BÀI TRAO ĐỔI

VAI TRÒ CỦA RONG BIỂN ĐỐI VỚI SỰ PHÁT TRIỂN NUÔI TRỒNG THỦY SẢN BỀN VỮNG

THE ROLE OF SEAWEEDS IN SUSTAINABLE AQUACULTURE DEVELOPMENT

***Mai Như Thủy*[1]**

Ngày nhận bài: 26/4/2019; Ngày phản biện thông qua: 19/6/2019; Ngày duyệt đăng: 25/6/2019

TÓM TẮT

Rong biển (macroalgae) gồm có 3 ngành: ngành rong Đỏ (Rhodophyta), ngành rong Lục (Chlorophyta) và ngành rong Nâu (Ochrophyta) với hơn 6.000 loài đã được xác định. Chúng đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái biển, là mắt xích đầu tiên trong chuỗi thức ăn ở biển. Rong biển cung cấp thức ăn và nơi trú ẩn cho nhiều loài động vật thủy sản. Các nghiên cứu sâu hơn cho thấy rong biển có thể sử dụng chất thải, đặc biệt là chất thải từ các hệ thống nuôi trồng thủy sản làm nguồn dinh dưỡng để tăng sinh khối. Ngoài ra, rong biển còn là nguồn thức ăn quan trọng cho một số đối tượng thủy sản nuôi. Bài viết này đề cập đến vai trò quan trọng của rong biển đối với sự phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững.

Từ khóa: rong biển, phát triển bền vững, lọc sinh học, nuôi trồng thủy sản

ABSTRACT

Seaweeds (macroalgae) consist of three phyla: red seaweed (Rhodophyta), green seaweed (Chlorophyta) and brown seaweed (Orchrophyta) with over 6,000 identified species. They play an important role in marine ecosystems, being the primary producer in the marine food chains. Seaweeds provide food and shelter for many aquatic animals. Further studies show that seaweed can use wastes, especially wastes from aquaculture systems as a source of nutrients to increase their biomass. In addition, seaweeds can be used as an important food source for farming of some aquatic cultured species. This review demonstrates the role of seaweeds in sustainable aquaculture development.

Keywords: seaweed, sustainable development, biofilter, aquaculture

I. MỞ ĐẦU

Nuôi trồng thủy sản đã và đang phát triển rất mạnh mẽ trong những năm gần đây, tổng sản lượng thủy sản nuôi trồng năm 2016 đạt 80 triệu tấn, tăng gần gấp đôi so với mười năm trước đó (47 triệu tấn/ năm 2006) [7]. Ngành nuôi trồng thủy sản hiện nay đóng vai trò quan trọng trong việc đáp ứng nhu cầu thực phẩm ngày càng tăng của con người và được dự đoán là nguồn cung cấp thủy sản chính vào năm 2030, khi nhu cầu toàn cầu tăng nhanh mà đánh bắt thủy sản gần như đã đạt mức tối đa không thể tăng thêm nữa. Nuôi trồng thủy sản có thể tạo ra sinh kế và nuôi sống dân số toàn cầu ước đạt 9 tỷ vào năm 2050 [26]. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh của ngành nuôi trồng thủy sản đang đối mặt với một số thách thức như ô nhiễm môi trường, lây lan dịch bệnh, dư lượng kháng sinh, kim loại nặng và các hóa chất khác trên các sản phẩm thủy sản và nhiều tác động khác liên quan đến môi trường [28].

Chất thải từ các hoạt động nuôi trồng thủy sản như thức ăn dư thừa, chất thải của tôm cá nuôi có chứa một lượng lớn các thành phần có gốc nitơ gây ô nhiễm nguồn nước, nền đáy, gây ra hiện tượng phú dưỡng vùng ven biển, tảo nở hoa và giảm đa dạng sinh học của môi trường nước xung quanh. Suy thoái môi trường là mối đe dọa lớn đối với hoạt động sản xuất và chất lượng sản phẩm nuôi trồng thủy sản. Nuôi trồng thủy sản đã gây ra sự thay đổi môi trường, gây ảnh hưởng xấu đến khả năng tồn tại lâu dài của chính hoạt động nuôi trồng thủy

[1] Viện Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

sản. Mặt khác, sự phát triển của các hệ thống nuôi trồng thủy sản thâm canh đã sử dụng một lượng lớn bột cá và dầu cá làm thức ăn cho các đối tượng nuôi, dẫn đến sự cạnh tranh với các mục đích sử dụng khác và đang gây ra vấn đề khai thác quá mức trên toàn cầu. Nhu cầu bột cá và dầu cá ngày càng cao, nguồn cung hạn chế, sự thay thế một phần bột cá và dầu cá trong thức ăn thủy sản là rất cần thiết cho sự phát triển bền vững.

Trước tình hình đó, vấn đề đặt ra là chúng ta cần phải coi nuôi trồng thủy sản là một thành phần trong hệ sinh thái thủy sinh và lập kế hoạch để phát triển nuôi trồng thủy sản theo hướng bền vững, thân thiện với môi trường và sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên.

Để phát triển nuôi trồng thủy sản thực sự bền vững, những yếu tố quan trọng phải thực hiện được, đó là không được tạo ra sự mất cân bằng đáng kể đối với hệ sinh thái, sự mất đa dạng sinh học và ô nhiễm môi trường. Ngoài ra, nuôi trồng thủy sản bền vững phải đảm bảo bền vững kinh tế - nuôi trồng thủy sản phải là một ngành kinh tế khả thi với triển vọng dài hạn tốt, bền vững xã hội và cộng đồng - nuôi trồng thủy sản phải có trách nhiệm xã hội và đóng góp cho phúc lợi cộng đồng [26].

