บทความวิจัย

# ผลของการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล*
สาขาวิชาบูรณาการส่งเสริมสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สิริมา ชินสาร
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 2697 6505 อีเมล: pitchaon_mai@utcc.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.10.009
รับเมื่อ 18 มีนาคม 2567 แก้ไขเมื่อ 8 พฤษภาคม 2567 ตอบรับเมื่อ 23 พฤษภาคม 2567 เผยแพร่ออนไลน์ 2 ตุลาคม 2567
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดต่อสมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้แล้วโดยประกอบด้วยกิ่งหรือสโตลอน (Stolon) มากกว่าส่วนกลมสีเขียวหรือรามูลัส (Ramulus) จากจังหวัดเพชรบุรีในประเทศไทย ทำการประเมินสมบัติทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุ และปริมาณโลหะหนัก ประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพโดยการประเมินด้วยวิธี DPPH การคีเลทโลหะ ความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดส รวมถึงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นจนมีความชื้นร้อยละ 8 (โดยน้ำหนัก) คือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สาหร่ายอบแห้งที่ได้มีค่า Water Activity เท่ากับ 0.1983 การอบแห้งในสภาวะดังกล่าวทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย สังกะสี และเหล็กลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายพวงองุ่นสด แต่มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นจาก 50.86 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง เป็น 55.93 กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ปริมาณเถ้า ทองแดง ไอโอดีน และโลหะหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) การทำแห้งส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ความสามารถในการคีเลทโลหะ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นลดลงแต่ยังคงมีฤทธิ์ทางชีวภาพใกล้เคียงกับชาอู่หลง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดอบแห้งนี้ยังคงคุณค่าทั้งสมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้

**คำสำคัญ**: สาหร่ายพวงองุ่น การทำแห้ง สมบัติทางเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ การยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดส

การอ้างอิงบทความ: พิชญอร ไหมสุทธิสกุล, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สิริมา ชินสาร, "ผลของการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 3, หน้า 1–10, เลขที่บทความ 253-157458, ก.ค.–ก.ย. 2568.

Research Article

# Effect of Drying on Chemical Properties and Bioactivity of Green Caviar

Pitchaon Maisuthisakul*
Associate Professor, Department of Integrated Wellness and Beauty, Faculty of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand
Wichamanee Yuenyongputtakal and Sirima Chinnasarn
Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 2697 6505, E–mail: pitchaon_mai@utcc.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.10.009
Received 18 March 2023 ; Revised 8 May 2024 ; Accepted 23 May 2024; Published online: 2 October 2024
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

## Abstract

This study aimed to investigate the effects of tray drying on the chemical properties and bioactivity of downgraded, inedible Green Caviar, which contained stalk or stolon rather than green round or ramulus, sourced from Phetchaburi Province in Thailand. Green Caviar was characterized by its chemical composition, mineral, and heavy metal content. The bioactivity of the Green Caviar was assessed using DPPH, metal-chelating, alpha-glucosidase inhibitory assays, including total phenolic content. The optimum temperature during the drying of Green Caviar until the moisture content reached 8 percent (W/W) was 60°C for 3 hours. The dried Green Caviar showed a water activity value of 0.1983. At this condition, the dry Green Caviar exhibited decreased protein, fat, fiber, zinc, and iron contents compared to fresh Green Caviar. However, the amount of carbohydrates increased from 50.86 grams/100 grams dry weight to 55.93 grams/100 grams dry weight. Meanwhile, the amounts of ash, copper, iodine, and heavy metals were not significantly different ($p \geq 0.05$). Dried samples showed a decrease in DPPH antioxidant capacity, metal-chelating activity, total phenolic content, and alpha-glucosidase inhibitory activity of Green Caviar but still exhibited bioactivities similar to that of oolong tea. These results indicate that the dried downgraded Green Caviar retains its valuable chemical and bioactive properties, making it a potential source as a health food product.

**Keywords**: Green Caviar, Drying, Chemical Property, Bioactivity, Alpha-Glucosidase Inhibitory Activity

Please cite this article as: P. Maisuthisakul, W. Yuenyongputtakal and S. Chinnasarn, "Effect of drying on chemical properties and bioactivity of green caviar," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 3, pp. 1–10, ID. 253-157458, Jul.–Sep. 2025 (in Thai).

