกัดถูกกรองผ่านผ้ากรองขนาด 200 ไมครอน เพื่อใช้สำหรับการหาปริมาณฟีนอลิกและทดสอบฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย

### การหาปริมาณฟีนอลิกโดยรวม (Total phenolic content)

หาปริมาณฟีนอลิกดัดแปลงจากวิธีการของ Veliloglu *et al.* (1998) โดยทำปฏิกิริยาใน microtiter 96-well plate ดำเนินการดังนี้ นำสารละลายของสารสกัดสาหร่ายปริมาณ 10 ไมโครลิตร เติมสารละลาย folin-ciocalteu (อัตราส่วน 1:9 ของ folin-ciocalteu reagent : น้ำกลั่น) ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมโบคาร์บอเนต (60 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร เทียบกับ blank ซึ่งใช้น้ำแทนสารสกัด หาปริมาณฟีนอลในสารสกัดโดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลายกรดแทนนิก (tannic acid) ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0-1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

### การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากสาหร่าย

ตรวจวัดค่าความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยวิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธี broth microdilution test ของ Torrungruang *et al.* (2007) โดยนำเชื้อแบคทีเรีย 6 ชนิด ได้แก่ *V. damsela*, *V. parahemolyticus*, *V. harveyi*, *V. vulnificus*, *Vibrio alginolyticus* และ *Escherichia coli* ที่แยกบริสุทธิ์แล้ว จากสถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา มาเลี้ยงข้ามคืนในอาหาร Tryptic soy broth หลังจากนั้นทำการล้างเซลล์ด้วย 0.85% NaCl ก่อนจะปรับจำนวนให้ได้  $1 \times 10^5$  cells/ml เตรียมสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่างๆ (โดยเริ่มที่ความเข้มข้น 100% แล้วเจือจางลดความเข้มข้นลงทีละครึ่งแบบ 2-fold serial dilution) หยดลงในถาดหลุม (96 well) หลุมละ 100 ไมโครลิตร เติมแบคทีเรียซึ่งได้ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ (broth) 100 ไมโครลิตรลงในหลุม ทุกหลุม เขย่าให้ผสมกันดีแล้วเลี้ยงต่อในตู้อบเลี้ยงเชื้อ 5% CO<sub>2</sub> ที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยการศึกษาค้างครั้งนี้ใช้ ออกซิเตทตราซัยคลิน เป็นสารเปรียบเทียบ อ่านผลการเจริญเติบโตของเชื้อ สารสกัดสาหร่ายชนิดใดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ จะไม่มีตะกอนของเชื้อให้เห็น ความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียคือค่า minimum inhibition concentration (MIC)

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบค่าความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นนำไปทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range Test (Duncan, 1955)

## ผลการทดลอง

## คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายทะเล

ผลจากการทดลองคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และเยื่อใยของสาหร่ายทะเลทั้ง 6 ชนิด พบว่า สาหร่าย *B. quoyi* มีความชื้น และโปรตีนสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น ขณะที่ปริมาณเถ้าพบว่า สาหร่าย *P. minor* มีเถ้าสูงที่สุด ส่วนปริมาณไขมัน พบว่าสาหร่าย *D. ciliolata* มีไขมันสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น และปริมาณเยื่อใย พบว่าสาหร่าย *P. minor*, *T. ornata* และ *D. ciliolata* มีเยื่อใยสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1. Chemical composition of dried seaweeds.

	Percent				
	Moisture	Ash	Protein	Lipid	Fiber
<i>Brachytrichia quoyi</i>	10.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	15.46 ± 0.28 <sup>e</sup>	14.71 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>f</sup>	10.83 ± 0.37 <sup>b</sup>
<i>Dictyota ciliolata</i>	5.75 ± 0.12 <sup>e</sup>	29.68 ± 0.34 <sup>c</sup>	13.42 ± 0.09 <sup>b</sup>	9.54 ± 0.10 <sup>a</sup>	11.93 ± 0.66 <sup>a</sup>
<i>Padina minor</i>	6.42 ± 0.13 <sup>d</sup>	32.38 ± 0.07 <sup>a</sup>	8.73 ± 0.05 <sup>c</sup>	4.26 ± 0.13 <sup>c</sup>	12.66 ± 0.35 <sup>a</sup>
<i>Turbinaria conoides</i>	9.83 ± 0.08 <sup>b</sup>	13.32 ± 0.20 <sup>f</sup>	6.20 ± 0.24 <sup>d</sup>	3.40 ± 0.06 <sup>d</sup>	7.96 ± 0.71 <sup>c</sup>
<i>Turbinaria decurens</i>	9.17 ± 0.02 <sup>c</sup>	31.80 ± 0.05 <sup>b</sup>	6.12 ± 0.06 <sup>e</sup>	6.62 ± 0.19 <sup>b</sup>	8.46 ± 0.15 <sup>c</sup>
<i>Turbinaria ornata</i>	9.73 ± 0.02 <sup>b</sup>	19.20 ± 0.04 <sup>d</sup>	5.69 ± 0.17 <sup>f</sup>	2.27 ± 0.10 <sup>e</sup>	12.54 ± 0.28 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Mean ± standard deviation of three replications.

