**IR 35**

# ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# สาหร่าย

## (Algae)

**สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**กรมวิทยาศาสตร์บริการ**

**กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**กันยายน 2558**

**IR 35**

# ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# สาหร่าย

## (Algae)

**สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**กรมวิทยาศาสตร์บริการ**

**กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**กันยายน 2558**

# คำนำ

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่อง “สาหร่าย (Algae)” ฉบับนี้ สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการเครือข่ายห้องสมุดโครงการพัฒนาคลังความรู้สารสนเทศด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปดิจิทัล โครงการย่อยที่ 2 โครงการเพิ่มศักยภาพการเข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบ Digital Library กิจกรรมย่อย 2.5 ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ (Information Repackaging) ในส่วนของสาระน่ารู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้นี้ให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและสะดวกพร้อมใช้ เอกสารประมวลพร้อมใช้ฉบับนี้ให้ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย ความสำคัญของสาหร่ายต่อระบบนิเวศ การจัดจำแนกสาหร่าย ประโยชน์ของสาหร่ายด้านการนำมาบริโภค และประโยชน์ของสาหร่ายด้านอื่นๆ

คณะผู้จัดทำหวังว่า ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสาหร่าย โดยเอกสารฉบับเต็มที่ใช้ในการเรียบเรียงประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ได้รวบรวม จัดเก็บ และให้บริการ ณ บริเวณห้องอ่านชั้น 1

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กันยายน 2558

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| บทคัดย่อ | 1 |
| คำสำคัญ | 1 |
| บทนำ | 2 |
| ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย | 2 |
| ความสำคัญของสาหร่ายต่อระบบนิเวศ | 6 |
| การจัดจำแนกสาหร่าย | 6 |
| ประโยชน์ของสาหร่ายด้านการนำมาบริโภค | 8 |
| ประโยชน์ของสาหร่ายด้านอื่นๆ | 21 |
| บทสรุป | 24 |
| เอกสารอ้างอิง | 25 |


กรมวิทยาศาสตร์บริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

# สาหร่าย

# (Algae)


## บทคัดย่อ

สาหร่าย (Algae) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิต สามารถพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ สามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำจืด น้ำทะเล อากาศ หรือแม้กระทั่งอยู่กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ผนังเซลล์ นิวเคลียส และไซโตพลาสซึม มีรูปร่างลักษณะหลายแบบด้วยกัน สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ มีความสำคัญต่อระบบนิเวศในฐานะเป็นผู้ผลิตโดยเป็นจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้ สาหร่ายยังเป็นตัวตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำได้ สาหร่ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 ดิวิชั่น ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta, Phaeophyta, Chrysophyta, Pyrrhophyta, Cryptophyta และ Rhodophyta โดยปัจจุบันนิยมนำสาหร่ายมาบริโภค ทั้งสาหร่ายทะเลและสาหร่ายน้ำจืดเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้พลังงานน้อย ส่วนใหญ่มีปริมาณแคลอรี โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่สูงมากนัก แต่มีแร่ธาตุและวิตามินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ ยังนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตวุ้น แอลจิเนต และคาร์ราจีแนน ใช้เป็นยา บำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นอาหารสัตว์หรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช และใช้เพื่อประโยชน์ทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



**คำสำคัญ** : สาหร่าย; สาหร่ายทะเล; สาหร่ายน้ำจืด

**Keywords** : Algae; Seaweed; Freshwater algae

**สาหร่าย**

**(Algae)**

**1. บทนำ**

สาหร่าย (Algae) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ จัดเป็นพืชชั้นต่ำ ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น และใบที่แท้จริง (CHAPMAN, 1970) สาหร่ายดำรงชีวิตอยู่ได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแพลงก์ตอนล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ หรือยึดติดกับพื้นทะเลหรือวัสดุอื่นๆ เช่น กลุ่มของสาหร่ายหลายเซลล์ที่เรียกรวมว่า สาหร่ายทะเล (Seaweeds) นอกจากนี้ยังอาจดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในลักษณะความสัมพันธ์แบบพึ่งพา เช่น ไลเคน ซึ่งเป็นสาหร่ายที่ดำรงชีวิตร่วมกับรา เป็นต้น (สรวิศ, 2543)

สาหร่าย มีประโยชน์มากมาย โดยชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่รู้จักนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในการนำมาประกอบเป็นอาหาร และยังมีประเทศอื่นๆ ที่นิยมนำสาหร่ายมาใช้เป็นอาหารกันมาก เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ ฯลฯ นอกจากนี้ สาหร่ายยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น ยา อาหารสัตว์ ปุ๋ย และอุตสาหกรรม ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่า สาหร่ายและผลิตภัณฑ์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้น โดยเฉพาะด้านอาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารจีน อาหารญี่ปุ่น วุ้น คาร์ราจีแนน หรือแม้กระทั่งการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ ที่ให้ความสำคัญกับสาหร่าย ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยด้านความหลากหลายและนิเวศวิทยาหรือด้านอาหาร ซึ่งนำสาหร่ายมาพัฒนาไปสู่การผลิตในอุตสาหกรรม

**2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย** สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ (กาญจนภาชน์, 2527)

**2.1 ส่วนประกอบของเซลล์สาหร่าย** ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่

- ผนังเซลล์ (Cell wall)

ประกอบด้วยสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต บางชนิดเป็นพวกซิลิเกต บางชนิดประกอบด้วยโปรตีน ซึ่งมีหินปูน เหล็ก หรือไคตินหุ้มอยู่ สาหร่ายโดยทั่วไปจะมีผนังเซลล์ 2 ชั้น โดยผนังชั้นนอกจะเป็นสารพวกเพกติน มีลักษณะอ่อนนิ่ม เป็นเมือก ส่วนผนังชั้นในเป็นสารพวกเซลลูโลส ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับเซลล์ ทำให้เซลล์คงรูปอยู่ได้

- นิวเคลียส (Nucleous)

เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเซลล์ สาหร่ายบางชนิดเป็นพวกโปรแคริโอต (procaryote) เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง โดยเก็บดีเอ็นเอไว้ในนิวคลอยด์ รีเจียน (Nucleoid Region) และไม่มีออร์แกแนลล์ที่มีเยื่อหุ้มเมมเบรน ส่วนสาหร่ายบางชนิดที่เป็นยูแคริโอต (Eukaryote) จะมีนิวเคลียสที่แท้จริง นั่นคือ ดีเอ็นเอจะถูกเก็บไว้ในออร์แกแนลล์ที่หุ้มด้วยเยื่อเมมเบรน ทำให้

โครโมโซมซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากอยู่ภายในนิวเคลียส ไม่ออกมาปะปนกับออร์แกเนลล์ (Organelle) อื่นๆ ที่อยู่ในไซโทพลาสซึม

- ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm)

ประกอบด้วยน้ำ สารประกอบเคมีที่จำเป็น และออร์แกเนลล์ต่างๆ เช่น พลาสติด (Plastid) ซึ่งเป็นแหล่งรวมของรงควัตถุต่างๆ ในเซลล์ หากพลาสติดมีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) จะให้สีเขียวเรียกคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) แต่ถ้ามีแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) จะให้สีเหลือง ส้ม แดง เรียกโครโมพลาสต์ (Chromoplast) ไพรีนอยด์ (Pyrenoid) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แป้ง สติกมา (Stigma) พบในเซลล์ที่เคลื่อนไหวได้ แวคิวโอล (Vacuole) ทำหน้าที่ขับน้ำและของเสียออกจากเซลล์ ฯลฯ

**2.2 รูปร่างลักษณะ**

สาหร่ายมีรูปร่างลักษณะหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบเซลล์เดี่ยว แบบกลุ่มเซลล์ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน ทำหน้าที่อย่างเดียวกันและมาอยู่ร่วมกัน แบบเส้นสาย ซึ่งเป็นการเรียงตัวแบบเซลล์ต่อเซลล์ได้เป็นเส้นสาย และแบบหลอดหรือท่อ

**2.3 การสืบพันธุ์**

การสืบพันธุ์ของสาหร่ายมี 2 แบบ ได้แก่ แบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ

- แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีหลายวิธี ได้แก่ โดยการแบ่งเซลล์จาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ การแตกตัวของกลุ่มเซลล์ ทำให้ได้เซลล์เล็กๆ จำนวนมาก การขาดท่อน พบในพวกเส้นสาย โดยแต่ละท่อนที่ขาดออก สามารถเจริญเติบโตเป็นสายใหม่ได้ต่อไป การสร้างอะคินีต (Akinete) พบเฉพาะในพวกเส้นสาย เป็นเซลล์ที่งอกออกมา ซึ่งอาจเป็นต้นใหม่ได้เลย และการสร้างสปอร์ ซึ่งมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมกะทันหัน

- แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction)

เป็นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เรียกว่า แกมีต (Gamete) แยกเป็นเพศผู้และเพศเมีย หากแกมีตรวมตัวกันจะได้ไซโกต (Zygote) หลังจากนั้นจะสังเคราะห์แสงและสะสมอาหารไว้ในรูปของแป้งแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำมัน เมื่อสภาวะเหมาะสมไซโกตจะงอกเป็นต้นได้

**2.4 แหล่งที่อยู่** สาหร่ายมีแหล่งที่อยู่ต่างๆ กัน ได้แก่

- ในน้ำ

เป็นแหล่งที่อยู่ที่สาหร่ายสามารถเจริญได้ดีที่สุด มีทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยอาจอยู่ในรูปแบบแพลงก์ตอนล่องลอยอยู่ในมวลน้ำหรืออยู่ในรูปแบบยึดเกาะกับสิ่งต่างๆ เช่น หิน โคลน ทราย พืช สัตว์ ฯลฯ