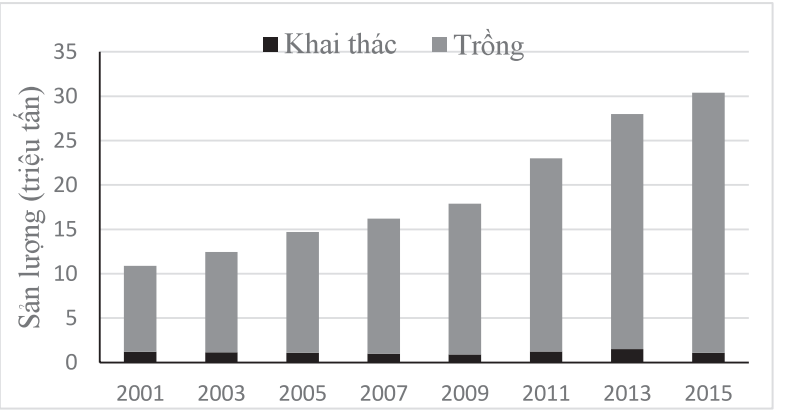
Rong biển nuôi không chỉ là nguồn dinh dưỡng dành riêng cho con người. Trồng rong biển còn là biện pháp thúc đẩy sự phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững. Khi nuôi trồng thủy sản tiếp tục tăng trưởng và trở thành một ngành công nghiệp, trồng rong biển là một giải pháp để cải thiện chất lượng nước, tạo ra một nguồn năng lượng bền vững và nguồn phụ gia tự nhiên [28]. Đây chỉ là một vài cách mà nghề trồng rong biển toàn cầu đang góp phần vào sự bền vững trong nuôi cá, tôm và các ngành công nghiệp khác.

Trồng rong biển sẽ bổ sung oxy vào môi trường nước qua quá trình quang hợp của chúng. Rong biển có khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng dư thừa (nitơ, phốt pho…), các chất thải hữu cơ (thuốc nhuộm, các hợp chất phenol…) và vô cơ (ion kim loại nặng, fluoride..) trong nước thải từ các hệ thống nuôi thủy sản, từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp, công nghiệp khác thông qua một quá trình gọi là xử lý sinh học [3]. Rong biển là một giải pháp tự nhiên, an toàn để cải thiện chất lượng nước vùng ven biển, đặc biệt là gần các khu vực nông nghiệp, nơi dòng chảy từ phân bón và các hóa chất có thể gây ô nhiễm đáng kể cho môi trường. Trồng rong biển kết hợp với các đối tượng thủy sản khác vừa có thể làm thức ăn trực tiếp cho chúng vừa có tác dụng xử lý nước, cải thiện môi trường nuôi nhờ vai trò lọc sinh học của rong biển. Trồng rong biển có thể giải quyết sinh kế bền vững, lâu dài, tăng thu nhập, cải thiện đời sống cho cộng đồng dân cư ven biển. Sử dụng rong biển như là nguồn protein và lipid làm thức ăn cho tôm, cá sẽ tạo ra cơ hội lớn để giảm áp lực lên cả hệ sinh thái trên cạn và dưới biển [2, 13].

II. NỘI DUNG

1. Hiện trạng khai thác và trồng rong biển trên thế giới

Rong biển đã được khai thác, nuôi trồng và sử dụng như là nguồn thực phẩm cho các cộng đồng dân cư ven biển trên khắp thế giới trong nhiều thế kỷ qua. Ngày nay, rong biển ngày càng trở nên có giá trị, nhu cầu về rong biển ngày càng cao. Chúng không chỉ là nguồn thực phẩm cho con người, thức ăn cho gia súc, gia cầm, động vật thủy sản, phân bón cho cây mà còn là nguyên liệu để chiết xuất các hợp chất có giá trị sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm, dệt may, giấy và một số ứng dụng khác [25]. Ngày nay, ngành công nghiệp rong biển toàn cầu trị giá hơn 6 tỷ USD mỗi năm. Có khoảng 221 loài rong biển có giá trị thương mại, trong đó có hơn 10 loài được trồng thâm canh, như là: *Saccharina japonica, Undaria pinnatifid, Sargassum fusiforme* (thuộc rong nâu); *Porphyra spp., Eucheuma spp., Kappaphycus alvarezii, Gracilaria spp* (thuộc rong đỏ); *Enteromorpha clathrata, Monostroma nitidum* và *Caulerpa spp.* (thuộc rong lục)... Trong đó, rong bẹ Nhật Bản *Saccharina japonica* chiếm hơn 33%, tiếp theo là rong hồng vân *Eucheuma spp.,* chiếm 17% tổng sản lượng rong biển nuôi trồng toàn cầu [6].



Hình 1. Sản lượng rong biển toàn cầu giai đoạn 2001 – 2015 [6, 18]

Năm 2015, tổng sản lượng rong biển trên thế giới là 30,4 triệu tấn, tăng hơn gấp đôi so với năm 2005 (14,7 triệu tấn). Hoạt động nuôi trồng đóng góp 29,3 triệu tấn, trong khi thu hoạch từ tự nhiên chỉ đạt 1,1 triệu tấn/năm 2015 (Hình 1). Sản lượng rong biển từ nuôi trồng đã tăng mạnh trong thập kỷ qua (2005 - 2015). Xu hướng này có thể sẽ tiếp tục khi nguồn lợi rong biển ngoài tự nhiên đã bị suy giảm (do thay đổi điều kiện môi trường, do khai thác quá mức…) trong khi nhu cầu thị trường đối với rong biển làm thực phẩm cũng như chiết xuất rong biển sử dụng trong các ngành công nghiệp thương mại ngày càng tăng [6].