Means within each column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.01).

## ปริมาณแร่ธาตุของสาหร่ายทะเล

จากการทดลองหาปริมาณแร่ธาตุของสาหร่ายทะเล ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม พบว่าสาหร่าย *D. ciliolata* มีแคลเซียมสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น ขณะที่สาหร่าย *T. decurens* มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น ส่วนแมกนีเซียมพบในสาหร่าย *P. minor* สูงที่สุด และสาหร่าย *T. conoides* มีโซเดียมสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2. The elements contents of dried seaweeds.

	Percent				
	Ca	P	K	Mg	Na
<i>Brachytrichia quoyi</i>	1.45 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.73 ± 0.01 <sup>c</sup>
<i>Dictyota ciliolata</i>	9.37 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.10 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.69 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>f</sup>
<i>Padina minor</i>	9.11 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.96 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>e</sup>
<i>Turbinaria conoides</i>	2.33 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>f</sup>	2.12 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.69 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.14 ± 0.01 <sup>a</sup>
<i>Turbinaria decurens</i>	3.65 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.15 ± 0.00 <sup>a</sup>	9.46 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.75 ± 0.01 <sup>b</sup>
<i>Turbinaria ornata</i>	1.97 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>e</sup>	5.50 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Mean ± standard deviation of three replications.

Means within each column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.01).

### ปริมาณฟีนอลิกโดยรวม

ผลจากการทดลองหาปริมาณฟีนอลิกโดยรวมของสารสกัดเห็ดขาวจากสาหร่ายทะเลทั้ง 6 ชนิด พบว่ามีค่าปริมาณฟีนอลิกโดยรวมอยู่ในช่วง  $0.66 \pm 0.02$  ถึง  $3.14 \pm 0.04$  mg/gDW โดยสาหร่าย *T. conoides* มีปริมาณฟีนอลิกโดยรวม ( $3.14 \pm 0.04$  mg/gDW) สูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

**Table 3.** Total phenolic content of whiskey extracts from various seaweeds.

Seaweed	(mg/g DW)
<i>Brachytrichia quoyi</i>	$1.39 \pm 0.10^c$
<i>Dictyota ciliolata</i>	$1.08 \pm 0.05^d$
<i>Padina minor</i>	$0.89 \pm 0.01^e$
<i>Turbinaria conoides</i>	$3.14 \pm 0.04^a$
<i>Turbinaria decurens</i>	$1.91 \pm 0.01^b$
<i>Turbinaria ornata</i>	$0.66 \pm 0.02^f$

<sup>1</sup>Mean  $\pm$  standard deviation of three replications.

Means within each column not sharing a common superscript are significantly different ( $p < 0.01$ ).

### ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

ผลจากการทดลองนี้พบว่า สาหร่ายทะเลทั้ง 6 ชนิดที่สกัดด้วยเห็ดขาวมีฤทธิ์การยับยั้ง (MIC) แบคทีเรียได้แก่ *V. damsela*, *V. parahemolyticus*, *V. harveyi*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus* และ *E. coli* (Table 4)

**Table 4.** The minimum inhibitory concentration of whiskey extracts from various seaweeds.

Seaweed	Conc (%)					
	VD	VP	VH	VV	VA	E.coli
<i>Brachytrichia quoyi</i>	12.5	50	12.5	50	50	25
<i>Dictyota ciliolata</i>	12.5	25	12.5	50	50	25
<i>Padina minor</i>	12.5	50	12.5	50	25	25
<i>Turbinaria conoides</i>	12.5	25	25	50	50	25
<i>Turbinaria decurens</i>	12.5	100	25	50	50	25
<i>Turbinaria ornata</i>	25	50	25	50	25	25
Oxytetracycline	1.56	1.56	1.56	25	0.78	1.56