1) <u>สาหร่ายที่เจริญในน้ำจืด (Freshwater algae)</u>

สภาพของแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน อาจทำให้พบชนิดของสาหร่ายได้แตกต่างกัน ได้แก่ สาหร่ายที่ขึ้นในสภาพที่มีน้ำไหล เช่น แม่น้ำลำคลองต่างๆ มักมีโครงสร้างภายนอกไว้ยึดเกาะได้ดี สำหรับแหล่งน้ำที่มีสภาพน้ำค่อนข้างนิ่ง เช่น ในบ่อน้ำและสระน้ำ จะพบสาหร่ายได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความอุดมสมบูรณ์ของอินทรีย์สารในแหล่งน้ำนั้น ส่วนแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น ทะเลสาบ ปริมาณแสง อุณหภูมิและลม จะทำให้สภาพน้ำในทะเลสาบแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน มีผลทำให้ประชากรสัตว์น้ำในทะเลสาบมีปริมาณเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกันด้วย ในบางครั้งเราอาจสังเกตเห็นสาหร่ายรวมตัวกันลอยเป็นแพตามผิวน้ำ มีลักษณะเป็นเมือกๆ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า วอเตอร์บลูม (Water bloom) หรือพอนด์สคัม (Pond scum) (ภาพที่ 1) เกิดจากสาหร่ายหลายๆ ชนิดเจริญขึ้นมากมากภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (จงกล, 2552)

ภาพที่ 1 ปรากฏการณ์วอเตอร์บลูม

(ที่มา : http://www.geograph.org.uk/photo/2748561)

2) <u>สาหร่ายที่เจริญในน้ำทะเล (Seaweed)</u>

สาหร่ายที่เจริญในแต่ละบริเวณของทะเลจะแตกต่างกัน เช่น สาหร่ายที่เจริญเติบโตบริเวณชายฝั่ง อาจมีส่วนที่คล้ายรากฝังลงไปในพื้นทราย ส่วนบริเวณกลางทะเลและมหาสมุทรจะมีพวกแพลงก์ตอนพืชล่องลอยอยู่เป็นจำนวนมาก ในทะเลจะมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เรดดิชบลูม (Reddish bloom) จากการเจริญเติบโตจำนวนมากของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำพวก *Oscillatoria* เนื่องจากสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปรากฏการณ์อีกประเภทหนึ่งเรียกว่า เรดไทด์ (Red tide) หรือขี้ปลาวาฬ (ภาพที่ 2) เกิดจากสาหร่าย

ไดโนแฟกเจลเลต *Gonyaulax* และ *Gymnodinium* เจริญขึ้นจำนวนมากแล้วทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีกลายเป็นสีแดง น้ำตาล หรือเขียว (จงกล, 2552; สรวิศ, 2543)

ภาพที่ 2 ปรากฏการณ์เรดไทด์
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Red_tide#)

ปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อการประมงและสภาวะแวดล้อมทางทะเล สำหรับประเทศไทยสามารถพบได้เป็นประจำในอ่าวไทย ซึ่งหากพิจารณาลักษณะของอ่าวไทยตอนบนจะเห็นได้ว่าเป็นแหล่งที่รับน้ำจากแม่น้ำหลักสี่สาย ได้แก่ แม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง โดยลักษณะการหมุนเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนมีผลทำให้ของเสียจากแม่น้ำคงอยู่บริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งเป็นเวลานาน เกิดการย่อยสลายของเสีย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ที่เป็นสารอาหารสำหรับการเจริญของแพลงก์ตอนพืช เมื่อสารอาหารเพิ่มมากขึ้นทำให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดเป็นปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ (สรวิศ, 2543)

ปรากฏการณ์วอเตอร์บลูม เรดดิชบลูม และเรดไทด์ เรียกรวมว่า ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ทำให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำ เช่น ทำให้สัตว์น้ำตายหรืออพยพไปอยู่ที่อื่น น้ำขาดออกซิเจน ทำให้กลิ่น รส และสีของน้ำเปลี่ยนแปลงไป แหล่งน้ำตื้นเขินทำให้สูญเสียทัศนียภาพ และเป็นการเพิ่มมลพิษของสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นด้วย

- แหล่งอื่นๆ

สาหร่ายที่เจริญเติบโตในแหล่งอื่นๆ เช่น ในอากาศ ส่วนมากเป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยว หรือกลุ่มเซลล์ที่แห้งและถูกลมพัดปลิวมาในอากาศ ในที่ชื้นมักเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในดิน ทั้งผิวดินและใต้ดินมีหลายชนิดด้วยกันทั้งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดง ฯลฯ สาหร่ายบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพอากาศเย็นจัด เช่น บนหิมะ บางชนิดอยู่ร่วมแบบพึ่งพาอาศัยกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ไลเคน อยู่ร่วมกับรา แต่สาหร่ายบางชนิดเมื่ออยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นแล้วกลับทำให้เกิดโรคกับสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น

**3. ความสำคัญของสาหร่ายต่อระบบนิเวศ**

สาหร่ายเป็นผู้ผลิตของระบบนิเวศในน้ำ โดยสาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น แสง ปริมาณสารประกอบคาร์บอน สารอาหารอื่นๆ เป็นต้น แพลงก์ตอนสัตว์จะกินสาหร่ายเป็นอาหาร ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้จะกลายเป็นอาหารของสัตว์น้ำอื่นๆ เป็นทอดๆ ไป และเมื่อสาหร่ายตายลง มวลชีวภาพของสาหร่ายยังเข้าสู่วัฏจักรการย่อยสลายโดยแบคทีเรียและจุลชีพอื่นๆ ที่มีในน้ำ จึงอาจกล่าวได้ว่า สาหร่ายเป็นผู้ผลิตที่ถ่ายทอดพลังงานต่อไปในห่วงโซ่อาหาร (สรวิศ, 2543)

นอกจากนี้ สาหร่ายยังสามารถใช้เป็นตัวดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำ ซึ่งถือเป็นการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำสามารถทนต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำได้แตกต่างกัน บางชนิดสามารถปรับตัวในน้ำที่มีคุณภาพน้ำดี บางชนิดสามารถปรับตัวได้ดีในน้ำที่มีคุณภาพน้ำเสีย สัตว์น้ำส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนในการหายใจ สัตว์ส่วนมากชอบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่สะอาด มีออกซิเจนสูง แต่ก็มีหลายชนิดอยู่ในที่ซึ่งมีออกซิเจนน้อยได้และบางชนิดก็ทนอยู่ได้ในที่เกือบไม่มีออกซิเจนเลย แหล่งน้ำที่เกิดการปนเปื้อนจะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง เนื่องจากการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ ดังนั้น สัตว์ที่ต้องการออกซิเจนมากก็จะตายหรือหนีไป เหลือเฉพาะกลุ่มสัตว์ที่อาศัยอยู่ได้ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย เราจึงใช้สัตว์เหล่านี้ตรวจคุณภาพน้ำได้ โดยศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาได้ยกตัวอย่างชนิดของสาหร่ายที่สามารถบ่งบอกคุณภาพน้ำได้ ดังนี้

1) สาหร่ายที่บอกคุณภาพน้ำดี ได้แก่ ยูแอสตรัม (*Euastrum* sp.) พินนูลาเรีย (*Pinnularia* sp.) คลอสทีเรียม (*Closterium* sp.)

2) สาหร่ายที่บอกคุณภาพน้ำปานกลาง ได้แก่ เทตระอีดอน (*Tetraedron* sp.) ซิกเนมา (*Zygnema* sp.) เซอราเตียม (*Ceratium* sp.)

3) สาหร่ายที่บอกคุณภาพน้ำเสีย ได้แก่ ฟากัส (*Phacus* sp.) ออสซิลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) ยูกลีนา (*Euglena* sp.)

**4. การจัดจำแนกสาหร่าย** (กาญจนภาชน์, 2527)

ในปัจจุบันนิยมแบ่งสาหร่ายออกเป็น 9 ดิวิชั่น ได้แก่

**4.1 Division Cyanophyta** ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae, Cyanobacteria)

เป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำจำพวกโปรคาริโอตที่มีขนาดเล็ก จึงไม่มีนิวเคลียสและผนังเซลล์ พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำ บนดิน บริเวณชื้นแฉะ จัดเป็นแบคทีเรียแต่มีลักษณะแตกต่างจากแบคทีเรียตรงที่มีคลอโรฟิลล์เอจึงสามารถสังเคราะห์แสงได้และให้ออกซิเจน โดยจากการศึกษาซากดึกดำบรรพ์หรือฟอสซิล (Fossil) และหลักฐานอื่นๆ อาจกล่าวได้ว่า สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นสิ่งมีชีวิตพวกแรกที่กำเนิดขึ้นบนโลกและผลิต

ออกซิเจนให้แก่บรรยากาศ สามารถพบได้ทั่วไปไม่ว่าจะในเขตร้อน เขตหนาว ในน้ำหรือบนบก ที่แห้งแล้งหรือแม้กระทั่งยอดเขาสูง

**4.2 Division Chlorophyta** ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว (Green algae)

มีสีเขียวเหมือนหญ้า ส่วนประกอบของรงควัตถุจะเป็นเช่นเดียวกับที่พบในพืชชั้นสูง คือมีคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีน และแซนโทฟิลล์ พบได้ทั่วไปทั้งในทะเล น้ำจืด น้ำกร่อย หรือแม้แต่บนดิน