Các quốc gia khai thác rong biển hàng đầu là Chile, Trung Quốc, Na Uy, Nhật Bản, Indonesia, Hàn Quốc và Philippines. Các loài có sản lượng khai thác lớn là *Lessonia nigrescens, Lessonia trabeculata, Gracilaria spp., Laminaria digitate, Sarcothalia crispata, Macrocystis spp., Saccharina japonica*... Đến nay, rong biển được trồng ở khoảng 50 quốc gia. Các quốc gia có sản lượng cao nhất lần lượt là: Trung Quốc, Indonesia, Philippines và Hàn Quốc. Những loài được trồng phổ biến và đóng góp sản lượng lớn là *Eucheuma spp*. (10,2 triệu tấn/năm), *Saccharina japonica* (8 triệu tấn/năm), *Gracilaria spp.* (3,9 triệu tấn/năm), *Undaria pinnatifid* (2,3 triệu tấn/năm), *Kappaphycus* (1,8 triệu tấn/năm), và *Porphyra spp*. (1,2 triệu tấn/năm) [6, 18].

Do tầm quan trọng của nuôi trồng thủy sản, các quốc gia sản xuất hàng đầu đang tập trung vào việc đảm bảo ngành này phát triển một cách bền vững và rong biển có vai trò đặc biệt quan trọng đối với sự phát triển bền vững này. Bên cạnh việc tiếp tục nghiên cứu xác định các giống loài rong biển phát triển nhanh, năng suất cao, kháng bệnh, nhiều quốc gia đang nỗ lực để bảo tồn đa dạng sinh học, có thể thông qua việc thành lập các ngân hàng gen rong biển. Đối với rong biển hoang dã, người thu hoạch cần nhận thức được tầm quan trọng của việc đảm bảo tính bền vững, thu thoạch kết hợp với bảo tồn, có thể cắt hoặc tỉa rong biển thay vì thu hoạch toàn bộ [6].

2. Vai trò của rong biển đối với sự phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững

2.1 Rong biển là nguồn thức ăn giàu dinh dưỡng và kháng bệnh cho vật nuôi

Các hệ thống nuôi trồng thủy sản thâm canh tăng lên nhanh chóng trên quy mô toàn cầu đã sử dụng một lượng lớn thức ăn công nghiệp. Hầu hết các nguồn protein và lipid trong thức ăn công nghiệp đến từ bột cá và dầu cá. Bột cá được sử dụng rất rộng rãi trong thức ăn cho cá cũng như các động vật khác chủ yếu nhờ vào hàm lượng protein chất lượng cao, chứa tất cả các axit amin thiết yếu, trong đó có những axit amin (như lysine, methionine, threonine và tryptophan) mà protein thực vật không thể thay thế. Một cuộc khảo sát toàn cầu gần đây của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc (FAO, 2018) ước tính mức tiêu thụ bột cá và dầu cá cho chăn nuôi ở mức 4 triệu tấn trong năm 2014, tương đương 16 triệu tấn cá nhỏ biển khơi đã được khai thác để chế biến bột cá và dầu cá [7]. Việc tiếp tục khai thác tài

nguyên thiên nhiên này cuối cùng sẽ trở nên không bền vững về môi trường và kinh tế.

Thay vào đó, rong biển là đối tượng tiềm năng, có thể thay thế một phần bột cá (như là nguồn protein) trong thức ăn cho tôm, cá nuôi vì rong biển dễ trồng và có hàm lượng protein khá cao, rất giàu vitamin, carbohydrate, lipid và khoáng chất [2]. Có khoảng 6.000 loài rong biển đã được xác định, trong đó có ít nhất 20 giống, loài rong biển đã được nghiên cứu và sử dụng trong thức ăn cho động vật thủy sản. Một số loài thuộc giống *Ulva, Undaria, Ascophyllum, Porphyra, Sargassum, Polycavernosa, Gracilaria* và *Laminaria* đã được sử dụng rộng rãi trong chế độ ăn của cá. Một số khác được sử dụng trong thức ăn tôm gồm: *Macrocystis pyrifera, Ascophyllum nodosum, Kappaphycus alvarezii, Sargassum sp, Gracilaria heteroclada, Gracilaria cervicornis, Caulerpa sertularioides, Ulva clathrata, Enteromorpha sp., Hypnea cercivornis, Cryptonemia crenulata và Chnoospora minima* [4, 12].

Bảng 1. Thành phần sinh hóa chủ yếu của một số loài rong biển được sử dụng trong thức ăn cho động vật thủy sản (tính theo % chất khô)

Loài	***Protein***	***Lipid***	***Tro***	***Hydrat - cacbon***	***Nguồn***
Rong lục *Caulerpa racemose*	17,8 – 18,4	9,8	7 - 19	33 - 41	[3, 11]
Ulva compressa	21 – 32	0,3 – 4,2	17 - 19	48,2	[11]
Codium gragile	10,8	1,5	20,9	66,8	[11]
Rong nâu *Laminaria digitate*	8 – 15	1	38	48	[11]
Sargassum fusiforme	11,6	1,4	19,8	30,6	[11]
Undaria pinnatifida	12 – 23	1,05 – 4,5	26 - 40	66,1	[11]
Macrocystis pyrifera	13,8	1,7	10,8	75,3	[3, 11]
Rong đỏ *Porphyra tenera*	28 – 47	0,7 – 1,3	8 - 21	44,3	[11]
Porphyra yezoensis	31 – 44	2	8	44	[26]
Gracilaria chilensis	13,7	1,3	18,9	45 - 51	[11]
Gracilaria verrucose	12	0,3	6	74	[26]
Kappaphycus alvarezii	12,7 – 23,6	0,39 – 0,91	58	23,01	[10]

Những loài rong được chọn làm thức ăn cho động vật thủy sản có hàm lượng protein, lipid, tro và hydrat - cacbon khá cao, lần lượt là 8 – 47%, 0,3 – 9,8%, 6 – 58% và 23 – 74% tính theo chất khô (Bảng1). Đây là những loài có sản lượng khai thác lớn và được trồng phổ biến hiện nay.