VD: *Vibrio damsela*, VP: *Vibrio parahemolyticus*, VH: *Vibrio harveyi*, VV: *Vibrio vulnificus*, VA: *Vibrio alginolyticus*,

E.coli: *Escherichia coli*

### วิจารณ์ผล

สาหร่ายทะเลเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพืช แม้ว่าสายวิวัฒนาการยังไม่เท่าเทียมกับพืชก็ตาม โดยสาหร่ายทะเลไม่มีระบบท่อลำเลียงน้ำและสารอาหารเหมือนพืช อาศัยการดูดซึมน้ำและสารอาหารโดยตรงจากน้ำทะเล ส่งผลให้สภาพแวดล้อมที่สาหร่ายอาศัยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายทะเล โดยทั่วไปคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายสีน้ำตาลมีปริมาณโปรตีนประมาณ 3-15% ของน้ำหนักแห้ง (Fleurence, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาค้นคว้านี้ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายทะเลจะ

ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สาหร่ายทะเลในฤดูหนาวและใบไม้ผลิจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าสาหร่ายทะเลในฤดูร้อน (Fleurence, 1999) ซึ่งสาหร่ายทะเลจากการศึกษาครั้งนี้ถูกเก็บในช่วงฤดูร้อน การศึกษาครั้งนี้สำหรับสีเขียวแกมน้ำเงิน *B. quoyi* ที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลทุกชนิดที่นำมาศึกษา จากรายงานการศึกษาของ Goecke *et al.* (2012) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่าย *P. fernandeziana* จากประเทศชิลี พบว่ามีปริมาณเถ้าอยู่ช่วง 35-53% คาร์โบไฮเดรต 30-40% โปรตีน 6-8% ไขมัน 1.8-2% และเยื่อใย 32-44% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่าย *P. minor* จากการศึกษาใน Narasimman and Murugaiyan (2012) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *T. conoides* ที่เก็บจากทามิลนาดู ของประเทศอินเดียระหว่างเดือนสิงหาคม พบว่ามีปริมาณโปรตีน  $15.9 \pm 1.22\%$  ปริมาณคาร์โบไฮเดรต  $14.9 \pm 1.08\%$  และปริมาณไขมันประมาณ  $3.00 \pm 0.56\%$  ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปริมาณโปรตีนของสาหร่าย *T. conoides* ต่ำกว่า ในขณะที่ปริมาณไขมันใกล้เคียงกันคือ  $3.04 \pm 0.06\%$  สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายที่แตกต่างกันมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสาหร่าย ที่อาศัยหรือวัสดุเกาะ ระยะเวลาเก็บพันธุ์ และสภาวะแวดล้อม (Ito and Hori, 1989)

ปริมาณแร่ธาตุของสาหร่ายทะเล สาหร่ายทะเลเจริญเติบโตในทะเล โดยการดูดสารอาหาร และแร่ธาตุต่างๆ จากน้ำทะเล ดังนั้นในสาหร่ายทะเลจึงมักพบแร่ธาตุปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพืชบก (Ruperez, 2002; Tabarsa *et al.*, 2012) เนื่องจากธาตุอาหารต่างๆ บนเปลือกโลกต้องไหลลงสู่ทะเลจากการทดลองครั้งนี้ สาหร่ายทะเลส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด ยกเว้นสาหร่ายในกลุ่ม *Turbinaria* ซึ่ง *T. conoides* มีปริมาณแคลเซียมและโพแทสเซียมใกล้เคียงกัน ส่วน *T. decurens* และ *T. ornata* มีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าแคลเซียม 3-5 เท่า ปริมาณแร่ธาตุที่พบรองจากแคลเซียมของสาหร่าย *D. ciliolata* คือ โพแทสเซียม สาหร่ายในกลุ่ม *Turbinaria* พบปริมาณโซเดียมสูงกว่าแมกนีเซียมและฟอสฟอรัส และสำหรับสาหร่าย *B. quoyi* พบปริมาณโซเดียมสูงกว่าแมกนีเซียมและโพแทสเซียม สาหร่ายทะเลทุกชนิดจากการทดลองครั้งนี้พบปริมาณแร่ธาตุที่น้อยที่สุดคือฟอสฟอรัส สำหรับรายงานการศึกษาปริมาณแร่ธาตุของสาหร่าย *Ulva lactuca* พบปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุด รองลงมาคือ แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และปริมาณฟอสฟอรัสที่น้อยที่สุด (Yaich *et al.*, 2011) และสำหรับการศึกษาของ Benjama and Masniyom (2012) เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุของสาหร่าย *Gracilaria fisheri* และ *Gracilaria tenuistipitata* ระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าในฤดูร้อนปริมาณแร่ธาตุที่พบมากที่สุดของสาหร่ายทั้งสองชนิดคือ โพแทสเซียม รองลงมาคือ แมกนีเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และแคลเซียมพบน้อยที่สุด ส่วนในฤดูฝนปริมาณแร่ธาตุที่พบมากที่สุดของสาหร่ายทั้งสองชนิดคือ โพแทสเซียม รองลงมาคือ แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโซเดียมพบน้อยที่สุด

สารประกอบพอลิฟีนอลกับฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย สารประกอบจากสาหร่ายทะเล (Bioactive compound) ได้รับการยอมรับว่ามีคุณสมบัติที่ดีในด้านต่างๆ ด้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส การต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ลดความดันโลหิต ช่วยสลายลิ่มเลือด ด้านสารก่อมะเร็ง (Chew *et al.*, 2008; Yangthong *et al.*, 2009) และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Chiu *et al.*, 2008; Yangthong *et al.*, 2012) พอลิฟีนอลเป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก มีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติกจับกับหมู่ไฮดรอกซิล ในธรรมชาติพบ

หลายชนิด โดยความแตกต่างของจำนวนวงแหวนและธาตุที่มาเกาะใช้ในการจำแนกชนิดของสารพอลิฟีนอล สารประกอบฟีนอล พบในช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) ในส่วนต่างๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ซึ่งรวมทั้งสาหร่ายทะเล สำหรับในกลุ่มสาหร่ายทะเล จากรายงานของ Matajun *et al.* (2008) พบว่าสารประกอบฟีนอลิกจากสาหร่ายสีน้ำตาล มีปริมาณสูงกว่าสาหร่ายสีแดงและสีเขียว จากรายงานการศึกษาของ Yangthong *et al.* (2015) พบว่าสาหร่ายสีน้ำตาลได้แก่ *D. ciliolata*, *P. minor*, *S. binderi*, *S. polycystum*, *T. conoides* มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าสาหร่าย *B. quoyi* โดยสาหร่าย *T. conoides* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ สาหร่าย *T. conoides* มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด นอกจากนี้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าสารสกัดเห็ดหล่าขาวจากสาหร่ายทะเลทุกชนิดมีฤทธิ์ในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แม้ว่าการใช้สารสกัดเห็ดหล่าขาวจากสาหร่ายทะเลต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะ แต่การใช้สารสกัดดังกล่าวปลอดภัยกว่าและไม่มีสารตกค้างเช่นการใช้ยาปฏิชีวนะ ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงความคงตัว โครงสร้างความเป็นพิษ และทดลองใช้จริงเพื่อตรวจสอบฤทธิ์ของสารสกัดในสิ่งมีชีวิต (*in vivo*)

### สรุปผลการทดลอง

สาหร่ายทะเลทั้ง 6 ชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแร่ธาตุ เช่น สาหร่าย *B. quoyi* นำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารอาหารในกลุ่มโปรตีน หรือ สาหร่าย *D. ciliolata* นำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารอาหารในกลุ่มไขมัน และช่วยเสริมแคลเซียม ขณะที่สาหร่าย *T. decurens* สามารถช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมได้ สาหร่าย *P. minor* สามารถช่วยเพิ่มแมกนีเซียม และสาหร่าย *T. conoides* สามารถช่วยเพิ่มโซเดียมได้ นอกจากนี้สารสกัดเห็ดหล่าขาวจากสาหร่ายทะเลทุกชนิดมีฤทธิ์ในการต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังนั้นสาหร่ายทะเลสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารและแหล่งของสารต้านทานโรคจากการติดเชื้อแบคทีเรียได้

### เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, D., Baig, H and Zara, S. 2012 Seasonal variation of phenolics, flavonoids, antioxidant and lipid peroxidation inhibitory activity of methanolic extract of *Melilotus indicus* and its sub-fractions in different solvents. International Journal of Phytomedicine. 4: 326-332
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington D.C.: AOAC.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). 1999. Official Methods of Analysis. Washington D.C.: AOAC.
- Atanassova, M., Georgieva, S. and Ivancheva, K. 2011. Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. 46(1): 81-88.