**4.3 Division Charophyta** ได้แก่ สาหร่ายไฟ (Stoneworts, Brittleworts)

เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง มีส่วนคล้ายลำต้นซึ่งเห็นเป็นข้อและปล้องได้ชัดเจน มีรงควัตถุ คือคลอโรฟิลล์เอและบีอยู่ในคลอโรพลาสต์ สาหร่ายไฟยังมีชื่อที่ชาวบ้านเรียกกันทั่วไปว่า มาดไฟ หรือสายร้อน เนื่องจากเชื่อว่าสาหร่ายไฟจะให้ความร้อนสูงทำให้น้ำบริเวณนั้นร้อน สาหร่ายไฟมีการแพร่กระจายกว้างขวางทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย ขึ้นอยู่ได้ในน้ำที่เป็นพืชทรายหรือโคลน โดยมีรากยึดเกาะ บางชนิดขึ้นในบริเวณที่เป็นหินปูน สามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วมากจึงอาจปิดกั้นทางเดินของน้ำได้ แต่มีประโยชน์คือเพิ่มออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำและทำให้น้ำใส โดยสาหร่ายไฟสามารถดักตะกอนไว้ได้ นอกจากนี้ยังให้ร่มเงาแก่สัตว์น้ำและเป็นที่ยึดเกาะของสิ่งมีชีวิตเล็กๆในน้ำ ซึ่งเป็นอาหารของปลา

**4.4 Division Euglenophyta** ได้แก่ สาหร่ายยูกลีนอยด์ (Euglenoids)

แต่เดิมรวมอยู่ใน Division Chlorophyta เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เอและบีเหมือนกัน แต่ภายหลังพบว่ามีบางอย่างแตกต่างไปจากสาหร่ายสีเขียวประเภทอื่นๆ เช่น อาหารสะสมจะอยู่ในรูปของแป้งที่ไม่ละลายน้ำ สามารถพบยูกลีนอยด์ได้ทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม หรือตามที่ชื้นแฉะ และจะยิ่งพบมากในแหล่งน้ำจืดที่มีพวกสารอินทรีย์อุดมสมบูรณ์ บางชนิดขึ้นอยู่บนสาหร่ายหรือซากเน่าเปื่อยของพืช บางชนิดอาศัยอยู่ในหนอนตัวกลม ตัวแบน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

**4.5 Division Phaeophyta** ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae)

สาหร่ายสีน้ำตาลมีสีตั้งแต่สีเขียวมะกอก (Olive green) ถึงสีน้ำตาลเข้ม (Dark brown) โดยมีรงควัตถุคือ ฟิวโคแซนทิน (Fucoxanthin) อย่างไรก็ตาม กลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาลนี้มีลักษณะคล้ายกับสาหร่ายชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่มสาหร่ายสีแดงที่บางชนิดมีสีน้ำตาลเช่นกัน ดังนั้น หากมองเพียงผิวเผิน จะพบว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก (DUDDINGTON, 1966) สาหร่ายสีน้ำตาลชอบขึ้นในเขตอบอุ่นและเขตหนาวมากกว่าเขตร้อน อาจพบว่าขึ้นบนก้อนหินหรือบนสาหร่ายบางชนิด

**4.6 Division Chrysophyta** ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง (Golden-brown Algae) สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง (Yellow-green algae) และไดอะตอม (Diatom)

สาหร่ายทั้งสามพวกนี้มีลักษณะเหมือนกันหลายอย่าง เช่น มีรงควัตถุจำพวกแคโรทีนอยด์มากกว่าคลอโรฟิลล์ แต่มีส่วนประกอบของรงควัตถุ ผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน

**4.7 Division Pyrrhophyta** ได้แก่ สาหร่ายไดโนแฟกเจลเลต (Dinoflagellates)

สามารถพบได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ในลักษณะเป็นแพลงก์ตอน บางชนิดสามารถเรืองแสงในเวลากลางคืน บางชนิดทำให้เกิดปรากฏการณ์เรดไทด์ในทะเล ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ที่บริโภคสัตว์น้ำนั้นๆ โดยสาหร่ายไดโนแฟกเจลเลตที่เป็นอาหารของหอย ได้แก่ สกุล *Gonyaulax* เมื่อมีการบลูมทำให้เกิดกระแสน้ำแดงและสะสมอยู่ในหอย และเมื่อคนนำหอยมารับประทาน จึงทำให้เกิดอาการชาตามลิ้น ริมฝีปาก และส่วนต่างๆของร่างกาย จนทำให้ร่างกายเป็นอัมพาต และอาจร้ายแรงถึงขั้นทำให้เสียชีวิตได้

**4.8 Division Cryptophyta** ได้แก่ สาหร่ายคริปโตโมแนส (Cryptomonas)

เป็นดิวิชันเล็กๆ มีลักษณะแบนจากบนลงล่าง รูปร่างรีๆ ลักษณะไม่สมมาตร พบในน้ำจืดและน้ำเค็ม บางชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดี ปกติเป็นเซลล์เดี่ยว หรืออาจสร้างระยะที่มีเมือกหุ้ม อยู่เป็นอิสระ แต่มีบางชนิดอยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยสาหร่ายดิวิชันนี้มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรดไทด์เมื่อมีการบลูมขึ้น

**4.9 Division Rhodophyta** ได้แก่ สาหร่ายสีแดง (Red algae)

มีจำนวนมากกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายทะเล เจริญเติบโตอยู่แถบชายฝั่งหรืออยู่ใต้ทะเลลึกที่แสงแดดส่องถึง มีขนาดตั้งแต่เล็กไปจนถึงใหญ่ ขึ้นอยู่กับลักษณะทางภูมิศาสตร์ โดยพวกที่มีขนาดใหญ่มักขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่นและเขตหนาว ส่วนในเขตร้อนมักมีขนาดเล็ก สาหร่ายสีแดงมักขึ้นติดพื้นหรือขึ้นบนสาหร่ายชนิดอื่น พวกที่ขึ้นในน้ำจืด มักขึ้นในที่น้ำไหลโดยยึดเกาะกับพื้น กิ่งไม้ รากไม้ หรือก้อนหิน

**5. ประโยชน์ของสาหร่ายด้านการนำมาบริโภค**

สาหร่ายมีประโยชน์หลายด้านซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำมาใช้เป็นอาหาร ประเทศที่นิยมนำสาหร่ายมาใช้เป็นอาหารกันมาก เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ฯลฯ สาหร่ายนั้นจัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานน้อย ส่วนใหญ่มีปริมาณแคลอรี โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่สูงมากนัก แต่มีแร่ธาตุและวิตามินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ไอโอดีน วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี เป็นต้น โดยประเภทของสาหร่ายที่นิยมนำมาบริโภค มีดังนี้

**5.1 สาหร่ายทะเล**

สาหร่ายทะเลที่เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภค ส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่หรือที่เรียกทั่วไปว่า Seaweed ยกตัวอย่างดังนี้

- **กลุ่มสาหร่ายสีแดง (Rhodophyta, Red algae)**

1) พอไฟรา (*Porphyra* spp.)

รู้จักกันทั่วไปในชื่อสายใบ (ภาษาไทย) หรือโนริ (ภาษาญี่ปุ่น) หรือจีฉ่าย (ภาษาจีน) จัดเป็นสาหร่ายที่นิยมบริโภคอย่างมาก ทำให้มีการเพาะเลี้ยงพอไฟรากันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น พอไฟราจัดเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีปริมาณโปรตีนสูง และอุดมไปด้วยวิตามินบีและซี (DUDDINGTON, 1966) แต่ถึงแม้พอไฟราจะมีปริมาณโปรตีนสูง แต่มีปริมาณการบริโภคน้อย จึงไม่ถือว่าเป็นอาหารที่ให้โปรตีนได้อย่างเพียงพอ

พอไฟราจะจำหน่ายในรูปของผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นแห้ง ซึ่งอาจนำมาย่างไฟให้เกิดกลิ่นหอมก่อนนำไปปรุงอาหาร เช่น ใส่ในน้ำซุปหรือซอสต่างๆ โดยอาหารที่รู้จักกันเป็นอย่างดี คือ สาหร่ายที่ใช้ห่อข้าวในข้าวห่อสาหร่าย (Sushi) (ภาพที่ 3) ซึ่งเป็นอาหารญี่ปุ่นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป นอกจากนี้ ในปัจจุบันยังสามารถพบพอไฟราในรูปแบบสาหร่ายทะเลแผ่นปรุงรสอบกรอบ ใช้ทานเป็นขนมขบเคี้ยว (ภาพที่ 4) อย่างไรก็ตาม ต้องระมัดระวังการบริโภคสาหร่ายปรุงรสด้วยเช่นกัน เนื่องจากสาหร่ายจะมีรสเค็มตามธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อนำมาปรุงรสจะทำให้ปริมาณโซเดียมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ร่างกายได้รับไอโอดีนมากเกินความต้องการและส่งผลให้ต่อมไทรอยด์ทำงานผิดปกติ

ภาพที่ 3 ข้าวห่อสาหร่าย (ซูชิ)
(ที่มา : https://pl.wikipedia.org/wiki/Maki_(sushi))

ภาพที่ 4 สาหร่ายโนริชนิดแผ่น
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Nori#)

จะเห็นได้ว่า สามารถนำสาหร่ายพอไฟรามาบริโภคในรูปแบบต่างๆ สำหรับประเทศไทยพบว่า สาหร่ายพอไฟราที่นำมาบริโภคได้ มี 2 ชนิด (กาญจนภาชน์, 2521) ได้แก่

- *Porphyra vietnamensis* Tanaka et Pham-Hoang Ho สามารถพบได้แถบจังหวัดสงขลาและนราธิวาส มีชื่อพื้นเมืองว่า สายหรือสายใบ อาจพบการวางขายในรูปแบบสดหรือเป็นแผ่นกลมตากแห้ง คนในชุมชนมักนำมาประกอบอาหาร เช่น แกงจืด หรือใส่ในก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น

- *Porphyra crispata* Kjellman สามารถพบได้แถบจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และภูเก็ต มีชื่อพื้นเมืองว่า สาย นำมาใช้ประกอบอาหารเช่นเดียวกับสาหร่าย *Porphyra vietnamensis* Tanaka et Pham-Hoang Ho แต่ไม่ค่อยเป็นที่นิยม เนื่องจากมีขนาดเล็กและพบไม่มาก

นอกจากประเทศญี่ปุ่น เกาหลี จีนและไทย ซึ่งเป็นประเทศแถบเอเชียที่นิยมบริโภคสาหร่ายพอไฟราแล้ว ประเทศชาวตะวันตกก็บริโภคสาหร่ายพอไฟราเช่นเดียวกัน เช่น ชาวนิวซีแลนด์ที่นำพอไฟรามาต้มแล้วรับประทานพร้อมมันฝรั่งบด ทอดด้วยเนย หรือชาวอังกฤษที่บริโภคพอไฟราโดยการทอดกับเนยหรือนำมาเป็นส่วนผสมในการทำขนมปัง

2) <u>กราซิลาเรีย</u> (*Gracilaria* spp.)