Sử dụng rong biển làm thức ăn bổ sung cho động vật không phải là một hiện tượng mới. Trên thực tế, nó đã được nông dân sử dụng như một nguồn thức ăn có giá trị cho chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản từ lâu đời. Bài này đề cập đến giá trị của rong biển như một thành phần thức ăn bền vững có thể thay thế một phần bột cá, dầu cá trong chế độ ăn của động vật thủy sản và giúp tăng cường hệ miễn dịch và kháng bệnh ở vật nuôi.

Thành phần dinh dưỡng của rong biển thay đổi theo loài, tình trạng sinh lý và điều kiện môi trường. Hàm lượng protein của rong biển khác nhau tùy theo loài và theo mùa [3, 24]. Nói chung, hàm lượng protein của rong xanh và rong đỏ (10 - 47% khối lượng khô) cao hơn so với rong nâu (3 - 23% khối lượng khô). Rong biển có tất cả các khoáng chất cần thiết cho động vật. Ngoài ra, rong biển rất giàu các polysacarit, vitamin (A, B_{12}, C, D, E, K) và đặc biệt là chất chống oxy hóa [24]. Thành phần

axit amin trong rong biển cũng rất phong phú. Protein rong biển là nguồn cung cấp tất cả các axit amin, đặc biệt là glycine, alanine, arginine, proline, glutamic và axit aspartic. Trong đó, các axit amin thiết yếu chiếm gần một nửa tổng số axit amin. Một số loài rong biển như rong đại *Codium gragile*, rong bẹ *Macrocystis pyrifera*, rong cải biển *Ulva reticulata* và rong mơ *Sargassum cincum* có từ 14 - 17 loại axit amin, với hàm lượng tổng cộng lên đến 5.134 – 8.178mg/100g chất khô. Đối với hầu hết các loài rong biển, axit aspartic và glutamic tạo thành một phần lớn của thành phần axit amin. Trong rong đỏ, hai axit amin này chiếm từ 14 - 19% tổng số axit amin, trong rong xanh tỷ lệ này dao động 26 - 32% và trong các loài rong nâu axit aspartic và glutamic chiếm đến 22 - 44% tổng số axit amin. Thành phần axit béo và sắc tố của rong biển cũng khác nhau giữa các nhóm. Mặc dù ít chất béo (0,3 – 4,5% khối lượng khô) (Bảng 1) nhưng nhiều loài rong biển rất giàu omega-3. Hàm lượng PUFA ở đa số các loài rong chiếm từ 60,78 - 67,04% tổng hàm lượng acid béo. Rong nâu có hàm lượng EPA và DHA cao hơn so với rong xanh. Đây là những acid béo rất cần thiết cho sự phát triển của động vật thủy sản [3, 4].

Đã có nhiều nghiên cứu về việc sử dụng rong biển trong chế độ ăn của động vật thủy sản. Cruz-Suárez và *ctv.* (2000) đã sử dụng bột rong bẹ Macrocystis pyirifera, He và Lawrence (1993) đã sử dụng bột rong kombu *Laminaria digitata* làm nguyên liệu thức ăn cho tôm thẻ chân trắng *Litopenaeus vannamei*; Tahil và Juinio-Menez (1999) đã sử dụng rong mào gà Laurencia, rong đông *Hypnea*, rong *Amphiroa* và *Coelothrix* làm thức ăn cho bào ngư *Haliotis asinina* [4]. Sử dụng bột rong biển là một nguyên liệu trong chế biến thức ăn tổng hợp cho tôm, cá nuôi đã mang lại hiệu quả rõ rệt về tăng trưởng của vật nuôi, hệ số chuyển đổi thức ăn thấp. Bổ sung bột rong cải biển nhăn *Ulva lactuca* với tỷ lệ 2 – 3% trong thức ăn viên cho tôm thẻ chân trắng *Litopenaeus vannamei* giai đoạn *post larva* thúc đẩy tăng trưởng của tôm, hệ số thức ăn thấp hơn, đồng thời tăng hàm lượng lipid (30%) và carotenoid (60%) trong tôm so với trường hợp cho tôm ăn ít bột rong hơn hoặc không sử dụng bột rong biển [16]. Ngoài ra, có thể sử dụng kết hợp rong chân vịt *Cryptonemia crenulata* và rong đông sừng *Hypnea cervicornis* trong thức ăn cho tôm thẻ, lượng sử dụng từ 13 – 39% và chế độ ăn với hàm lượng rong lớn hơn thể hiện sự chuyển đổi thức ăn tốt hơn [17].

Một số loài rong biển có thể được nuôi cùng với tôm, cá, một số loài động vật thân mềm để làm thức ăn trực tiếp cho chúng, đây là một sự kết hợp và thay thế bền vững để giảm nhu cầu thức ăn nhân tạo đối với vật nuôi [4, 16, 24].