**1. บทนำ**

สาหร่ายพวงองุ่นมีชื่อสามัญว่า Sea Grapes หรือ Green Caviar มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caulerpa Lentillifera* J. Agardh อยู่ในตระกูล Caulerpaceae ส่วนลำต้นประกอบด้วยกิ่งที่แตกแขนง หรือสโตลอน (Stolon) ส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบที่มีลักษณะกลม สีเขียวใส เรียกว่าราเมูลัส (Ramulus) [1] มีลักษณะคล้ายองุ่นสีเขียวสด สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจในประเทศไทย มีการขยายในระบบบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์ หากเป็นสาหร่ายคัดเกรดที่มีคุณภาพและตัดแต่งสวยงามจะขายในราคาสูงถึง 400–500 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่สาหร่ายตกเกรดขายได้ในราคาเพียง 50–100 บาท/กิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งสาหร่ายตกเกรดเหล่านี้มีปริมาณมากถึง 70–80% ของผลผลิตทั้งหมด นอกจากจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นสดที่เก็บได้ในแต่ละรอบการผลิต จะมีอายุสั้นและควรบริโภคให้หมดภายใน 3–7 วัน หากจำหน่ายไม่หมดจะกลายเป็นของเหลือทิ้ง และกำลังเป็นปัญหาของเกษตรกรในการกำจัด [2] สาหร่ายพวงองุ่นมีสารพฤกษเคมีในปริมาณสูง [3] มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับศักยภาพของสารพฤกษเคมีบริสุทธิ์ที่แยกได้จากสาหร่ายพวงองุ่นว่า มีแนวโน้มเป็นยาต้านไวรัส ยาต้านจุลชีพ ยากระตุ้นภูมิคุ้มกัน ป้องกันโรคอ้วน ป้องกันโรคหัวใจ ป้องกันโรคตับอักเสบ ยาลดระดับน้ำตาลและลดไขมันในเลือด [4], [5] สารเมตาบอไลต์บางชนิด เช่น คาเลอร์พิน (Caulerpin) คาเลอร์ซิน (Caulersin ) และคาเลอร์พีนิน (Caulerpenyne) ที่มีฤทธิ์ในการต้านโรคอ้วน เนื่องมาจากมีความซับซ้อนทางโครงสร้างรวมทั้งมีสมบัติทางเภสัชวิทยาที่น่าสนใจ [6] โรคเบาหวานเกิดจาก การผลิตอินซูลินบกพร่อง และ/หรือ การตอบสนองของเนื้อเยื่อต่ออินซูลินลดลง จำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมีเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก และคาดว่าจะมีผู้ป่วยโรคเบาหวาน 552 ล้านคนภายใน พ.ศ. 2573 [7] ในระหว่างการเกิดโรคของโรคเบาหวาน เซลล์โมโนนิวเคลียร์สร้างไซโตไคน์มากเกินไป ซึ่งจะควบคุมไนตริกออกไซด์ซินเทส ทำให้การหลั่งอินซูลินลดลง อินซูลินเป็นตัวกระตุ้นที่มีศักยภาพของการสร้างไขมันและเพิ่มการดูดซึมกลูโคส มีการใช้ยาทางเภสัชวิทยาหลายชนิดที่ใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน ได้แก่ Sulfonylureas, Thiazolidinediones, Biguanides, Dipeptidyl Peptidase (Dpp) Iv Inhibitors และ $\alpha$-Glucosidase Inhibitors อย่างไรก็ตามยาเหล่านี้ล้วนมีผลข้างเคียง จึงจำกัดการใช้ในระยะยาว