ในประเทศไทยรู้จักกันทั่วไปในชื่อว่า วุ้น ข้อ เขากวาง ผมนาง หรือสาย โดยจากการศึกษาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายกราซิลาเรียพบว่า มีปริมาณไขมันน้อยมาก และมีโปรตีน แป้ง เส้นใย ไอโอดีน และวิตามินเอ เป็นองค์ประกอบ โดยคุณค่าทางอาหารเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ความเค็ม ความขุ่น หรือปริมาณสารไนเตรทของน้ำทะเล ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสิ้น

สาหร่ายกราซิลาเรียที่บริโภคได้ในประเทศไทยพบว่ามี 3 ชนิด (กาญจนภาชน์, 2521) ได้แก่

- *Gracilaria* verrucosa (Hudson) Papenfuss พบได้แถบจังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สงขลา สุราษฎร์ธานี ปัตตานี และระนอง คนในชุมชนนำมารับประทานสด ปรุงอาหารประเภทยำ ลวกจิ้มน้ำพริก หรือนำมาสกัดทำเป็นวุ้นได้

- *Gracilaria salicornia* (Ag.) Dawson พบได้แถบจังหวัดตราด ระยอง และชลบุรี นำมาบริโภคในลักษณะเดียวกันกับสาหร่าย *Gracilaria* verrucosa (Hudson) Papenfuss แต่ไม่ค่อยนิยม วุ้นที่ได้จากสาหร่ายชนิดนี้มีคุณภาพไม่ค่อยดีนัก โดยมีค่าความแข็งของเจล (Gel strength) ต่ำมาก

- *Gracilaria crassa* J.G. Agardh พบได้แถบจังหวัดตราด ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และภูเก็ต นำมาบริโภคในลักษณะเดียวกันกับสาหร่าย *Gracilaria* verrucosa (Hudson) Papenfuss

นอกจากนี้ การนำสาหร่ายกราซิลาเรียมาบริโภค ยังมีอีกหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น นำมาผัด ทำเป็นสลัด หรือปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส สำหรับประเทศไทยได้ทำการพัฒนาแปรรูปอาหารจากสาหร่ายผมนางเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารว่างไทยเสริมสาหร่ายผมนาง

ของจิราพร และคณะ (2554) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารว่างไทยให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยอาหารว่างไทย 3 ชนิด ได้แก่ หมี่กรอบ ข้าวเกรียบปลาทู และขนมทองม้วน พบว่า การเสริมสาหร่ายผมนางทำให้ผลิตภัณฑ์หมี่กรอบมีใยอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลาทูและขนมทองม้วนมีโปรตีน ใยอาหารและเหล็กเพิ่มขึ้น

3) ดุลส (Dulse; *Palmaria palmata*)

สาหร่ายดุลสนั้น บริโภคกันมากในแถบยุโรป แคนาดา ไอร์แลนด์ สกอตแลนด์ ทั้งในรูปแบบอาหารและยา มีโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่สูง โดยเฉพาะไอโอดีน สามารถนำมารับประทานเป็นอาหารได้ในหลายรูปแบบ เช่น อบกับเนยแข็ง ทำซุป สลัด แซนวิช ฯลฯ หากนำมาใช้เป็นยา สามารถใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ แก้อาการท้องผูก ลดไข้ รักษาเลือดออกตามไรฟัน บำรุงสายตา บำบัดโรคที่เกี่ยวกับต่อมไทรอยด์ เนื่องจากมีไอโอดีนสูง

ปัจจุบัน มีสาหร่ายดุลสพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์และจดสิทธิบัตรโดยนักวิจัยมหาวิทยาลัยแห่งรัฐโอเรกอน สหรัฐอเมริกา (ภาพที่ 5) โดยได้พัฒนาให้มีรสชาติคล้ายเบคอน แต่ให้คุณค่าทางโภชนาการคล้ายกับผัก อุดมด้วยแร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ บริโภคกันมากในแถบยุโรป แคนาดา ไอร์แลนด์ ฯลฯ (สถานีโทรทัศน์ไทยพีบีเอส, 2558; Oregon State University, 2015)

ภาพที่ 5 สาหร่ายเบคอน

(ที่มา : http://oregonstate.edu/ua/ncs/sites/default/files/imagecache/scale-crop-300-450/dulse_langdon_003sw.jpg)

- **กลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาล (Phaeophyta, Brown algae)**

1) ลามินาเรีย (*Laminaria* spp.)

รู้จักทั่วไปในชื่อภาษาญี่ปุ่นว่า สาหร่ายคอมบุ (Kombu) มีการเจริญเติบโตมากบริเวณฝั่งทะเลของเกาะฮอกไกโด มีขนาดยาวประมาณ 2 เมตร โดยการเก็บเกี่ยวจะเก็บตั้งแต่บริเวณรากของสาหร่าย แล้วนำมาตากแห้ง

สาหร่ายคอมบุได้รับความนิยมในการบริโภคมากในประเทศญี่ปุ่น โดยถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงแต่งอาหารให้มีรสชาติกลมกล่อม (ภาพที่ 6) นิยมใส่ในน้ำซุป (ภาพที่ 7) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยเส้นใยและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก และแคลเซียม (สำนักข่าวสารญี่ปุ่นฯ, 2557) นอกจากนี้ยังมีการบริโภคในอีกหลายรูปแบบ เช่น ปรุงรสด้วยซอสถั่วเหลือง นำไปห่อปลาแห้งแล้วปรุงรส บดเป็นผง ชงเหมือนชา ห่ออาหารก่อนนำไปย่าง ฯลฯ นอกจากนี้ สาหร่ายคอมบุยังเป็นที่นิยมทั่วโลกในการนำมารับประทาน เช่น สกอตแลนด์ ทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป (อาภารัตน์, 2547)

ภาพที่ 6 สาหร่ายคอมบุ
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Kombu)

ภาพที่ 7 ซุปมิโซะใส่สาหร่ายคอมบุ
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Miso_soup#)

2) อุนดาเรีย (*Undaria* spp.)

รู้จักทั่วไปในชื่อภาษาญี่ปุ่นว่า สาหร่ายวากาเมะ (Wakame) (ภาพที่ 8) โดยพบว่า ในสาหร่ายวากาเมะนั้นมีสารอาหารต่างๆ มากมายทั้งโปรตีน โพลิแซคคาไรด์ เกลือแร่ วิตามิน และยังมีไขมันในปริมาณน้อย ในปัจจุบันมีการศึกษาถึงผลของสารฟิวโคแซนทิน (Fucoxanthin) ในสาหร่ายวากาเมะ ซึ่งใช้เป็นสารออกฤทธิ์ต้านความอ้วน แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า สาหร่ายวากาเมะนั้นช่วยลดความอ้วนในคนได้จริงหรือไม่ เนื่องจากมีการศึกษาในสัตว์ทดลองเท่านั้น อย่างไรก็ตาม สามารถรับประทานสาหร่ายวากาเมะได้เพราะเป็นแหล่งอาหารที่ดี มีไขมันน้อย หากรับประทานควบคู่กับการควบคุมอาหารและออกกำลังกายก็จะช่วยควบคุมน้ำหนักได้ (ธีรภัทร์, 2557) นอกจากการศึกษาด้านการลดความอ้วนแล้ว ยังมีการศึกษาด้านการป้องกันมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งเต้านมในผู้หญิง ซึ่งมีข้อมูลว่า สาหร่ายวากาเมะสามารถลดการกลายเซลล์และลดการขยายตัวของเซลล์มะเร็งเต้านมได้ (ศัลยา, 2556) สาหร่ายอุนดาเรีย หรือวากาเมะสามารถรับประทานได้ในหลายรูปแบบ เช่น การนำไปใส่ในซุปซึ่งเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากสามารถบริโภคร่วมกับอาหารอื่นได้ทุกมื้อ นำมาย่างไฟ หรืออาจนำมาปรุงเป็นสลัดผัก

ภาพที่ 8 สาหร่ายวากาเมะ
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Wakame)

- **กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta, Green Algae)**

1) ดูนาลิเอลลา (*Dunaliella salina*)

ดูนาลิเอลลาเป็นสาหร่ายทะเลขนาดเล็ก และถึงแม้จะอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว แต่สามารถผลิตรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดงได้ โดยชนิดที่สำคัญคือเบตา-แคโรทีน (β-carotene) โดยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสุขภาพในด้านต่างๆ โดยส่วนใหญ่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารซึ่งมีผู้บริโภคสนใจกันมาก