Trong vài thập kỷ gần đây, việc nghiên cứu và sử dụng các chiết xuất rong biển khác nhau để phòng và trị bệnh trong nuôi trồng thủy sản rất được chú trọng. Rong biển chứa một số hoạt chất sinh học có tác dụng nâng cao hệ miễn dịch của động vật, chống oxy hóa và chống lại các bệnh do vi khuẩn, vi rút [4, 22]. Rong biển có hàm lượng polysacarit rất cao, chiếm hơn 50% khối lượng khô của rong. Một số polysacarit phân lập từ rong xanh (ulvan), rong nâu (alginate, Fucan, và laminara) và rong đỏ (agaran và carrageenan) có tác dụng tăng khả năng miễn dịch, kháng vi rút và kháng khuẩn ở tôm, cá nuôi [21]. Tất cả các nhóm rong biển đều có đặc tính kháng khuẩn đáng kể chống lại nhiều tác nhân gây bệnh cá và tôm, nhưng các nhóm có phạm vi rộng hơn về tính kháng khuẩn là *Asparagopsis spp*. (thuộc rong đỏ) và *Sargassum spp.* (thuộc rong nâu). Những đặc tính kháng khuẩn của rong biển có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, như môi trường sống, phương pháp canh tác, giai đoạn tăng trưởng của rong biển, mùa vụ và phương pháp được sử dụng để khai thác, thành phần hoạt tính sinh học và phương pháp chiết xuất. Theo đó, phương pháp chiết xuất rong biển là một trong những yếu tố quan trọng nhất [20].

Sử dụng bột rong mơ *Sargassum cristaefolium* đã xử lý nhiệt bổ sung vào thức ăn cho tôm thẻ chân trắng với lượng 2,5g/kg thức ăn giúp thúc đẩy trăng trưởng của tôm đồng thời tăng cường phản ứng miễn dịch không đặc hiệu và kháng vi khuẩn *Vibrio alginolyticus* trên tôm [22]. Cho cá vàng (*Carassius auratus*)

ăn thức ăn có hàm lượng bột rong cải biển *Ulva reticulata* từ 2 – 8% đã cho thấy cá tăng trưởng nhanh. Đặc biệt, rong biển còn giúp tăng cường khả năng kháng khuẩn ở cá. Ngoài ra, do hàm lượng dinh dưỡng, khoáng chất, carotene và diệp lục a, b của rong cải biển *Ulva reticulata* khá cao, vì vậy khi cho cá vàng ăn thức ăn có chứa loại rong này cá có màu sắc đẹp hơn [14].

Trong nhiều trường hợp, việc đưa bột rong biển hoặc chiết xuất từ rong biển vào công thức thức ăn còn có tác dụng như chất kết dính, giúp cải thiện chất lượng viên thức ăn (kết cấu, độ ổn định trong nước), hiệu quả sử dụng thức ăn được nâng cao. Bổ sung 5 – 10% bột rong sụn *Kappaphycus alvarezii* hoặc rong câu cước *Gracilaria heteroclada* vào thức ăn cho tôm sú để tăng tính ổn định của viên thức ăn trong nước, giảm thiểu chất thải hữu cơ từ thức ăn [5].

2.2 Vai trò lọc sinh học của rong biển

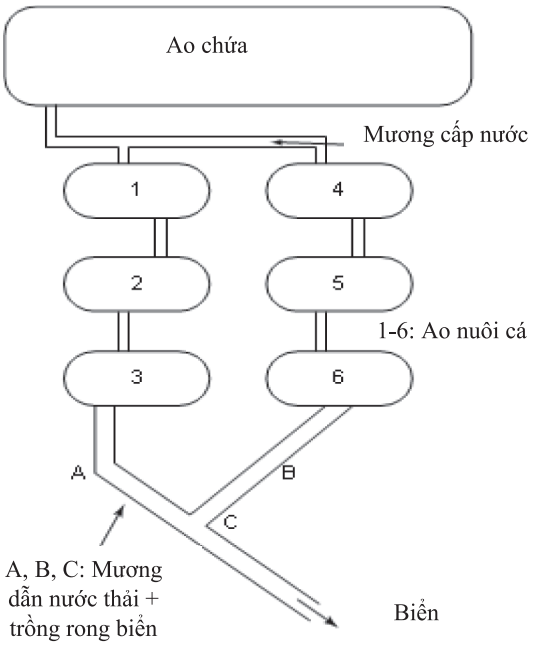
Ô nhiễm và suy thoái môi trường ở các khu vực ven biển ngày càng nghiêm trọng, các chất thải có nguồn gốc từ nhiều nguồn khác nhau. Với sự gia tăng các hoạt động nuôi trồng thủy sản, lượng nước thải đáng kể sẽ được tạo ra và điều đó dẫn đến một số tác động tiêu cực đến môi trường ven biển. Nước thải được xử lý không đầy đủ hoặc không được xử lý góp phần rất lớn vào việc giải phóng chất gây ô nhiễm, độc hại vào các vùng nước. Ô nhiễm và suy thoái môi trường ở các khu vực ven biển do các trang trại nuôi trồng thủy sản là một vấn đề nghiêm trọng ở nhiều nước đang phát triển. Các chất thải có nguồn gốc từ nhiều nguồn khác nhau và có thể được chia thành hai loại: chất thải sinh học và chất thải phi sinh học. Chất thải nuôi trồng thủy sản chủ yếu là chất thải sinh học và có thể phân hủy sinh học. Các chất thải sinh học là những chất thải có nguồn gốc chủ yếu từ các nguồn sống. Các chất thải như vậy chủ yếu bao gồm các chất hữu cơ và chất dinh dưỡng có thể phân hủy và thường có thể xử lý được. Thậm chí chúng ta có thể sử dụng nước được xử lý này cho các mục đích nuôi trồng thủy sản khác [13].