แอลฟากลูโคซิเดส ($\alpha$-Glucosidase) เป็นเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกลูโคส ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาเพื่อรักษาโรคเบาหวานประเภท 2 โดยการยับยั้งการทำงานของอัลฟากลูโคซิเดสจากการใช้ยาสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม สารยับยั้งเหล่านี้มีผลข้างเคียงกับระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการพัฒนาสารยับยั้งจากผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการควบคุมภาวะน้ำตาลในเลือดสูง มีรายงานการวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับสารยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสจากแหล่งธรรมชาติ ทั้งในรูปสารสกัดหยาบและสารที่แยกออกมาให้บริสุทธิ์ขึ้น ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอล และเทอร์พีนอยด์ แต่มีการศึกษาวิจัยจำนวนน้อยที่ยืนยันว่าสาหร่ายพวงองุ่นมีฤทธิ์ต้านโรคเบาหวาน [8], [9] นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นถือเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเพราะอุดมไปด้วยแร่ธาตุ (เช่น ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และโคบอลต์) และวิตามินหลายชนิด ได้แก่ วิตามินบี 2 วิตามินอี และวิตามินซี [10] ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการทำแห้งสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น และทำให้การบริโภคสาหร่ายพวงองุ่นมีความสะดวกมากขึ้น จากการค้นคว้ารายงานวิจัยพบว่า การอบแห้งด้วยแสงแดด การอบแห้งด้วยตู้อบร้อน และการอบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด มีผลต่อปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุของสาหร่ายพวงองุ่น โดยการอบแห้งทั้ง 3 ประเภทได้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [11], [12] อย่างไรก็ตาม การอบแห้งเป็นวิธีการแปรรูปสาหร่ายพวงองุ่นที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น โดยการอบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดเป็นวิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการรักษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น [13] งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาผลของการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดต่อคุณภาพ

ทางเคมี (องค์ประกอบทางเคมี เกลือแร่) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้ง ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนความเป็นไปได้ของการบริโภคสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดเพื่อรักษาโรคเบาหวานประเภท 2 สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

## 2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดที่ประกอบด้วยสโตลอน (Stolon) มากกว่ารามูลัส (Ramulus) กลม เป็นส่วนที่ไม่สามารถจำหน่ายได้แล้วจากโชคมนัสฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน 2565 มาทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก จากนั้นนำไปล้างให้สะอาด และชั่งน้ำหนัก นำสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณเกลือแร่ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส

### 2.2 การทำแห้ง

ทำการหาอัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยทำการวิเคราะห์หาความชื้น [11] ทุก 30 นาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมงแล้วนำสาหร่ายอบแห้งที่สภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพ

### 2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ปริมาณโปรตีนรวมโดยวิธี Kjeldahl Method ไขมันด้วย Soxhlet เถ้าด้วยวิธีเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เส้นใยหยาบ (Crude Fiber) ด้วยวิธีย่อยด้วยกรดและด่างความชื้น โดยวิธี Air Oven Method และคาร์โบไฮเดรต [14]

การวิเคราะห์เกลือแร่ ได้แก่ สังกะสี เหล็ก ทองแดง ไอโอดีน ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC [15] โดยใช้เครื่อง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer; Varian รุ่น 810-MS)

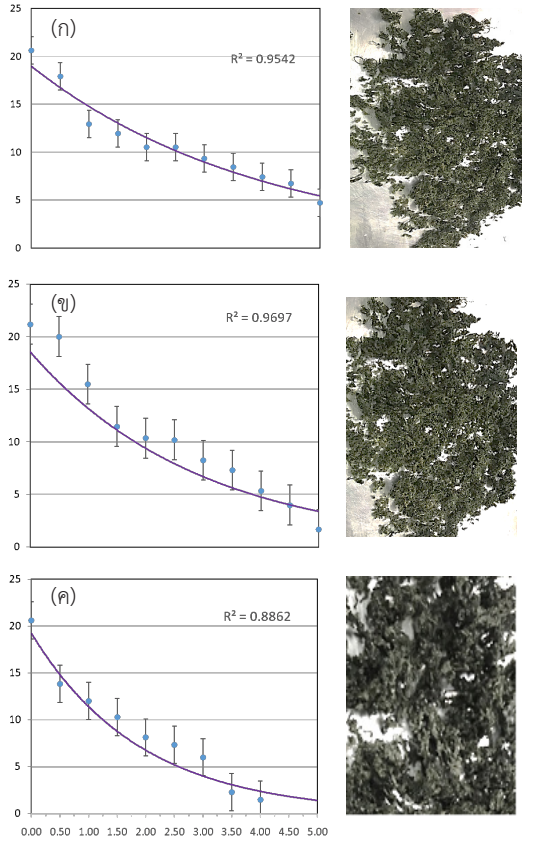
การวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก และปรอท ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC [15] โดยใช้เครื่อง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer; Varian รุ่น 810-MS)