เมื่อเบต้า-แคโรทีนถูกย่อยสลายที่ตับแล้ว จะได้วิตามินเอ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป วิตามินเอเป็นวิตามินที่สำคัญต่อพัฒนาการของร่างกาย การเจริญเติบโตและการมองเห็น นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งช่วยป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคจอประสาทตาเสื่อม และความชรา (BURRI, 1997) นอกจากสารเบต้า-แคโรทีนจะพบในสาหร่ายดูนาลิเอลลาแล้ว ยังพบในพืช ผัก ผลไม้อื่นๆ เช่น มันเทศ แครอท ผักโขม ฟักบัตเตอร์นัท คะน้า มะเขือเทศ บร็อคโคลี แอปริคอต ลูกพีช ลูกพรุน เป็นต้น (NULL, 2009)

ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายดูนาลิเอลลาเพื่อผลผลิตเบต้า-แคโรทีนในระดับอุตสาหกรรมอยู่หลายประเทศ เช่น อิสราเอล อเมริกา ออสเตรเลีย จีน สเปน โดยข้อได้เปรียบของการเลี้ยงสาหร่ายดูนาลิเอลลาคือ สารเบต้า-แคโรทีนที่ได้จากสาหร่ายชนิดนี้มีราคาสูงและมีความต้องการของตลาดมาก ซึ่งนอกจากสารเบต้า-แคโรทีนที่ได้แล้วยังมีกลีเซอรอลและโปรตีน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป สาหร่ายดูนาลิเอลลายังสามารถเจริญได้ในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง ทำให้ลดโอกาสปนเปื้อนจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อผลผลิต และสาหร่ายชนิดนี้ไม่มีผนังเซลล์ ดังนั้น ระบบย่อยอาหารของมนุษย์และสัตว์สามารถย่อยได้โดยตรง จึงนำไปใช้ผลิตเป็นอาหารโดยไม่จำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีที่ทำให้ผนังเซลล์แตกออกก่อน (สรวิศ, 2543)

2) สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)

มีลักษณะคล้ายองุ่น สีเขียวสด พบได้ในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม ญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยจะเจริญตามแนวชายฝั่งอันดามัน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะโปรตีน มีวิตามินหลายชนิด อุดมด้วยแร่ธาตุและไอโอดีน ชาวบ้านนิยมนำมาทำเป็นอาหารจำพวกยำ ผัด ต้มจิ้มน้ำพริก นอกจากนี้ ยังเป็นที่นิยมรับประทานในหมู่ชาวฟิลิปปินส์ จีน เกาหลี ญี่ปุ่น โดยรับประทานเป็นสลัด หรือรับประทานกับซูชิ ใช้เป็นส่วนประกอบใน salmon roll และอาหารทะเลต่าง ๆ รับประทานกับมันฝรั่ง ปรุงเหมือนไข่ปลาคาร์เวียร์ (ภาพที่ 9) และได้กลายเป็นอาหารสุขภาพน้องใหม่ที่กาลังได้รับความนิยม (ปริญญ์, 2557)

ภาพที่ 9 การรับประทานสาหร่ายพวงองุ่นในรูปแบบสลัดกับซูชิ
(ที่มา: http://www.fisheries.go.th/cf-coastal_feed/images/stories/pdf/
การเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเชิงพาณิชย์.pdf)

**ตารางที่ 1** คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น

| **องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบ** | **มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
|---|---|
| โปรตีน | 12.49 |
| ไขมัน | 0.86 |
| เยื่อใย | 3.17 |
| เถ้า | 24.2 |
| คาร์โบไฮเดรต | 59.27 |
| ความชื้น | 25.31 |
| **เกลือแร่** | **มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| ฟอสฟอรัส | 1030 |
| โปแตสเซียม | 970 |
| แคลเซียม | 780 |
| แมกนีเซียม | 630 |
| สังกะสี | 2.6 |
| แมงกานีส | 7.9 |
| เหล็ก | 9.3 |
| **เกลือแร่** | **ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| ทองแดง | 2200 |
| ไอโอดีน | 1424 |

**ตารางที่ 1** คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น (ต่อ)

| วิตามิน | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด |
|---|---|
| วิตามินอี | 2.22 |
| วิตามินซี | 1.00 |
| ไทอะมีน | 0.05 |
| ไรโบฟลาวิน | 0.02 |
| ไนอะซิน | 1.09 |

ที่มา : สุพล และคณะ (2556)

ในประเทศไทยได้มีการนำสาหร่ายทะเลชนิดต่างๆ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้พัฒนาและจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายขึ้น เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายทะเล ได้แก่ มผช. 515/2547 สาหร่ายทะเลอบ ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสาหร่ายทะเลสดหรือสาหร่ายทะเลตากแห้งชนิดที่บริโภคได้ เช่น สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาลมาตากหรืออบให้แห้ง อาจทาหรือคั่วหรือทอดน้ำมันและอาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊ว กระเทียม พริก ข่า หอมหัวใหญ่ หอมแดง และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น งา สมุนไพร มีขอบข่ายครอบคลุมสาหร่ายทะเลที่อบแห้งแล้ว อาจปรุงรสหรือไม่ก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ

**5.2 สาหร่ายน้ำจืด**

- **กลุ่มสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Cyanophyta, Blue-green algar, Cyanobacteria)**

1) <u>สไปรูไลนา</u> (*Spirulina* spp. หรือ *Arthrospira* spp.)

รู้จักทั่วไปในชื่อภาษาไทยว่า สาหร่ายเกลียวทอง สาหร่ายสไปรูไลนาได้ถือกำเนิดบนโลกมาเป็นเวลาหลายล้านปี แต่เพิ่งได้รับความสนใจในการนำมาทำเป็นอาหารในปัจจุบัน โดยเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนถึงร้อยละ 55-70 โดยน้ำหนักแห้ง โดยสารอาหารที่สำคัญในสาหร่ายสไปรูไลนา (HABIB et al., 2008) มีดังนี้

- กรดอะมิโน (Amino acids) สาหร่ายสไปรูไลนามีกรดอะโมที่จำเป็นอยู่อย่างครบถ้วน และถึงแม้ว่าจะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดในปริมาณน้อย ได้แก่ เมไธโอนีน (Methionine) ซิสเตอีน (Cystine) และไลซีน (Lysine) เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนมาตรฐาน เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ หรือนม แต่ก็จัดได้ว่ามีโปรตีนเหนือกว่าพืชชนิดอื่น เช่น ถั่ว เป็นต้น

- กรดไขมันจำเป็น (Essential fatty acids) สาหร่ายสไปรูไลนาประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated fatty acids; PUFAs) ในปริมาณสูง โดยในปริมาณไขมันทั้งหมดประมาณร้อยละ 5-6 มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งสิ้นอยู่ร้อยละ 1-2 โดยชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากคือ γ-กรดไลโนเลนิก (γ-Linolenic acid; ALA) γ-กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid; LA) กรดสเตียริโดนิก (Stearidonic acid; SDA) และกรดอีโคซะเพนตะอีโนอิก (Arachidonic acid; AA)

- วิตามิน (Vitamims) สาหร่ายสไปรูไลนาประกอบด้วยวิตามินบี1 (Thiamine) บี2 (Riboflavin) บี3 (Ncotinamide) บี6 (Pyridoxine) บี9 (Folic acid) บี12 (Cyanocobalamin) ซี ดี และอี

- เกลือแร่ (Minerals) สาหร่ายสไปรูไลนาเป็นแหล่งของเกลือแร่ต่างๆ โดยเฉพาะ โพแทสเซียม (Potassium) นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม (Calcium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) เหล็ก (Iron) แมกนีเซียม (Magnesium) แมงกานีส (Manganese) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ซีลีเนียม (Selenium) โซเดียม (Sodium) และสังกะสี (Zinc)

- รงควัตถุสังเคราะห์แสง (Photosynthetic pigments) สาหร่ายสไปรูไลนาประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) แซนโทฟิล (Xanthophyll) เบต้า-แคโรทีน (Beta-carotene) เอคินีโนน (Echinenone) ไมโซแซนโทฟิล (Myxoxanthophyll) ซีแซนทิน (Zeaxanthin) แคนทาแซนทิน (Cnthaxanthin) ไดอะโตแซนธิน (Diatoxanthin) 3-ไฮดรอกซีเอคินีโนน (3-Hydroxyechinenone) เบต้า-คริปโทแซนทิน (Beta-cryptoxanthin) ออสซิลลาแซนทิน (Oscillaxanthin) และยังมีฟิโคบิลิโปรตีน (Phycobiliproteins) ซี-ไฟโคไซยานิน (C-Phycocyanin) และ อัลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin)

อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์สารอาหารดังกล่าว เป็นผลการวิเคราะห์จากสาหร่ายสไปรูไลนาที่เลี้ยงและเจริญเติบโตในห้องแลปโดยจำลองสภาพธรรมชาติ

สาหร่ายสไปรูไลนาได้ถูกนำมาผลิตเชิงการค้าในหลายแห่งทั่วโลก โดยประเทศที่มีการผลิตมาก ได้แก่ อเมริกา เม็กซิโก ญี่ปุ่น จีน และไทย โดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ไม่ว่าจะในรูปแบบของผง เม็ด แคปซูล หรือสารสกัด รวมทั้งได้มีการนำไปดัดแปลงเป็นส่วนประกอบของอาหารเสริมสุขภาพชนิดต่างๆ เช่น เวเฟอร์ เส้นหมี่ เส้นพาสตา ลูกอม เนยแข็ง โยเกิร์ต เต้าหู้ ฯลฯ นอกจากการนำมาบริโภคเป็นอาหารคนแล้ว ยังมีการนำสาหร่ายสไปรูไลนาไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ตลอดจนนำมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและเครื่องสำอางอีกด้วย