Mặc dù trên thế giới đã phát triển nhiều công nghệ xử lý nước thải, tuy nhiên hiệu quả còn thấp do chi phí cao, vận hành phức tạp. Hệ thống xử lý sinh học là hệ thống xử lý tốt nhất trong tất cả các hệ thống xử lý, đặc biệt đối với các quốc gia đang phát triển vì chi phí thấp và kỹ thuật đơn giản [19]. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, dựa trên kỹ thuật sinh thái, trồng rong biển kết hợp hoặc xung quanh khu vực nuôi có thể làm giảm thiểu đáng kể tác động môi trường từ nuôi trồng thủy sản thâm canh. Rong biển làm giảm khoảng 85 - 96% các chất dinh dưỡng từ nước thải của các hệ thống nuôi thủy sản. Ngoài ra, rong biển có thể hấp thụ các chất ô nhiễm khác như thuốc nhuộm, các kim loại nặng…chất thải từ công nghiệp dệt, giấy, in và từ nhiều nguồn khác. Do tính chất thân thiện với môi trường cùng với sự sẵn có và không tốn kém của nguyên liệu thô, hấp thụ sinh học qua rong biển đã trở thành một giải pháp thay thế cho công nghệ hiện có trong việc loại bỏ các chất ô nhiễm từ nước thải một cách hiệu quả. Công nghệ này dường như khả thi và là phương pháp thay thế tốt nhất ở các quốc gia đang phát triển [2, 13, 19].

Các loài rong biển có thể chọn và hấp thu nguồn nitơ ở các dạng khác nhau phù hợp với sự phát triển của chúng. Do đó, chúng ta nên đánh giá tổng nồng độ nitơ bao gồm cả NO_3^- và NH_4^+ trong nước thải thủy sản,việc lựa chọn một loài rong biển để lọc sinh học nên được thực hiện khi xem xét các dạng nitơ trong nước thải. Chẳng hạn như trong bể nước thải từ hệ thống nuôi cá (*Sebastes schlegeli*), *Ulva pertusa* và *Gracilariopsis chorda* hấp thu NH_4^+ tốt hơn *Saccharina japonica*. Ngược lại, *Saccharina japonica* hấp thu NO_3^- và NO_2^- nhiều hơn *Ulva pertusa*. Ngoài ra, hiệu quả lọc PO_4^{3-} của *G. chorda* cao nhất (38,1%) và thấp nhất là *S. japonica* (20,2%) [23].

Có thể trồng rong biển kết hợp trong hệ thống nuôi thủy sản để xử lý nước trực tiếp trong hệ thống nuôi. Hoặc trồng ở ao (kênh) cấp nước, ao (kênh) nước thải để xử lý nước trước khi cấp vào hệ thống nuôi hoặc xử lý nước thải từ các hệ thống nuôi trước khi tái sử dụng hoặc thải ra biển (Hình 2). Chẳng hạn, *Gracilaria* có thể được sử dụng để loại bỏ amoniac, kim loại nặng và các chất hữu cơ trong nước trước khi cấp vào ao nuôi tôm [13].

Các hình thức nuôi trồng thủy sản tích hợp này tạo xu hướng cho việc phát triển các kỹ thuật để sử dụng hiệu quả môi trường ven biển và tối đa hóa sản xuất trên một đơn vị diện tích và trong một số trường hợp để giảm một số tác động môi trường liên quan đến nuôi trồng thủy sản thâm canh. Chile là nước sản xuất cá hồi lớn thứ 2 trên thế giới, việc này đã tạo ra một lượng lớn chất thải. Trồng rong bẹ *Macrocystis pyrifera* gần các trang trại nuôi cá hồi ở Chile đã mang lại hiệu quả cao về kinh tế cũng như môi trường. Ngoài sinh khối rong bẹ thu hoạch được, môi trường nước xung quanh các trang trại cũng được cải thiện [27].



Hình 2. Mô hình trồng rong biển xử lý nước thải từ ao nuôi cá ở Tanzania [8]

Mặt khác, các chất dinh dưỡng từ nước thải của trang trại nuôi trồng thủy sản có thể được chuyển đổi thành sinh khối rong biển. Thí nghiệm xử lý ở quy mô phòng thí nghiệm ở Ấn Độ cho thấy, *Enteromorpha flexuosa* đã loại bỏ 87,2% nitrite, 87,2% nitrat, 82,5% amoniac và 84,1% phosphate và *Gracilaria verrucosa* loại bỏ 94.5% nitrite, 91,4% nitrat, 99,3% amoniac và 100% phốt phát từ nước thải của trang trại nuôi trồng thủy sản thâm canh và bán thâm canh trong khoảng thời gian 20 ngày. Nồng độ oxy hòa tan trong nước tăng từ 4,2 đến 5,1 mg/L với *E. flexuosa* và từ 3,3 đến 5,1 mg/L với *G. verrucosa*. Sinh khối của rong biển đã tăng 35,5% trong trường hợp *E. flexuosa* và 40,5% trong trường hợp *G. Verrucosa* [15].

Trồng rong biển để cải thiện chất lượng nước vùng nước ven bờ. Những cơn mưa thường xuyên rửa trôi các chất dinh dưỡng dư thừa, nước ngọt và các chất ô nhiễm ra khỏi đất liền, làm tăng độ axit ở vùng nước ven biển, có thể gây hại cho các sinh vật biển khác. Nhưng rong biển hấp thụ nitơ và cacbon điôxít từ nguồn nước xung quanh và tăng sinh khối để đáp ứng cho nhu cầu rong biển ngày tăng trên thế giới.

Trồng rong biển kết hợp với nuôi động vật thân mềm đã giúp khả năng vôi hóa vỏ của động vật thân mềm cao hơn 25% so với nuôi đơn và góp phần làm giảm thiểu axit hóa đại dương [25].

Ước tính sản lượng rong biển nuôi trồng sẽ đạt 500 triệu tấn vào năm 2050. Việc sản xuất 500 triệu tấn rong biển này sẽ hấp thụ 10 triệu tấn nitơ và 15 triệu tấn phốt pho, chiếm 30% lượng nitơ và 33% tổng lượng phốt pho ước tính từ đại dương. Nồng độ cacbon điôxít tăng, nguyên nhân hàng đầu của axit hóa đại dương, cũng có thể được giảm thiểu thông qua rong biển. Việc sản xuất 500 triệu tấn rong

biển cũng sẽ tiêu thụ 135 triệu tấn carbon, tức là 3,2% lượng carbon được thêm vào nước biển mỗi năm từ khí thải nhà kính [9].