### 2.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพ

นำสาหร่ายพวงองุ่นมาปั่นและชั่งปริมาณ 100 กรัม แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer) (4KBTXL-75, VirTis, USA) จากนั้นชั่งน้ำหนักสารสกัดและหาร้อยละปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%yield) นำสารสกัดมาวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2, 2- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) Free Radical Assay ตามวิธีของ Maisuthisakul and Changchud [16] และ Metal Chelating Activity ตามวิธีของ Maisuthisakul and Gordon [17] รวมทั้งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณเป็น mM Gallic Acid Equivalent per Gram ตามวิธีของ Maisuthisakul และ Gordon [17] ความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสตามวิธีของ Assefa และคณะ [18]

### 2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

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




**รูปที่ 1** อัตราการทำแห้งของสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิ (ก) 50 องศาเซลเซียส (ข) 60 องสาเซลเซียส และ (ค) 70 องศาเซลเซียส

## 3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

### 3.1 อัตราการทำแห้งของสาหร่ายพวงองุ่น

จากการหาอัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสได้ผลดังรูปที่ 1

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ของชาแห้งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก จึงใช้เกณฑ์นี้ในการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นพบว่า การอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นจนมีความชื้นร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ควรใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื่องจากสาหร่ายอบแห้งที่ได้มีสีไม่คล้ำและอบแห้งได้เร็วกว่า (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลา 2 ชั่วโมงแต่สีคล้ำ) สาหร่ายพวงองุ่นแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีค่า Water Activity เท่ากับ 0.1983 ±0.0020 แสดงว่าภาวะในการอบแห้งนี้สามารถกำจัดน้ำอิสระออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้ และสาหร่ายพวงองุ่นแห้งนี้สามารถเก็บรักษาได้นาน เนื่องจากมีค่า Water Activity น้อยกว่า 0.6 รวมทั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้

### 3.2 ผลของการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมี

นำสาหร่ายพวงองุ่นสดและสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ปริมาณเกลือแร่และโลหะหนักได้ผลดังตารางที่ 1 2 และ 3 โดยพบว่า การทำแห้งส่งผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีมีค่าลดลง ($p$<0.05) ยกเว้นปริมาณเถ้า เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Ratana-arporn และ Chirapart [10] พบว่า ปริมาณเถ้า ไขมันและโปรตีนในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่ามากกว่าในสาหร่ายพวงองุ่นแห้งเมื่อคำนวณต่อน้ำหนักแห้งแล้ว แต่ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างจากงานวิจัยอื่น [19]–[21] อาจเนื่องมาจาก งานวิจัยนี้ใช้สาหร่ายตกเกรดที่ประกอบด้วยสโตลอน (Stolon) หรือส่วนก้านแข็ง มากกว่ารามูลัส (Ramulus) หรือส่วนกลมใสสีเขียวกลมที่มีน้ำอยู่ภายในจำนวนมาก จึงทำให้วัตถุดิบมีส่วนน้ำน้อยกว่าซึ่งแตกต่างจากวัตถุดิบในงานวิจัยอื่น

นอกจากนี้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายพวงองุ่นมีค่าสูง (ตารางที่ 1) สามารถนำสาหร่ายพวงองุ่นมาผลิตเป็นแป้งสาหร่าย (Seaweed Flour) ได้ เนื่องจากแป้งจากสาหร่ายพวงองุ่นประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์ โปรตีนและใยอาหารสูง และมีความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ (ตารางที่ 4) ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แนะนำให้ใช้เป็นทางเลือกหรือเป็นอาหารเสริมทดแทนแป้งปกติได้

ปริมาณสังกะสีและเหล็กในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณสูงกว่าสาหร่ายพวงองุ่นแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p$<0.05) ในขณะที่ปริมาณทองแดงและไอโอดีนมีค่าไม่

แตกต่างกันทั้งสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง เปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Ratana-arporn และ Chirapat [10] พบปริมาณไอโอดีน 1.424 มิลลิกรัม/100 กรัม (DW) ปริมาณสังกะสี 2.6 มิลลิกรัม/100 กรัม (DW) ปริมาณทองแดง 2.2 มิลลิกรัม/100 กรัม (DW) ซึ่งเป็นปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p$<0.05) อาจเนื่องมาจาก งานวิจัยนี้ใช้สาหร่ายตกเกรดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า DRI ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงโดยมาจากการคาดคะเนของปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนปกติอายุ 19–50 ปี เพื่อให้มีสุขภาพดีโดยได้รับสารอาหารเพียงพอไม่มากและไม่น้อยเกินไปพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นเป็นแหล่งเกลือแร่ที่ดีในการบริโภคเนื่องจากมีปริมาณไอโอดีนสูง แต่ข้อจำกัดในการบริโภคมาจากปริมาณทองแดง (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง¥

| องค์ประกอบทางเคมี | สด | แห้ง |
|---|---|---|
| | กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง | กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง |
| โปรตีน | 12.19±0.10[b] | 11.61±0.11[a] |
| ไขมัน | 3.86±0.04[b] | 3.05±0.14[a] |
| เยื่อใย | 24.50±0.06[b] | 20.89±0.09[a] |
| เถ้า[ns] | 8.59±0.49 | 8.52±0.08 |
| คาร์โบไฮเดรต* | 50.86±0.15[a] | 55.93±0.06[b] |
| ความชื้น | 25.31±0.29[b] | 7.75±0.04[a] |

¥ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

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

a,b ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

ns ค่าในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$≥0.05)

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก และปรอท มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เกี่ยวข้องกบผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายทะเลอบ (มผช. 515/2547) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใกล้เคียงกับสาหร่ายอบแห้ง (ตารางที่ 3) เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาหร่ายที่นำมาอบแห้งนี้สามารถนำมาผลิตเพื่อการบริโภคเชิงพาณิชย์ได้ ทั้งนี้การอบแห้งไม่มีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักเปลี่ยนแปลงไป อาจเนื่องมาจากจุดเดือดหรือจุดที่สารสามารถระเหยได้ของโลหะหนักมีค่าสูงมาก (มากกว่า 500 องศาเซลเซียส) ยกเว้นปรอท เป็นไปได้ว่าค่าปรอทที่วัดได้ต่ำกว่าความเข้มข้นที่แท้จริงเนื่องจากการระเหยในขั้นตอนการทำให้แห้ง อย่างไรก็ตาม สาหร่ายพวงองุ่นสดก็ไม่พบปริมาณปรอทเช่นกัน รวมทั้งปกติการสูญเสียจากการระเหยจากการทำแห้งไม่เกิน 10% [22]

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์เกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง¥

| เกลือแร่ | สด | แห้ง | DRI (Male) | DRI (Female) |
|---|---|---|---|---|
| | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง | | |
| สังกะสี | 10.6102±0.0200[b] | 9.0050±0.0035[a] | 1.3 | 7 |
| เหล็ก | 41.3121±0.0401[b] | 40.9080±0.0214[a] | 10.4 | 24.7 |
| ทองแดง[ns] | 0.9010±0.0803 | 0.8690±0.0358 | 0.9 | 0.9 |
| ไอโอดีน[ns] | 1.44000±0.4905 | 1.43600±0.0143 | 0.15 | 0.15 |

¥ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

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

a,b ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

ns ค่าในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$≥0.05)

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์โลหะหนักของสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง¥

| โลหะหนัก | สด | แห้ง | มาตรฐาน มิลลิกรัม/ 1 กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง |
|---|---|---|---|
| | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง | |
| สารหนู[ns] | 1.4230±0.0111 | 1.4130±0.0111 | 2 |
| แคดเมียม[ns] | 0.0711±0.0024 | 0.0711±0.0024 | 0.2 |
| ตะกั่ว[ns] | 0.0144±0.0045 | 0.0123±0.0045 | 1 |
| ดีบุก | ND | ND | - |
| ปรอท | ND | ND | 0.5 |

¥ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เกี่ยวข้องกบผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายทะเลอบ (มผช. 515/2547)

a,b ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$<0.05)

ns ค่าในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p$≥0.05)

### 3.3 ผลของการทำแห้งต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ช่วยลดอาการอักเสบในร่างกาย รวมทั้งฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด [23] ชาอู่หลงมีสารประกอบฟีนอลิกได้แก่ Catechins, Theaflavins และ Theabromines ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สูง จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH พบว่า ชาอู่หลงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าหรือดีกว่าวิตามินซี [24] นอกจากนี้ชาอู่หลงสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (Alpha-Glucosidase) ได้อีกด้วย [25], [26] ในงานวิจัยนี้จึงใช้วิตามินซี และชาอู่หลงเป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สมบัติต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ความสามารถในการคีเลทโลหะ (Metal Chelating Activity) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง รวมทั้งวิตะมินซี และชาอู่หลงได้ผลดังตารางที่ 4 และรูปที่ 2

**ตารางที่ 4** ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่นสดและแห้ง[¥]

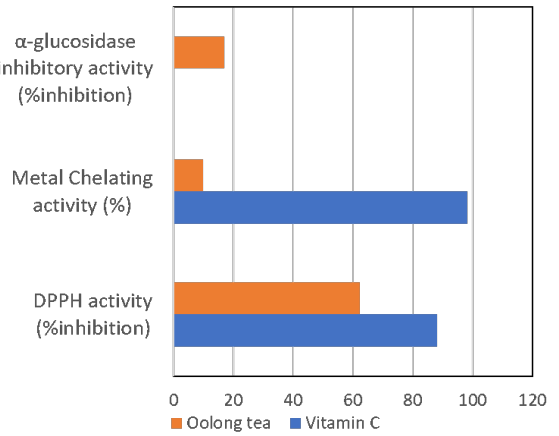
| ฤทธิ์ทางชีวภาพ | สด | แห้ง |
|---|---|---|
| DPPH activity (%inhibition) | 65.19 ±0.11[b] | 62.17 ±0.19[a] |
| Metal Chelating activity (%) | 43.04 ±0.26[b] | 42.04 ±0.14[a] |
| ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g DW) | 195.20 ±0.18[b] | 113.83 ±0.12[a] |
| $\alpha$-glucosidase inhibitory activity (%inhibition) | 15.05 ±0.09[b] | 13.11 ±0.12[a] |

¥ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ความเข้มข้นในการวัดค่า 100 µg/100 mL

a,b ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประโยชน์ต่อสุขภาพที่โดดเด่นที่สุดประการหนึ่งของสาหร่ายพวงองุ่นที่มีรายงานวิจัยไว้จำนวนมาก คือ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ [27] จากรายงานวิจัยนี้สมบัติต้านออกซิเดชันในรูป DPPH Activity ของสาหร่ายพวงองุ่นสดที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร มีค่า % inhibition




**รูปที่ 2** ฤทธิ์ทางชีวภาพของวิตามินซีและชาอู่หลง

เท่ากับ 65.19 ±0.11 และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันน้อยกว่าวิตามินซีแต่ใกล้เคียงชาอู่หลง (รูปที่ 2) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง (ตารางที่ 4) สารต้านออกซิเดชันบางชนิด สามารถจับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Metal Chelation) โดยผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพในการจับโลหะของสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่าร้อยละ 43.04 ±0.26 (ตารางที่ 4) ซึ่งมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพในการจับโลหะของชาอู่หลง (รูปที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Tanna และคณะ [28] ที่รายงานว่าสาหร่ายพวงองุ่นมีประสิทธิภาพในการจับโลหะมี ค่า EC50 เท่ากับ 271.71 ±6.33 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่าสาหร่ายทุ่นและสาหร่ายเขากวาง นอกจากนี้ความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่าน้อยกว่าของชาอู่หลง (รูปที่ 2) เล็กน้อย ทั้งนี้มีรายงานวิจัยยืนยันว่าสารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสเนื่องจากโครงสร้างเลียนแบบน้ำตาลที่มีลักษณะเฉพาะในการทำปฏิกิริยา [18] โดยปกติสารยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสยับยั้งเอนไซม์ที่แปลงคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่สามารถดูดซึมได้ให้เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงเดี่ยวที่สามารถดูดซึมได้ ด้วยโครงสร้างเลียนแบบน้ำตาลของสารประกอบฟีนอลิกจึงเข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตแทนได้

การทำแห้งส่งผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น

โดยพบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ความสามารถในการคีเลทโลหะ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่าสูงกว่าสาหร่ายพวงองุ่นในรูปแห้ง ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการอบแห้งส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกลดลง เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Nyugen และคณะ [19]

## 4. สรุป

การทำแห้งส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมี เกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณโลหะหนัก ทั้งนี้ สาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีความปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้การทำแห้งส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ความสามารถในการคีเลทโลหะ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของสาหร่ายพวงองุ่นลดลงโดยมีฤทธิ์ทางชีวภาพใกล้เคียงกับชาอู่หลงที่มีราคาแพง ดังนั้นสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดอบแห้งนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่ดี

## 5. กิตติกรรมประกาศ

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

## เอกสารอ้างอิง

[1] K. Lewmanomont and H. Ogawa, “Economic seaweeds of Thailand I. the genus Hypnea in the vicinity of Si Racha, Chonburi Province,” *Journal of Fisheries and Environment*, vol. 12, pp. 1–14, 1981.

[2] Coastal Fisheries Research and Development Division, “Knowledge management of cultivation and management of Green caviar after harvest,” Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2018 (in Thai).

[3] V. J. Paul, M. E. Hay, J. E. Duffy, W. Fenical, and K. Gustafson, “Chemical defense in the seaweed Ochtodes secundiramea (Montagne) Howe (Rhodophyta): effects of its monoterpenoid components upon diverse coral-reef herbivores,” *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 114, no. 2, pp. 249–260, 1988.

[4] B. Wichachucherd, S. Pannak, C. Saengthong, I. Koodkaew, and E. Rodcharoen, “Correlation between growth, phenolic content and antioxidant activity in the edible seaweed Caulerpa lentillifera in open pond culture system,” *Journal of Fishery and Environment*, vol. 43, pp. 66–75, 2019 (in Thai).

[5] T. Nagappan and C. S. Vairappan, “Nutritional and bioactive properties of three edible species of green algae, genus Caulerpa (*Caulerpaceae*),” *Journal of Applied Phycology,* vol. 26, pp. 1019–1027, 2014.

[6] R. Nofiani, S. Hertanto, T. A. Zaharah, and S. Gafur, “Proximate compositions, and biological activities of *Caulerpa lentillifera*,” *Molekul*, vol. 13, no. 2, pp. 141–147, 2018.

[7] T. Scully, “Diabetes in numbers,” *Nature*, vol. 485, no. 7398, pp. S2–S3, 2012.

[8] B. R. Sharma and D. Y. Rhyu, “Anti-diabetic effects of Caulerpa lentillifera: stimulation of insulin secretion in pancreatic β-cells and enhancement of glucose uptake in adipocytes,” *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 4, no. 7, pp. 575–580, 2014.

[9] M. I. Kazeem and T. C. Davies, "Anti-diabetic functional foods as sources of insulin secreting, insulin sensitizing and insulin mimetic agents," *Journal of Functional Foods*, vol. 20, pp. 122–138, 2016.

[10] P. Ratana-arporn and A. Chirapart, "Nutritional evaluation of tropical green seaweeds Caulerpa lentillifera and Ulva reticulata," *Kasetsart Journal (Natural Science)*, vol. 40, no. 6, pp. 75–83, 2006 (in Thai).

[11] C. Sontiwit, "Effect of drying condition on qualities of Green Caviar," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 44, no. 2, pp. 142–151, 2020.

[12] S. Phomphon, "Chemical composition and antioxidant activity of Caulerpa racemosa seaweed," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 50, no. 2, pp. 437–443, 2015.

[13] J. Xirogiannis, "Effect of drying methods on the quality of Caulerpa racemosa seaweed," *Journal of Food Engineering,* vol. 130, pp. 102–108, 2014.

[14] Association of Official Analytical Chemist (AOAC), Official Method of Analysis, 15th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Virginia, 2000.

[15] Association of Official Analytical Chemist (AOAC), *Official Method of Analysis*, 18th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 2005.

[16] P. Maisuthisakul and L. Changchub, "Effect of extraction on phenolic antioxidant of different Thai rice (Oryza sativa L.) genotypes," *International Journal of Food Proper*, vol. 17, pp. 855–865, 2014.

[17] P. Maisuthisakul and M. H. Gordon, "Characterization and storage stability of the extract of Thai mango (*Mangifera indica* Linn. Cultivar Chok-Anan) seed kernels," *Journal of Food Science and Technology,* vol. 51, pp. 1453–1462, 2014.

[18] S. T. Assefa, E. Y. Yang, S. Y. Chae, M. Song, J. Lee, M. C. Cho, and S. Jang, "Alpha glucosidase inhibitory activities of plants with focus on common vegetables," *Plants*, vol. 18, no. 1, pp. 2, 2019.

[19] V. T. Nguyen, J. P. Ueng, and G. J. Tsai, "Proximate composition, total phenolic content, and antioxidant activity of seagrape (*Caulerpa lentillifera*)," *Journal of Food Science*, vol. 76, no. 7, pp. 950–958, 2011.

[20] N. Syakilla, R. George, F. Y. Chye, W. Pindi, S. Mantihal, N. A. Wahab, F. M. Fadzwi, P. H. Gu, and P. Matanjun, "A review on nutrients, phytochemicals, and health benefits of green seaweed, Caulerpa lentillifera," *Foods*, vol. 13, no. 11, pp. 2832, 2022.

[21] N. Thaiwong, S. Kongin, A. Angajchariya, and N. Kachenpukdee, "Suitable temperature and combined pretreatment methods on quality of Caulerpa Lentillifera," *YRU Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 66–74, 2022 (in Thai).

[22] M. Hojdová, J. Rohovec, V. Chrastný, V. Penížek, and T. Navrátil, "The influence of sample drying procedures on mercury concentrations analyzed in oils," *Bull. Environmental Contamination and Toxicology,* vol. 94, pp. 570–576, 2015.

[23] J. George, D. Edwards, S. Pun, and D. Williams, "Evaluation of antioxidant capacity (ABTS

and CUPRAC) and total phenolic content (Folin-Ciocalteu) assays of selected fruit, vegetables, and spices," *International Journal of Food Science,* vol. 30, pp. 112–119, 2022.

[24] S. J. Padayattil and B. B. S. Kumar, "Vitamin C: a review of its sources, bioavailability and dose-dependent effects," *Nutrition Research Reviews*, vol. 22, no. 1, pp. 44–53, 2009.

[25] H. Li, "Inhibitory effects of oolong tea polyphenols on $\alpha$-glucosidase and $\alpha$-amylase," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 49, no. 12, pp. 5776–5781, 2001.

[26] Y. L. Lin, "Antioxidant activity of tea polyphenols and their sequential effects on $\alpha$-glucosidase activity," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 12, pp. 4269–4276, 2004.

[27] L. E. Stuthmann, H. T. Du, B. Brix da Costa, A. Kunzmann, and K. Springer, "Sea grape (*Caulerpa lentillifera*) aquaculture in Van Phong Bay, Viet Nam: Evaluation of the post-harvest quality," *Journal of Applied Phycology*, vol. 30, pp. 1–2, 2023.

[28] B. Tanna, B. Choudhary, and A. Mishra, "Metabolite profiling, antioxidant, scavenging and anti-proliferative activities of selected tropical green seaweeds reveal the nutraceutical potential of Caulerpa spp," *Algal Research*, vol. 1, pp. 96–105, 2018.