สำหรับประเทศไทยได้มีการนำสาหร่ายสไปรูไลนามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่างๆ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้พัฒนาและจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายสไปรูไลนาขึ้น ดังนี้

- มผช.482/2547 น้ำสาหร่ายสไปรูไลนา หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำสาหร่ายสไปรูไลนาที่สดหรือแห้งและอยู่ในสภาพดีมาต้มกับน้ำ อาจปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล น้ำผึ้ง ใบเตย นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ เหมาะสม มีขอบข่ายครอบคลุมเฉพาะน้ำสาหร่ายสไปรูไลนาพร้อมดื่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ

- มผช.540/2549 สาหร่ายสไปรูไลนาผงสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำสกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาสดหรือแห้งไปให้ความร้อนจนเข้มข้น นำไปผสมกับน้ำตาลแล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม มีขอบข่ายครอบคลุมสาหร่าย สไปรูไลนาผสมน้ำตาลที่ทำให้แห้งแล้วและบดเป็นผงหรือทำเป็นเกล็ด พร้อมชงดื่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ

- มผช.542/2549 สาหร่ายสไปรูไลนาแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสาหร่ายสไปรูไลนาสดมาล้างให้สะอาด ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น แล้วบดเป็นผง มีขอบข่ายครอบคลุมสาหร่ายสไปรูไลนาที่ทำให้แห้งและบดเป็นผง อาจบรรจุในซองเยื่อกระดาษ บรรจุในภาชนะบรรจุใช้สำหรับชงเป็นเครื่องดื่ม

2) <u>นอสตอค</u> (*Nostoc* spp.)

สาหร่ายนอสตอค รู้จักทั่วไปในชื่อภาษาไทยว่า ไข่หิน ดอกหิน หรือเห็ดลาบ เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่มีการเจริญเติบโตแบบเป็นเส้นสายมีเมือกห่อหุ้ม ชนิดที่นิยมบริโภคมาก คือ Nostoc commune มีการบริโภคในหลายประเทศทั่วโลก เช่น ญี่ปุ่น จีน ฯลฯ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งอาจพบได้แถบภาคอีสาน เช่น ในจังหวัดมหาสารคาม สามารถเจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝน คนในชุมชนเก็บมารับประทานโดยเชื่อว่ามีสรรพคุณทางยาในการช่วยรักษาระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ สาหร่ายนอสตอคมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยพบว่าสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งธรรมชาติมีโปรตีนร้อยละ 20 ซึ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ครบถ้วน ในขณะที่มีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.02 และที่น่าสนใจ คือ มีใยอาหารสูงถึงร้อยละ 43 ด้วยการที่สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางอาหารสูง จึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพในรูปแบบต่างๆ ที่สามารถรับประทานในชีวิตประจำวันได้ (อาภารัตน์ และคณะ, 2549)

- **กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta, Green Algae)**

1) <u>คลอเรลลา</u> (*Chlorella* spp.)

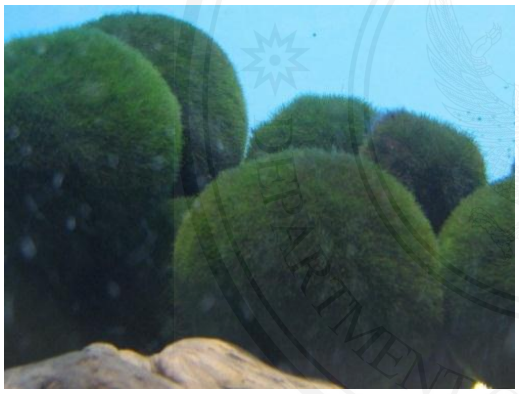
สาหร่ายคลอเรลลาจัดเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ โดยมีโปรตีนที่อยู่ในรูปของกรดนิวคลีอิกคือ อาร์เอ็นเอ (RNA) สูงมาก คลอเรลลาได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากเจริญเติบโตง่ายและมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 55.5 ของน้ำหนักแห้ง ไขมัน ร้อยละ 7.5 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 17.8 และอื่นๆ (กาญจนภาชน์, 2527) นอกจากนี้ ยังมีวิตามินหลากหลาย คือ วิตามินซี

เบต้า-แคโรทีน บี1 บี2 บี6 บี12 ไนอาซิน กรดโฟลิก ไบโอติน โคลีน อินโนซิทอล พีเอบีเอ อี และเค เกลือแร่ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แคลเซียม แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ไอโอดีน และโคบอลต์ รวมทั้งมีกรดไขมันไลโปอิกด้วย (อาภารัตน์, 2547)

สาหร่ายคลอเรลลาได้รับความสนใจอย่างมากในหลากหลายมุมมอง โดยเป็นสาหร่ายชนิดหนึ่งที่พยายามนำมาผลิตเพื่อเป็นอาหาร สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เพาะเลี้ยงในถังขนาดใหญ่ได้ และเนื่องจากสาหร่ายคลอเรลลามีผนังเซลล์ที่หนาและแข็ง ทำให้ร่างกายมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้โดยตรง การผลิตสาหร่ายคลอเรลลาผงแห้งจึงต้องผ่านกระบวนการพิเศษที่ทำให้ผนังเซลล์แตกออกก่อน

2) <u>คลาโดฟอรา</u> (*Cladophora* spp.)

สาหร่ายคลาโดฟอรา รู้จักกันทั่วไปในชื่อภาษาไทยว่า ไก และชื่อภาษาญี่ปุ่นว่า มาริโมะ (Marimo) เป็นสาหร่ายสกุลใหญ่ พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เจริญเติบโตในแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยยึดเกาะกับหินและขึ้นปกคลุมเป็นแผ่นหนา อาจพบในลักษณะเป็นก้อนกลม เรียกว่า “Lake ball” หรือ “Cladophora ball” (ภาพที่ 10) บางครั้งมีลักษณะคล้ายผ้าห่มขนสัตว์ เรียกว่า “Blanket weed” (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 10 สาหร่ายคลาโดฟอราลักษณะเป็นก้อนกลม (https://en.wikipedia.org/wiki/Marimo)

ภาพที่ 11 สาหร่ายคลาโดฟอราลักษณะคล้ายผ้าห่มขนสัตว์ (https://de.wikipedia.org/wiki/Cladophora)

สำหรับประเทศไทยจะพบสาหร่ายชนิดนี้ได้ทางภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดน่านและเชียงราย โดยการเก็บสาหร่ายไกของคนในชุมชนจะเรียกว่า “จกไก” ซึ่งจะรอให้สาหร่ายเจริญเต็มที่ มีขนาดยาวตั้งแต่ 0.5 เมตร ไปจนถึง 4-5 เมตร การจกไก คือการดึงสาหร่ายที่มีขนาดยาวพอเหมาะออกจากก้อนหินแล้วส่ายไปมาในน้ำให้ดินหรือสิ่งที่เกาะมาหลุดออกไป พาดไว้บนท่อนแขน สะสมไปเรื่อยๆ จนมากพอก็จะม้วนให้เป็นกลุ่มก้อน นำไปทำเป็นเมนูอาหารพื้นบ้านต่างๆ หรือนำไปตากแห้งหรือแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ ต่อไป เช่น สาหร่ายไกแผ่นปรุงรส คุกกี้ไก ขนมปังไก เส้นบะหมี่ไก หมูยอสาหร่ายไก ลูกชิ้นหมูสาหร่ายไก ไส้กรอกเปรี้ยวผสมสาหร่ายไก แครกเกอร์หน้าไกยี และไกแผ่นชุบแป้งทอด (ยุวดี, ม.ป.ป.) สาหร่ายไกมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก

| สารอาหารพื้นฐาน | กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง |
|---|---|
| ไขมัน | 3.12 |
| โปรตีน (Nx6.25) | 19.3 |
| กาก (ใยอาหาร) | 21.9 |
| เถ้า | 19.6 |
| คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ) | 30.34 |
| **วิตามิน** | **ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| วิตามินเอ | ไม่พบ |
| วิตามินบี 1 | 169.5 |
| วิตามินบี 2 | 541.1 |
| กรดโฟลิก | 136.3 |
| กรดแพนโทธีนิก | 263.2 |
| **วิตามิน** | **มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| ไนอะซิน | 4.20 |
| วิตามินซี | 6.78 |
| **เกลือแร่** | **ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| ซีลีเนียม | 460.4 |
| ทองแดง | 310.0 |
| **เกลือแร่** | **มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| แคลเซียม | 943.9 |
| โซเดียม | 716.9 |
| แมกนีเซียม | 170.5 |

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (ต่อ)

| เกลือแร่ | มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง |
|---|---|
| แมงกานีส | 5.36 |
| เหล็ก | 162.0 |
| สังกะสี | 0.65 |
| **เกลือแร่** | **กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง** |
| โพแทสเซียม | 4.62 |
| คลอไรด์ | 1.56 |

ที่มา : ยุวดี (ม.ป.ป.)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้พัฒนาและจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายไกขึ้น ได้แก่ มผช. 516/2547 สาหร่าย น้ำจืดอบ ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวหรือที่เรียกว่า “ไก” ที่ตากแห้งแล้วหรือไกสดที่ฉีก ล้างทำความสะอาดและสะบัดน้ำออกแล้วมาตากหรืออบให้แห้ง อาจทาหรือคั่วหรือทอดน้ำมัน อาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊ว กระเทียม พริก ข่า หอมหัวใหญ่ หอมแดง และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น งา สมุนไพร มีขอบข่ายครอบคลุมสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวที่อบแห้งแล้ว อาจปรุงรสหรือไม่ก็ได้บรรจุในภาชนะบรรจุ