2.3 Trồng rong biển cải thiện sinh kế cho các cộng đồng dân cư ven biển

Cộng đồng dân cư ven biển chủ yếu sống bằng nghề khai thác và nuôi trồng thủy sản. Trong bối cảnh nguồn lợi thủy sản đang suy giảm, sản lượng khai thác ngày càng ít, nuôi trồng thủy sản ngày càng rủi ro cao do nguồn nước bị ô nhiễm… đã ảnh hưởng đến thu nhập và đời sống của người dân. Trồng rong biển là hướng đi an toàn và hiệu quả vì chi phí đầu tư thấp, kỹ thuật đơn giản mà mang lại hiệu quả kinh tế và nhất là hiệu quả về môi trường. Rong biển có thể trồng đơn hoặc kết hợp với các đối tượng thủy sản khác để tăng hiệu quả sử dụng mặt nước.

Mô hình nuôi rong biển quy mô lớn trong một khu vực nuôi trồng thủy sản phức hợp ở Vịnh Sanggou (Trung Quốc) đã mang lại hiệu quả cao. Với diện tích 130 km², hàng năm khu vực đã sản xuất hơn 100 tấn cá tươi, 130.000 tấn hai mảnh vỏ, 2.000 tấn bào ngư và 800.000 tấn rong bẹ, cho tổng sản lượng gần 7.000 tấn/km²/năm [1].

Nhiều mô hình nuôi kết hợp khác cũng đã được nghiên cứu thử nghiệm và áp dụng mang lại hiệu quả cao (Bảng 2). Trồng rong biển theo dây ở trên và nuôi hải sâm trong các lồng lưới đặt dưới đáy ở vùng đầm phá ven biển Tanzania đã sử dụng hiệu quả cột nước, tăng sản lượng trên mỗi đơn vị diện tích, tăng sinh kế cho dân cư ven biển [8]. Các mô hình nuôi kết hợp đã cải thiện môi trường vùng nuôi, tốc độ tăng trưởng của vật nuôi nhanh hơn và hiệu quả kinh tế thường tăng 1,5 – 3,0 lần so với nuôi đơn. Những mô hình nuôi này tạo ra nhiều loại sản phẩm, đáp ứng nhu cầu của nhiều thị trường khác nhau, giảm rủi ro trong sản xuất và phân phối, sử dụng hiệu quả mặt nước [8, 24].

Bảng 2: Một số hệ thống nuôi kết hợp của rong biển và những lợi ích mang lại đã được kiểm chứng

Hệ thông nuôi	***Lợi*** ích	***Nguồn***
Rong biển (Laminaria) – Bào ngư	- Sử dụng hiệu quả cột nước.	[3, 13]
Rong biển (Laminaria) – Điệp	- Tăng sản lượng trên một đơn vị diện tích.	[13]
Rong biển (Laminaria) – Rong biển (Undaria)	- Tăng sản lượng của mỗi loài.	[13]
Rong biển (Laminaria) – Cá xương (cá tráp, cá cam…; nuôi lồng)	- Tăng năng suất của các hoạt động nuôi rong biển và cá, thu nhập tăng trên mỗi đơn vị diện tích.	[3, 13]
Rong biển (*Porphyra)* – Cá hồi (ao)	- Giảm nồng độ amoniac tới 60% và phốt pho 32% trong nước thải.	[13]
Rong biển (Gracilaria) – cá mú (nuôi lồng)	- Tăng oxy hòa tan, giảm amoniac và các chất dinh dưỡng khác, giảm tác động môi trường.	[13]
Rong biển (Gracilaria/Ulva) – Tôm (ao)	- Loại bỏ các chất độc hại từ trong ao và nước thải, cải thiện chất lượng nước đầu vào sau khi loại bỏ kim loại nặng, chất ô nhiễm hữu cơ và chất dinh dưỡng.	[16]
Rong biển (*Kappaphycus)* – Hải sâm	- Sử dụng hiệu quả cột nước, tăng sản lượng trên mỗi đơn vị diện tích, tăng sinh kế.	[24]

Quy hoạch nuôi trồng rong biển tốt làm tăng tính an toàn và bền vững cho các mặt kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Trồng rong biển bền vững về kinh tế vì nó thân thiện với môi trường. Đối với những gia đình đánh cá trước đây bị thiệt hại do nguồn cá sụt giảm, nghề trồng rong biển hiện là một nguồn thu nhập thay thế khả thi. Điển hình như Indonesia, đã chuyển từ sự

phụ thuộc vào đánh bắt cá để trở thành một trong những nhà cung cấp rong biển hàng đầu trên toàn thế giới, cung cấp khoảng hai phần ba tổng sản lượng rong biển toàn cầu [27].

III. KẾT LUẬN

Rong biển có vai trò quan trọng đối với các hệ sinh thái biển và đời sống con người. Nhiều loài có giá trị đã được trồng và sử dụng với các mục đích khác nhau. Mặc dù nghề trồng rong biển đã phát triển mạnh trong những năm gần đây, nhưng vẫn chưa tương xứng với tiềm năng mặt nước sẵn có, đặc biệt là vùng ven biển. Nhu cầu về các sản phẩm từ rong biển ngày càng cao. Với những vai trò quan trọng của rong biển được trao đổi ở trên cho thấy sự cần thiết tập trung nghiên cứu về rong biển để ứng dụng và tích hợp với hoạt động nuôi trồng thủy sản hiện nay, từ đó đóng góp vào sự bền vững của hoạt động nuôi trồng thủy sản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alejandro H. Buschmann, Carolina Camus, Javier Infante, Amir Neori, ÁlvaroIsrael, María C. Hernández-González, Sandra V. Pereda, Juan Luis Gomez-Pinchetti, Alexander Golberg, Niva Tadmor-Shalev & Alan T. Critchley, 2017. Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity, European Journal of Phycology, 52:4, 391- 406.

2. Bjerregaard Rasmus, Valderrama Diego, Radulovich Ricardo, Diana James, Capron Mark, Mckinnie Cedric Amir, Cedric Michael, Hopkins Kevin, Yarish Charles, Goudey Clifford, Forster John, 2016. Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in Tropical Developing Countries (English). Washington, D. C.: World Bank Group.

3. Brijesh K. Tiwari, Declan J. Troy, 2015. Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications. Academic Press: 488.

4. Cruz-Suárez L.E., Tapia Salazar M., Nieto López M. G. y D. Ricque, 2008. A review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture. Avances en Nutrición Acuícola IX, 304-333.

5. Dy Peñaflorida, V., & Golez, N. V., 1996. Use of seaweed meals from Kappaphycus alvarezii and Gracilaria heteroclada as binders in diets for juvenile shrimp Penaeus monodon. *Aquaculture, 143*(3-4), 393-401.

6. FAO, 2018. The global status of seaweedproduction, trade and utilization. Globe fish Research Programme, 124. Rome.

7. FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture, 227. Rome.

8. Flower E. Msuya and Amir Neori, 2002. Ulva reticulata and Gracilaria crassa: Macroalgae That Can Biofilter Effluent from Tidal Fishponds in Tanzania. J. Mar. Sci., 117 – 126.

9. Habte-Tsion HM, 2017. Sustainable aquaculture development and its role in food security and economic growth in eritrea: Trends and Prospects. Ann Aquac Res, 4 (1): 1029.

10. K. Suresh Kumar, K. Ganesan, and P. V. Subba Rao, 2015. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty - an edible seaweed. Journal of Food Sci Technol, 52(5): 2751–2760.

11. Leonel Pereira, 2011. A review of the nutrient composition of selected edible seaweed. In: Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses. Nova Science Publishers, Inc., 15 – 47.

12. N. N. Ilias, P. Jamal, I. Jaswir, S. Sulaiman, Z. Zainudin, A. S. Azmt, 2015. Potentiality of selected seaweed

for the production of nutritious fish feed using solid state fermentation. Journal of Engineering Science and Technology, Special Issue on SOMCHE 2014 & RSCE 2014 Conference, 30 – 40.

13. Phillips, M., 1990. Environmental aspects of seaweed culture. In *Regional workshop on the culture and utilization of seaweeds*, Cebu City, Philippines, 27–31 August 1990.

14. Rama N., Elezabeth M., Uthayasiva M., Arularasan S., 2014. Seaweed *Ulva reticulata* a potential feed supplement for growth, colouration and disease resistance in fresh water ornamental gold fish, *Carassius auratus*. Journal of Aquaculture Research and Development, 5, 254-264.

15. Rajarajasri Pramila Devi and V. S. Gowri, 2007. Biological treatment of aquaculture discharge waters by seaweeds. Journal of Industrial pollution control, 23:1, 135 – 140.

16. Elizondo-González R, Quiroz-Guzmán E, Escobedo-Fregoso C, Magallón-Servín P, Peña-Rodríguez A., 2018. Use of seaweed *Ulva lactuc*a for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. PeerJ 6: e4459; DOI 10.7717/peerj.4459.

17. Robson Liberal da Silva, José Milton Barbosa, 2009. Seaweed meal as a protein source for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Phycology, 21: 2, 193-197

18. Sasi Nayar and Kriston Bott, 2014. Current status of global cultivated seaweed production and markets World Aquaculture.

19. Nithiya Arumugam, Shreeshivadasan Chelliapan, Hesam Kamyab, Sathiabama Thirugnana, Norazli Othman and Noor Shawal Nasri, 2018. Treatment of Wastewater Using Seaweed: A Review Nithya Arumugam. Int. J. Environ. Res. Public Health, 15, 2851.

20. Vatsos, I.N. and Rebours, C., 2014. Seaweed extracts as antimicrobial agents in aquaculture. Journal of Applied Phycology, 27(5), 2017-2035.

21. Wei Wang, Shi-Xin Wang, and Hua-Shi Guan., 2012. The Antiviral Activities and Mechanisms of Marine Polysaccharides: An Overview. Mar Drugs, 10: 12, 2795–2816.

22. Yu-Hung Lin, Yi-Che Su, and Winton Cheng, 2017. Simple heat processing of brown seaweed *Sargassum cristaefolium* supplementation in diet can improve growth, immune responses and survival to vibrio alginolyticus of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Marine Science and Technology, 25: 2,242-248.

23. Yun Hee Kang, Sang Rul Park and Ik Kyo Chung, 2011. Biofiltration efficiency and biochemical composition of three seaweed species cultivated in a fish-seaweed integrated culture. Algae, 26: 1, 97-108.

24.http://www.nhandan.com.vn/nation_news/item/33049902-nuoi-ket-hop-tom-su-oc-huong-hai-sam-va-rong-bien-cho-hieu-qua-cao.html/

25. https://www.aquaculturealliance.org/blog/seaweed-aquaculture-benefits/

26.http://documents.worldbank.org/curated/en/947831469090666344/pdf/107147-WP-REVISED-Seaweed-Aquaculture-Web.pdf

27. https://thriveglobal.com/stories/the-importance-of-sustainability-and-aquaculture/

28. http://www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/sustainable-aquaculture/