- Benjama, O and Masniyom, P. 2012. Biochemical composition and physicochemical properties of two red seaweeds (*Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata*) from the Pattani Bay in Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 34(2): 223-230.
- Chew, Y.L., Lim., Y. Y., Omar, M. and Khoo, S. K. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *Food Science and Technology*. 41(6): 1067-1072.
- Chiu, S.T., Tsai, R.T., Hsu, J.P., Liu, C.H. and Cheng, W., 2008. Dietary sodium alginate administration to enhance the non-specific immune responses, and disease resistance of the juvenile grouper *Epinephelus fuscoguttatus*. *Aquaculture*. 277: 66–72.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-rang and multiple F tests. *Biometrics*. 11: 1-42.
- Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trend in Food Science and Technology*. 10: 25-28.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. FAO/Mard technical workshop on early mortality syndrome (EMS) or acute hepatopancreatic necrosis syndrome (AHPNS) of cultured shrimp. FAO Report No. 1053
- Goecke, F., Escobar, M. and Collantes, G. 2012. Chemical composition of *Padina fernandeziana* (Phaeophyceae, Dictyotales) from Juan Fernandez Archipelago, Chile. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*. 3(2): 95-104.
- Ito, K and Hori, K. 1989. Seaweed: chemical composition and potential food uses. *Food Review International*. 5: 101-144.
- Li, K., Li, X. M., Ji, N. Y. and Wang, B. G. 2007. Natural bromophenols from the marine red algae polysiphonia urceolate (Rhodomelaceae) structural elucidation and DPPH radical-scavenging activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 15(15): 6627-6631.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M., Muhammad, K.H. and Ming, C.H. 2008. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *Journal of Applied Phycology*. 20: 367-373.
- Nakai, M., Kageyama, N., Nakahara, K. and MiKi, W. 2006. Phlorotannins as radical scavengers from the extract of *Sargassum ringgoldiaum*. *Marine Biotechnology*. 8: 409-414.
- Narasimman, S and Murugaiyan, K. 2012. Proximate composition of certain selected marine macroalgae from Mandapam Coastal Region (Gulf of Mannar), Southeast Coast of Tamil Nadu. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. 3(4): 918-921.
- Pierre, G., Sopena, V., Juin, C., Mastouri, A., Graber, M. and Maugard, T. 2011. Antibacterial activity of a sulfated galactan extracted from the marine alga *Chaetomorpha aerea* against *Staphylococcus aureus*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 16: 937-945.

- Priyadharshini, S., Bragadeeswaran, S., Prabhu, K. and Ran, S. S. 2012. Antimicrobial and hemolytic activity of seaweed extracts *Ulva fasciata* (Delile 1813) from Mandapam, Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 1(1): 38-39.
- Ruperez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chem* 79: 23-26.
- Smith, S. A., 2011. Working with fish: limit zoonotic diseases through prevention. *Global aquaculture advocate*. 14(4): 30-32.
- Tabarsa, M. Rezaei, M. Ramezanzpour, Z. and Waaland, J.R. 2012. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92: 2500-2506.
- Torrugruang, K., Vichienroj, P. and Chutimaworapan, S. 2007. Antibacterial activity of mangosteen pericarp extract against cariogenic *Streptococcus mutans*. *CU Dental Journal*. 30: 1-10.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetable and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 4113-4117.
- Weerawatanakorn, M. 2013. Chemical reactions between proteins and polyphenols and human biological consequences of reaction. *Burapha Science Journal*. (1) 210-218. [in Thai]
- Winton, J.R. 2001. Chapter 9 - Fish Health Management. p 559-640 cited in Wedemeyer, G. 2001. *Fish Hatchery Management - 2nd Edition* American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C and Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry*. 128: 895-901.
- Yangthong, M., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthong, W. 2009. Antioxidant activities of four edible seaweeds from the southern coast of Thailand. *Plant Foods Human Nutrient*. 64(3): 218-223.
- Yangthong, M., Thawonsuwan, J., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthog, W. 2012. Effects of the hot-water extract from *Sargassum* sp. on antibacterial activity, non-specific immunity and TBARs production in Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*, Bloch). *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin*. 36 (3): 30-42.
- Yangthong, M., Thawonsuwan, J. and Hutadilok-Towatana, N. 2015. Phenolic content and antioxidant properties of aqueous and ethanol extract of seaweeds. *King mongkut's agricultural journal* (2) 73-81. [in Thai]