นอกจากการนำสาหร่ายไก หรือสาหร่ายมาริโมะมารับประทานเป็นอาหารแล้ว เมื่อไม่นานมานี้ยังมีกระแสการเลี้ยงสาหร่ายมาริโมะเป็นเครื่องรางนำโชคอีกด้วย โดยนิยมเลี้ยงสาหร่ายมาริโมะที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม ชาวญี่ปุ่นเชื่อว่า การเลี้ยงสาหร่ายมาริโมะจะนำพาความโชคดี ความรักและความสุขมาให้กับคนที่เลี้ยง จึงได้รับความนิยมมากในหมู่วัยรุ่น โดยอาจนำมาตกแต่งในขวดแก้วเพื่อความสวยงามและขายได้ราคามากยิ่งขึ้น ซึ่งเทคนิคการเลี้ยงสาหร่ายมาริโมะมีบางประการ ดังนี้

- ควรเลี้ยงในน้ำที่มีความกระด้างเล็กน้อย โดยอาจใส่กรวดปะการังซึ่งทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้นและทำให้สาหร่ายโตเร็วยิ่งขึ้น
- อุณหภูมิของน้ำไม่จำเป็นต้องเย็น แต่ถ้าเป็นน้ำเย็นจะโตเร็วยิ่งขึ้น โดยสาหร่ายมาริโมะสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 30 องศาเซลเซียส
- หากเลี้ยงสาหร่ายมาริโมะที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม ควรเลี้ยงในน้ำไหลวน เพื่อให้เป็นก้อนกลมๆ ได้ดียิ่งขึ้น
- ห้ามใช้สารเคมีสำหรับกำจัดสาหร่าย เช่น คอปเปอร์ เป็นต้น
- การขยายพันธุ์ ต้องปล่อยให้สาหร่ายสร้างก้อนเล็กๆ ขึ้นมาเอง แล้วหลุดออกมา

- ไม่ควรเลี้ยงในสภาวะที่มีแสงมาก
- สาหร่ายมาริโมะต้องการปุ๋ยคาร์บอนเหมือนไม้น้ำทั่วไป แต่ไม่แนะนำให้ใช้คาร์บอนน้ำ
- หากขนของสาหร่ายเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล เกิดจากการผิดสมดุลของเกลือแร่และแบคทีเรีย แก้ไขโดยถูส่วนที่เปลี่ยนสีออกเบาๆ แล้วเติมเกลือทะเลลงไปความเข้มข้นร้อยละ 5 (กฤษณา, 2557)

3) <u>สไปโรไจรา</u> (Spirogyra spp.)

รู้จักกันทั่วไปในชื่อภาษาไทยว่า “เตา” หรือ “เทาน้ำ” มักพบลอยเป็นแพหรือติดกับวัตถุ มีลักษณะเป็นเส้นสายไม่แตกแขนง มีสีเขียวสด มีเมือกปกคลุม เมื่อจับดูจะรู้สึกลื่นมือ และเนื่องจากมีคลอโรพลาสต์จึงสามารถสร้างอาหารได้เองโดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง มักพบอยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติซึ่งเป็นน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเอื่อยๆ และพบมากในฤดูฝน

สาหร่ายชนิดนี้นิยมบริโภคเป็นอาหารในหลายประเทศแถบอินโดจีน เช่น พม่า ลาว ไทย ซึ่งสำหรับประเทศไทยนั้นจะเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยนำมาปรุงเป็นอาหารประเภทยำ ลาบ น้ำพริก ต้มจืด เจียวไข่ แกงส้ม โดยมีคุณค่าทางโภชนาการโดยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 18.63-23.76 ไขมันร้อยละ 2.86-5.21 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.98-56.31 เส้นใยร้อยละ 6.24-7.66 และเถ้าร้อยละ 11.78 (ภัณฑิลา, 2557) นอกจากจะเป็นอาหารพื้นบ้านแล้ว ยังมีนักวิจัยสนใจนำสาหร่ายสไปโรไจรามาพัฒนา โดยชวนพิศ (2555) ได้ศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเทาน้ำอบแห้งปรุงรส โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเทาน้ำที่มีราคาถูกเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยพบว่ากระบวนการทำแห้งและอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเทาน้ำ ดังนั้น ควรศึกษาสภาวะดังกล่าวให้ดีก่อนการผลิต ผลการศึกษายังรายงานว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบสาหร่ายอบแห้งรสดั้งเดิม (ซีอิ๊วขาว น้ำตาล) มากที่สุดร้อยละ 33.16 โดยส่วนใหญ่ต้องการให้เสริมพริกไทยลงไปและต้องการให้บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์

**6. ประโยชน์ของสาหร่ายด้านอื่นๆ**

นอกจากการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในการนำมาเป็นอาหาร ดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้ว สาหร่ายยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ ยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

**6.1 การใช้สาหร่ายในอุตสาหกรรม**

นอกจากการนำสาหร่ายมาบริโภคเป็นอาหารหรือใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารโดยตรงแล้ว ยังนิยมนำสารสกัดจากสาหร่ายมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตวุ้น แอลจิเนต และคาร์ราจีแนนอีกด้วย

- วุ้น (Agar) เป็นสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง องค์ประกอบที่สำคัญของวุ้นคือ อะกาโรส (Agarose) และอะกาโรเพคติน (Agaropectin) โดยปริมาณและคุณภาพของวุ้นจะขึ้นอยู่กับ

ชนิดของสาหร่าย ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล สามารถนำวุ้นจากสาหร่ายมาประกอบอาหาร ใช้เป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ใช้เป็นสารคงรูป (Stabilizer) หรือใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางบำรุงผิว ฯลฯ

- แอลจิเนต (Alginate) สกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล ปกติเมื่ออยู่ในเซลล์จะอยู่ในรูปของกรดแอลจินิกซึ่งไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อสกัดออกมาแล้วจะอยู่ในรูปของเกลือแอลจิเนตซึ่งละลายน้ำได้ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายข้น เหนียว นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น นม ไอศกรีม ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และเครื่องสำอางอีกด้วย
- คาร์ราจีแนน (Carrageenan) สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง สามารถละลายน้ำได้ดี มี 2 ชนิด

1) แคปปา คาร์ราจีแนน (Kappa Carrageenan) ละลายได้ในน้ำร้อน ตกตะกอนได้ในสารละลายที่มีโปตัสเซียม ถ้ามีแคปปาคาร์ราจีแนนมากจะมีความแข็งสูง

2) แลมบ์ดา คาร์ราจีแนน (Lambda Carrageenan) ละลายได้ในน้ำเย็น ไม่ตกตะกอนในสารละลายที่มีโปตัสเซียม

คาร์ราจีแนนใช้เป็นสารคงรูปในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์ขนม นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และเครื่องสำอาง

**6.2 การใช้สาหร่ายเป็นยา**

สาหร่ายบางชนิดมีสรรพคุณทางยา เช่น สาหร่ายสีน้ำตาลบางชนิดสามารถรักษาคอพอก แก้ร้อนในได้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดให้สารออกฤทธิ์รักษามะเร็ง นอกจากนี้ สาหร่ายทะเลบางชนิดยังสามารถรักษาอาการท้องร่วง โรคทางเดินปัสสาวะ และลำไส้อักเสบได้

**6.3 การใช้สาหร่ายเพื่อบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม**

การใช้สาหร่ายบำบัดน้ำทิ้งนั้นมีมานานแล้ว โดยเฉพาะการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาซึ่งเมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้งของการเกษตรและอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตสูง นอกจากจะช่วยบำบัดคุณภาพน้ำแล้ว ผลผลิตของสาหร่ายที่ได้ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกและมีราคาดี

**6.4 การใช้สาหร่ายเป็นอาหารสัตว์หรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์**

ในประเทศแถบยุโรป นิยมใช้สาหร่ายทะเลเป็นอาหารสัตว์ เช่น กระบือ โค แพะ แกะ เนื่องจาก สัตว์พวกนี้มีน้ำย่อยพิเศษสามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของสาหร่ายซึ่งเป็นพวกเซลลูโลสได้ นอกจากนี้ยังมักใช้สาหร่ายสไปรูไลนาเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเร่งสี เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นบนตัวปลาโดยทั่วไปจะเป็นสีของรงควัตถุที่เป็นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ และเนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้เอง จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ดังนั้น ความเข้มของสีที่ปรากฏบนผิวปลาจะขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากอาหารนั่นเอง

**6.5 การใช้สาหร่ายเป็นปุ๋ยชีวภาพ**

สาหร่ายทะเลที่ถูกพัดมากองบริเวณชายหาดในบางฤดูกาลสามารถนำมาตากแห้งและใช้เป็นปุ๋ยคุณภาพดีได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำทำให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ นอกจากนี้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิดยังมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์ ทำให้ไม่จำเป็นต้องให้สารอาหารอนินทรีย์ไนโตรเจนแก่สาหร่ายชนิดนี้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถพบได้ในดินทั่วไปโดยเฉพาะในที่ชื้นแฉะ เช่น ในนาข้าว จึงได้มีงานวิจัยมากมายที่มีแนวคิดที่จะนำสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนี้มาเป็นปุ๋ยชีวภาพให้นาข้าว เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนซึ่งมีราคาแพง โดยข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของการใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (สรวิศ, 2543) สรุปได้ดังนี้

1) ปุ๋ยชีวภาพช่วยพัฒนาคุณภาพดิน โดยไม่เพียงแต่จะให้ธาตุอาหารไนโตรเจนเท่านั้น แต่ยังมีธาตุอาหารหลักและรองอื่นๆ ด้วย โดยช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้ดิน

2) ช่วยประหยัดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่งหรือหนึ่งในสามของที่เคยใช้ เป็นการลดต้นทุน

3) ช่วยผลิตและให้ออกซิเจนแก่รากข้าวในสภาพน้ำขัง ช่วยป้องกันและลดปัญหารากข้าวเน่าเนื่องจากแบคทีเรียและราในสภาพขาดออกซิเจน

4) สามารถปลดปล่อยฮอร์โมนพืชและกรดแอสคอร์บิกลงในนาข้าว ช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตดีขึ้นและต้านทานโรคมากขึ้น

5) สาหร่ายในปุ๋ยชีวภาพจะสร้างสปอร์เพื่อขยายพันธุ์โดยฝังตัวปะปนอยู่ในดิน ซึ่งจะสามารถงอกเจริญขึ้นเพื่อตรึงไนโตรเจนได้ใหม่ในฤดูฝนของปีต่อๆ ไป

6) สาหร่ายในนาข้าวจะเป็นอาหารให้ปลาในโครงการเลี้ยงปลาในนาข้าวได้อีก

**6.6 การใช้สารสกัดจากสาหร่ายในการกำจัดแมลงศัตรูพืช**

ได้มีการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย โดยพบว่า สาหร่ายมีทั้งสารออกฤทธิ์ต้านจุลชีพ (แบคทีเรีย ยีสต์ และรา) สารออกฤทธิ์ต้านราที่ก่อโรคพืช และสารออกฤทธิ์ต้านสัตว์ในกลุ่มแมลง อย่างไรก็ตามอาจมีการศึกษาให้มากขึ้น รวมถึงมีการพัฒนารูปแบบและวิธีการใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**6.7 การใช้สาหร่ายเพื่อประโยชน์ทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**

สาหร่ายเป็นอาหารตามธรรมชาติของสัตว์ทะเลโดยเป็นจุดเริ่มต้นของการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร ดังนั้น ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องใช้สาหร่ายเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำทั้งในทางตรงและทางอ้อม โดยในทางตรงคือ การใช้เป็นอาหารของลูกสัตว์น้ำ โดยเฉพาะลูกกุ้ง หรือหอยสองฝา และทางอ้อมคือการใช้สาหร่ายเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ แล้วนำแพลงก์ตอนสัตว์ไปเป็นอาหารของลูกปลาอีกทีหนึ่ง

**7. บทสรุป**

สาหร่ายเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นในแหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม ในอากาศ ดิน หิมะ หรือแม้กระทั่งพบอยู่กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ มีความสำคัญต่อระบบนิเวศในฐานะเป็นผู้ผลิต และยังเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำอีกด้วย เนื่องจากสาหร่ายให้คุณค่าทางโภชนาการสูง โดยให้พลังงานน้อย มีปริมาณแคลอรี โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่สูงมากนัก แต่มีแร่ธาตุและวิตามินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จึงกลายเป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาบริโภคในปัจจุบัน และนอกจากจะมีประโยชน์ทางด้านการบริโภคแล้ว สาหร่ายยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกมากมาย ได้แก่ การใช้บำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การใช้เป็นอาหารสัตว์หรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ การใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ การใช้สารสกัดจากสาหร่ายในการกำจัดแมลงศัตรูพืช และการใช้เพื่อประโยชน์ทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากประโยชน์เหล่านี้ทำให้เห็นว่า สาหร่ายอาจเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

กรมวิทยาศาสตร์บริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

**เอกสารอ้างอิง**


กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. *สาหร่าย (Algae)*. กรุงเทพฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527, หน้า 11, 16-17, 28-35, 39.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. สาหร่ายบางชนิดของไทยที่รับประทานได้ (Some Edible Algae of Thailand). *วิทยาสารเกษตรศาสตร์*, 2521, 12(2), หน้า 119-129.

กฤษณา องอาจ. *"Marimo" สาหร่ายใหม่ที่คนไทยแห่เลี้ยง* [ออนไลน์]. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา กรมประมง, 2557. [อ้างถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.nicaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1514:marimo-&catid=39:2012-02-20-02-59-03&Itemid=121

จิราพร ศรีสายะ และคณะ. *รายงานวิจัยเรื่องการพัฒนาคุณภาพทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารว่างไทยเสริมสาหร่ายผมนาง*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2554, 127 หน้า.

จงกล พรมยะ. *การเพาะเลี้ยงสาหร่าย* [ออนไลน์]. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2552. [อ้างถึงวันที่ 7 สิงหาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fishtech.mju.ac.th/e-learning/FA422/

ชวนพิศ เรืองพันธ์. *วิทยานิพนธ์เรื่องผลของสภาวะการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเทาน้ำอบแห้งปรุงรส*. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2555, 156 หน้า.

ธีรภัทร์ เสนะเปรม. *สาหร่ายวากาเมะ ลดความอ้วนได้จริงหรือ?* [ออนไลน์]. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2557. [อ้างถึงวันที่ 7 สิงหาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/dic/knowledge_full.php?id=11

ปริญญ์ วิรุณราช. องุ่น.....บำบัดน้ำ. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, สิงหาคม 2557, 2 หน้า.

ภัณฑิลา อุดร. *สไปโรไจรา (เทาน้ำ)* [ออนไลน์]. สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557. [อ้างถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://biology.ipst.ac.th/?p=971

ยุวดี พีรพรพิศาล. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่. วารสารนานาสัตว์น้ำ, ม.ป.ป., 8(2). หน้า 20-21.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. สาหร่ายวากาเมะกับการป้องกันมะเร็งเต้านม. *Cerebos Nutrition Update*, กรกฎาคม - กันยายน, 2556, 15(84). หน้า 1.

ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ. *ระบบนิเวศแหล่งน้ำกับสาหร่าย* [ออนไลน์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. [อ้างถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://lumphaya.stkc.go.th/pdf/ebook/014.pdf

สถานีโทรทัศน์ไทยพีบีเอส. นักวิจัยสหรัฐฯ พัฒนาสาหร่ายทะเลพันธุ์ใหม่ รสเหมือน "เบคอน" คุณค่าเหมือน "ผัก" [ออนไลน์]. กรกฎาคม, 2558. [อ้างถึงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2558]. เข้าถึงจาก: http://news.thaipbs.or.th/content/นักวิจัยสหรัฐฯ-พัฒนาสาหร่ายทะเลพันธุ์ใหม่-รสเหมือน-เบคอน-คุณค่าเหมือน-ผัก

สุพล ตั้นสุวรรณ และคณะ. สาหร่ายพวงองุ่น “Green Caviar” [ออนไลน์]. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2556. [อ้างถึงวันที่ 17 พฤศจิกายน 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fisheries.go.th/cf-coastal_feed/images/stories/pdf/การเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเชิงพาณิชย์.pdf

สรวิศ เผ่าทองสุข. *สาหร่าย ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2543, หน้า 1, 7, 112, 115, 151, 153.

สำนักข่าวสารญี่ปุ่น สถานเอกอัครราชทูตญี่ปุ่นประจำประเทศไทย. วัฒนธรรมอาหารของญี่ปุ่นวะโชคุ. *จากญี่ปุ่น*, 2557, ฉบับที่ 2, 16 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน 2558]. เข้าถึงจาก: http://app.tisi.go.th/otop/otop.html

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มผช. 482/2547, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำสาหร่ายสไปรูไลนา*. กรุงเทพ: สมอ. 2557, หน้า 1.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มผช. 515/2547, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบ*. กรุงเทพ: สมอ. 2557, หน้า 1.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มผช. 516/2547, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายน้ำจืดอบ*. กรุงเทพ: สมอ. 2557, หน้า 1.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มผช. 540/2549, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายสไปรูไลนาผงสำเร็จรูป*. กรุงเทพ: สมอ. 2557, หน้า 1.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มผช. 542/2549, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายสไปรูไลนาแห้ง*. กรุงเทพ: สมอ. 2557, หน้า 1.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. *สาหร่าย...มากคุณค่า...โอชารส*. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2547, 50 หน้า.

อาภารัตน์ มหาขันธ์ และคณะ. การศึกษาคุณสมบัติด้านอาหารของสาหร่าย “เห็ดลาบ”. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, มกราคม-มีนาคม, 2549, 20(1), 69-73.

BURRI, B. J. Beta-carotene and human health : a review of current research. *Nutrition research*, 1997, 17(1), 547-580.

CHAPMAN, V. J. Occurrence and distribution of seaweeds. In: *Seaweeds and their uses*, 2nd ed. London : Methuen & Co. Ltd., 1970, pp. 1-2.

DUDDINGTON, C. L. The brown seaweeds. In: *Seaweeds and other algae*. London : Faber and Faber Limited., 1966, pp. 104.

HABIB, M. A. B., PARVIN, M., HUNTINGTON, T. C. and HASAN, M. R. *A review on culture, production and use of spirulina as food humans and feeds for domestic animals and fish*. Food and agriculture organization of the united nations, 2008, 41p.

NULL, G., *Beta-carotene : powerful antioxidant*. Share guide : Holistic Health Magazine & Resource Directory [Online]. July/August, 2009. [Cited 14 August 2015]. Available from: http://www.encognitive.com/files/Beta-Carotene:%20Powerful%20Antioxidant.pdf

Oregon State University. OSU researchers discover the unicorn – seaweed that tastes like bacon! [online]. July, 2015. [Cited 12 November 2015]. Available from: http://oregonstate.edu/ua/ncs/archives/2015/jul/osu-researchers-discover-unicorn-–-seaweed-tastes-bacon

กรมวิทยาศาสตร์บริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE