



DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.061

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC MỨC BỔ SUNG DINH DƯỠNG LÊN SỰ SINH TRƯỞNG, HIỆU SUẤT VÀ ĐẶC TÍNH GEL AGAR CỦA RONG CÂU CHỈ (*Gracilaria tenuistipitata*) Ở ĐIỀU KIỆN THÍ NGHIỆM

Nguyễn Hoàng Vinh^{1,2}, Nguyễn Thị Ngọc Anh^{2*} và Trần Ngọc Hải²

¹Trung tâm Khuyến nông Khuyến ngư Bạc Liêu

²Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thị Ngọc Anh (email: ntnanh@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 26/11/2021

Ngày nhận bài sửa: 04/01/2022

Ngày duyệt đăng: 25/02/2022

Title:

Effects of different nutrient supplementations on growth, agar yields and gel properties of red seaweed (*Gracilaria tenuistipitata*) in laboratory conditions

Từ khóa:

Đặc tính gel của agar, *Gracilaria tenuistipitata*, hàm lượng dinh dưỡng, hiệu suất agar, tăng trưởng

Keywords:

Agar yields, gel properties, *Gracilaria tenuistipitata*, growth, nutrient levels

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of different nutrient supplementations on the growth and agar quality of red seaweed (*Gracilaria tenuistipitata*) in laboratory conditions. Six different nutrient supplementation treatments were randomly assigned in triplicate. The control treatment was not supplemented with nutrients. The remaining five treatments were supplemented with 5, 10, 15, 20, and 25 g/m³ weekly, using inorganic fertilizers (urea and DAP, ratio N:P = 10:1). The initial biomass of seaweed was 2 g/L at a salinity of 15 ‰. After 30 days, the biomass and growth of seaweed in treatments of 15 and 20 g/m³ reached the highest values and decreased at the supplement level of 25 g/m³. The yields and gel strength of agar were highest in the control treatment and lowest in the 25 g/m³ treatment, while the viscosity in the control treatment was the lowest. Gelling temperature and melting temperature of agar were not statistically significant ($p > 0.05$) among the levels of nutrient supplementation. In addition, the protein content of seaweed positively correlated with the increase of nutrient supplementations, whereas the gel strength of agar negatively correlated with the protein content of red seaweed.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của bổ sung hàm lượng dinh dưỡng đến sinh trưởng và chất lượng agar của rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) ở điều kiện thí nghiệm. Sáu nghiệm thức bổ sung các mức dinh dưỡng được bố trí ngẫu nhiên và mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Nghiệm thức đối chứng không bổ sung dinh dưỡng, 5 nghiệm thức còn lại được bổ sung 5, 10, 15, 20 và 25 g/m³ với tần suất 1 lần/tuần, sử dụng phân vô cơ (urê và DAP, tỉ lệ N:P = 10:1). Sinh khối rong ban đầu là 2 g/L, ở độ mặn 15‰. Sau 30 ngày, sinh khối và tăng trưởng của rong ở nghiệm thức 15 và 20 g/m³ đạt cao nhất và giảm ở mức bổ sung 25 g/m³. Hiệu suất và sức đông agar đạt cao nhất ở nghiệm thức đối chứng và thấp nhất ở nghiệm thức 25 g/m³, trong khi độ nhớt ở nghiệm thức đối chứng là thấp nhất. Nhiệt độ đông và nhiệt độ tan đông của agar khác nhau không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) giữa các nghiệm thức bổ sung dinh dưỡng. Ngoài ra, hàm lượng protein của rong câu chỉ tương quan thuận với sự tăng mức bổ sung dinh dưỡng, ngược lại sức đông agar tương quan nghịch với hàm lượng protein của rong.

1. GIỚI THIỆU

Rong câu *Gracilaria* thuộc ngành rong đỏ (Rhodophyta) gồm nhiều loài, là một trong những loại rong biển kinh tế được sử dụng làm nguyên liệu chính để chiết xuất agar sử dụng trong nhiều lĩnh vực như công nghiệp thực phẩm, hóa mỹ phẩm, y dược, nông nghiệp (Peng et al., 2009; Hậu & Đại, 2010). Rong câu là loài rong muối (có thể sống ở độ mặn từ 5 đến 45‰) và có khả năng chịu được điều kiện môi trường khắc nghiệt, phân bố khắp các thủy vực nước mặn, lợ, vùng cửa sông, vùng triều ven biển và cả các kênh rạch, ao đầm nuôi thủy sản, đặc biệt rong câu có vai trò lọc sinh học được sử dụng trong các mô hình nuôi thủy sản kết hợp (Peng et al., 2009; Hậu & Đại, 2010). Rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) là một trong những loài được trồng phổ biến ở Philippines (Luhan et al., 2004), Thái Lan (Yarnpakdee et al., 2015); Trung Quốc (Yang et al., 2015), Ấn Độ (Sarkar et al., 2019), Bangladesh (Aziz et al., 2021), miền Trung Việt Nam (Hậu & Đại, 2010).

Nhiều nghiên cứu đã tìm thấy các yếu tố môi trường như độ mặn, nhiệt độ, ánh sáng, chất dinh dưỡng, trong đó hàm lượng dinh dưỡng trong thủy vực là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sinh trưởng của rong câu (Hậu & Đại, 2010; Wang et al., 2014; Yang et al., 2015; Sarkar et al., 2019; Aziz et al., 2021), hiệu suất chiết xuất agar và đặc tính gel agar của rong câu (Chirapart et al., 2006; Luhan et al., 2006; Hậu và Đại, 2010; Yarnpakdee et al., 2015; Lee et al., 2016; 2017). Rong câu chỉ xuất hiện tự nhiên quanh năm với sinh lượng cao trong các ao tôm quảng canh cải tiến ở một số tỉnh đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) như tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau (Vinh & Anh, 2019). Mục tiêu của nghiên cứu là xác định được hàm lượng dinh dưỡng bổ sung thích hợp cho sinh trưởng và chất lượng agar của rong câu chỉ tốt nhất ở điều kiện thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở khoa học cho các nghiên cứu về nuôi trồng và sử dụng loài rong bản địa ở ĐBSCL, góp phần đa dạng hóa đối tượng nuôi trồng để thích ứng với biến đổi khí hậu và xâm nhập mặn, đồng thời nâng cao giá trị sử dụng loài rong này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguồn vật liệu

Rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) được thu từ ao tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu có độ mặn 15‰. Sau đó, rong câu được đưa vào bể nhựa 500 L trữ ở cùng độ mặn để tiến hành thí nghiệm.

Nước ót thu từ ruộng muối Bạc Liêu có độ mặn 80‰ được xử lý bằng chlorine với nồng độ 30 g/m³, sục khí mạnh trong 3 ngày. Sau khi kiểm tra và trung hòa dư lượng chlorine, nước ót đã xử lý được pha với nước máy để đạt độ mặn 15‰ (cùng độ mặn nơi thu rong) sử dụng cho thí nghiệm.

Nguồn dinh dưỡng được sử dụng trong thí nghiệm gồm phân urê (Đạm Phú Mỹ) với hàm lượng đạm tổng số là 46,3%, phân DAP Phú Mỹ có hàm lượng đạm (N) ≥18% và lân (P₂O₅) ≥46% được sản xuất bởi Tổng công ty Phân bón và Hóa chất Dầu khí.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Hệ thống thí nghiệm gồm 18 bể nhựa hình chữ nhật 100 L với thể tích nước là 80 L đặt tại trại thực nghiệm với mái che tole sáng-tối xen kẽ, đảm bảo điều kiện ánh sáng thích hợp cho rong câu chỉ phát triển. Các bể rong được sục khí nhẹ và liên tục.

Thí nghiệm gồm 6 nghiệm thức bổ sung các hàm lượng dinh dưỡng khác nhau được bố trí ngẫu nhiên với ba lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Nghiệm thức đối chứng không bổ sung dinh dưỡng (chỉ thay nước), năm nghiệm thức còn lại được bổ sung dinh dưỡng (phân urê và DAP) với liều lượng 5, 10, 15, 20 và 25 g/m³ với tần suất 1 lần/tuần.

Phân vô cơ gồm phân urê và DAP được sử dụng làm nguồn dinh dưỡng với tỉ lệ N:P=10:1 (Navarro-Angulo & Robledo, 1999). Mỗi bể được bố trí 160 g rong/80 L nước tương ứng với mật độ rong ban đầu 2 g/L (Yarisk et al., 2012), độ mặn 15‰. Bể rong được thay nước hàng tuần khoảng 30% thể tích nước. Hàng ngày, quan sát tình trạng rong câu chỉ (phân bố, màu sắc,...) về sinh trưởng và phát triển. Thời gian thí nghiệm được thực hiện 30 ngày.

2.3. Thu thập số liệu

2.3.1. Các chỉ tiêu môi trường

Nhiệt độ và pH các bể rong được đo mỗi ngày vào lúc 7:00 và 14:00 giờ bằng bút đo nhiệt độ-pH (pH/temperature meter, HANNA). Cường độ ánh sáng được đo 3 ngày/lần vào lúc 7:00, 11:00, 14:00 và 17:00 giờ bằng máy đo cường độ ánh sáng (EXTECH LT300 Digital & Analog Display Light Meter, Taiwan).

Hàm lượng TAN (NH₄⁺/NH₃), NO₃⁻ và PO₄³⁻ được xác định 1 lần/tuần theo phương pháp APHA (1998). Mẫu nước trong bể nuôi rong được thu trước khi thay nước.

2.3.2. Các chỉ tiêu tăng trưởng rong câu chi

Sinh khối rong câu chi được xác định 10 ngày/lần, sinh khối rong ở mỗi bể được thu toàn bộ và làm ráo nước trước khi cân bằng cân điện tử 1 số lẻ, sau đó rong được đưa trở lại bể để theo dõi tiếp đến khi kết thúc thí nghiệm. Tăng trưởng của rong gồm mức tăng sinh khối (BI, %) và tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) được tính theo công thức sau:

$$BI(\%) = (100 \times \frac{\text{Sinh khối cuối}}{\text{Sinh khối đầu}}) / \text{sinh khối đầu}$$

$$RGR(\%/ngày) = (100 \times \log \frac{\text{Sinh khối cuối}}{\text{Sinh khối đầu}}) / \text{thời gian thí nghiệm}$$

2.3.3. Các chỉ tiêu agar và đặc tính gel của agar

Khi kết thúc thí nghiệm, rong câu chi ở mỗi bể được rửa sạch và phơi khô trong bóng râm 3 ngày, và bảo quản trong tủ lạnh để phân tích hàm lượng protein theo phương pháp AOAC (2000) và chiết xuất agar.

Phương pháp chiết xuất agar

Chiết xuất agar từ rong câu chi được thực hiện tại Bộ môn Chế biến Thủy sản, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ theo phương pháp của Luyén và ctv. (2004). Các bước chiết xuất agar gồm rong câu khô (rong được cắt thành đoạn ngắn khoảng 2 cm) được xử lý bằng 1 L dung dịch kiềm NaOH 6% ở nhiệt độ 95-100°C trong 30 phút và rửa dưới vòi nước cho đến khi trung tính. Sau đó, rong câu khô được xử lý tiếp bằng 1 L dung dịch citric acid trong 30 phút và rửa lại dưới vòi nước đến khi trung tính. Mẫu rong sau khi xử lý đem chiết 1 lần với acetic acid 10% ở nhiệt độ 90-95°C trong 30 phút để thu nhận được dung dịch agar, lọc và lấy dung dịch, làm đông tách nước và sấy khô ở nhiệt độ 60°C đến khi đạt độ ẩm ≤ 20% sẽ thu được agar dạng sợi.

Hiệu suất chiết xuất agar được tính theo công thức:

$$\text{Hiệu suất chiết xuất agar (\%)} = 100 \times \frac{\text{Khối lượng agar khô}}{\text{Khối lượng rong khô}}$$

Phương pháp xác định đặc tính gel agar

Phương pháp xác định đặc tính gel agar dựa theo tài liệu của Luyén và ctv. (2004). Các chỉ tiêu của đặc tính gel agar bao gồm các thông số như sức đông (g/cm²), nhiệt độ đông (°C), nhiệt độ tan đông (°C) và độ nhớt (CPs).

Sức đông agar được đo bằng cách cân 0,3 g agar khuấy với 20 mL nước cất ở nhiệt độ 85-95°C trong khoảng 2 giờ đến khi agar tan hết sau đó để ngăn mát của tủ lạnh (4°C) từ 15-18 giờ. Sau cùng, thạch agar được đo sức đông, sử dụng máy đo cấu trúc TA.XTPlus Texture Analyser (Stable Micro Systems, England, UK).

Nhiệt độ đông (°C) được đo bằng cách sau khi chiết xuất agar được cho vào khay, đợi đến agar đông lại dùng nhiệt kế thủy ngân dùng cho thực phẩm đo nhiệt độ đông thu được kết quả.

Nhiệt độ tan đông (°C) được xác định bằng cách nấu chảy thạch agar trên bếp điện từ và sử dụng nhiệt kế đo nhiệt độ nóng chảy của thạch.

Độ nhớt (CPs): Lượng agar sau khi chiết xuất chưa đông (dung dịch agar 1%) được đo độ nhớt bằng máy Brookfield DV (RVDV-11, USA) và mỗi mẫu được đo ba lần và ghi nhận kết quả.

2.4. Xử lý số liệu

Các số liệu được tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel 2010. Số liệu phần trăm được chuyển qua ASIN trước khi phân tích thống kê. Sự khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức được phân tích thống kê one-way ANOVA với phép thử Tukey ở mức ý nghĩa p<0,05, sử dụng phần mềm SPSS 16.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các yếu tố môi trường

Nhiệt độ và pH nước trung bình trong thời gian thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1. Kết quả cho thấy nhiệt độ và pH không có sự biến động lớn giữa các nghiệm thức bổ sung hàm lượng dinh dưỡng khác nhau, dao động trung bình trong ngày lần lượt là 26,1-28,5°C và 7,7-8,4. Cường độ ánh sáng trong ngày biến động rất lớn, có khuynh hướng tăng dần từ 7:00 giờ đến 14:00 giờ với giá trị cao nhất là 8.473 lux và giảm thấp nhất (1.726 lux) vào lúc 17:00 giờ.

Bảng 1. Nhiệt độ, pH và cường độ ánh sáng trong thời gian thí nghiệm

Thí nghiệm	Nhiệt độ (°C)		pH	
	7:00 giờ	14:00 giờ	7:00 giờ	7:00 giờ
0 g/m ³ (ĐC)	26,3±0,5	28,5±1,0	0 g/m ³ (ĐC)	26,3±0,5
5 g/m ³	26,1±0,6	28,4±1,0	5 g/m ³	26,1±0,6
10 g/m ³	26,2±0,6	28,5±1,0	10 g/m ³	26,2±0,6
15 g/m ³	26,4±0,5	28,2±1,1	15 g/m ³	26,4±0,5
20 g/m ³	26,3±0,6	28,3±0,8	20 g/m ³	26,3±0,6
25 g/m ³	26,4±0,7	28,5±1,0	25 g/m ³	26,4±0,7
Cường độ ánh sáng (lux)	7:00 giờ	11:00 giờ	Cường độ ánh sáng (lux)	7:00 giờ
	2.834±1.372	4.134±1.375	8.473±2.094	2.834±1.372

Các nghiên cứu về sinh thái học của giống rong câu *Gracilaria* đã tìm thấy các loài rong câu có khả năng thích nghi rộng với các điều kiện môi trường (Peng et al., 2009; Hậu & Đại, 2010). Rong câu có thể sống ở khoảng nhiệt độ 20-35°C, có phổ ánh sáng rộng (2.000-30.000 lux) và pH ≥ 7 là điều kiện thích hợp cho rong câu phát triển (Peng et al., 2009; Hậu & Đại, 2010). Do đó, các điều kiện môi trường trong nghiên cứu này thích hợp cho sự phát triển của rong câu chỉ.

Bảng 2 cho thấy nồng độ muối dinh dưỡng gồm hợp chất đạm (TAN, NO₃⁻) và lân (PO₄³⁻) trong bể

Bảng 2. Nồng độ muối dinh dưỡng trong bể nuôi rong sau 30 ngày thí nghiệm

Thí nghiệm	0 g/m ³ (ĐC)	5 g/m ³	10 g/m ³	15 g/m ³	20 g/m ³	25 g/m ³
TAN (mg/L)	0,04±0,02 ^a	0,24±0,17 ^b	0,37±0,11 ^{bc}	0,55±0,13 ^{cd}	0,56±0,20 ^d	0,89±0,23 ^e
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,16±0,04 ^a	1,20±0,25 ^{ab}	2,59±0,95 ^b	6,60±1,41 ^c	9,71±3,55 ^d	20,08±6,27 ^e
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,03±0,01 ^a	0,34±0,08 ^b	0,52±0,19 ^{bc}	0,63±0,14 ^c	0,94±0,17 ^d	1,68±0,47 ^e

Các giá trị trung bình trên cùng một hàng có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

Điều đáng lưu ý là nồng độ TAN trong bể rong thấp hơn nhiều so với nồng độ NO₃⁻. Cụ thể khi bón phân ở liều cao (25 g/m³), nồng độ TAN và NO₃⁻ trung bình theo thứ tự là 0,89 và 20,08 mg/L. Như vậy, nồng độ NO₃⁻ còn tồn lại trong bể nuôi rong cao hơn 22,6 lần so với nồng độ TAN.

Kết quả nghiên cứu hiện tại tương đồng với nhận định của Wang et al. (2014), rong câu chỉ khi có sự xuất hiện của hai loại muối dinh dưỡng NH₄⁺ và NO₃⁻ thì NH₄⁺ được rong hấp thụ nhanh hơn. Theo nghiên cứu của Lobban & Harrison (1994) thì ammonium (NH₄⁺) là nguồn dinh dưỡng quan trọng hơn các nguồn đạm khác do rong, tảo hấp thụ NH₄⁺ nhanh hơn NO₃⁻ và sự đồng hóa NH₄⁺ đạt hiệu quả năng lượng cao hơn so với sử dụng NO₃⁻ do NH₄⁺ có thể kết hợp trực tiếp với các amino acid. Tương tự, nghiên cứu của Ihsan et al. (2019) cho thấy rong câu chỉ vàng (*G. verrucosa*) hấp thụ các hợp chất nitơ theo thứ tự ưu tiên: ammonium > nitrate > nitrite, tác giả cho rằng rong câu sử dụng nitrate và

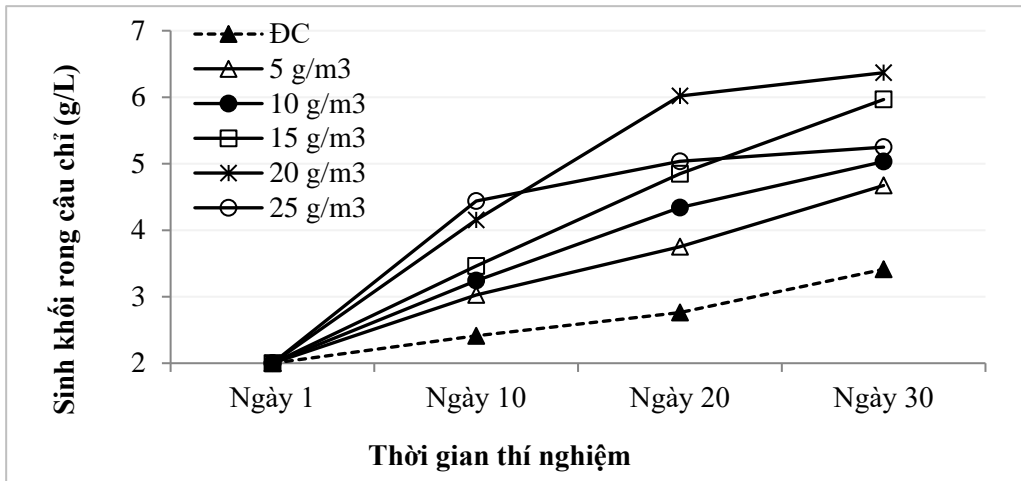
trồng rong bị ảnh hưởng rất lớn bởi mức bổ sung phân bón và có khuynh hướng tăng dần theo mức tăng bổ sung phân bón vào bể rong câu chỉ. Nồng độ TAN trung bình dao động trong khoảng 0,04-0,89 mg/L, NO₃⁻ từ 0,16-20,08 mg/L và PO₄³⁻ từ 0,03-1,68 mg/L, trong đó giá trị thấp nhất là thí nghiệm đối chứng (ĐC) không bổ sung phân bón và cao nhất là thí nghiệm bổ sung 25 g/m³, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các thí nghiệm khác (p<0,05). Tuy nhiên, nồng độ NO₃⁻ ở thí nghiệm ĐC và 5 g/m³ không khác biệt về mặt thống kê (p>0,05).

nitrite ít hiệu quả hơn do hai chất này cần có enzyme phân giải và đồng hóa trước khi sử dụng.

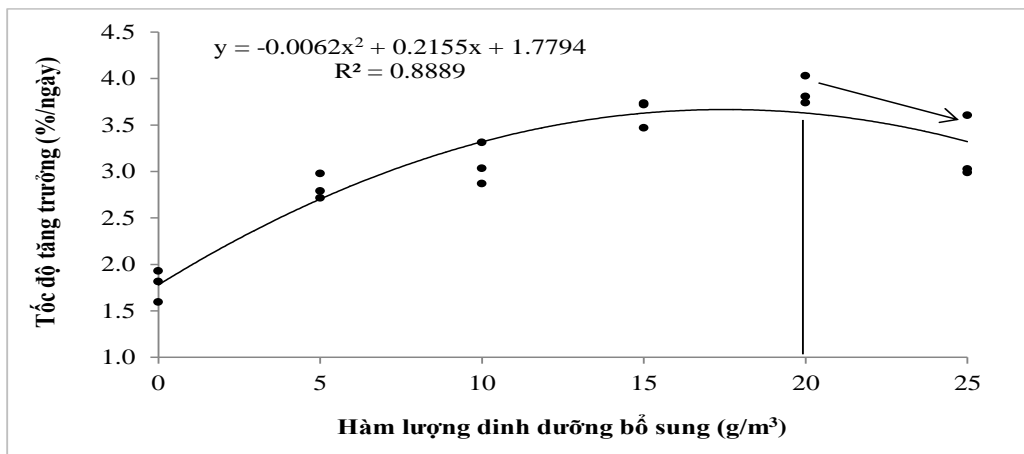
3.2. Tốc độ tăng trưởng của rong câu chỉ

Sinh khối rong câu chỉ được bố trí ban đầu là 2 g/L. Sau 10 ngày nuôi, sinh khối rong ở tất cả các thí nghiệm đều tăng theo thời gian thí nghiệm (Hình 1), với các thí nghiệm có bổ sung dinh dưỡng đều cao hơn thí nghiệm đối chứng không bổ sung dinh dưỡng.

Bảng 3 cho thấy khi kết thúc thí nghiệm vào ngày 30, sinh khối rong câu chỉ ở các thí nghiệm dao động trung bình 3,41-6,37 g/L, tương ứng với mức tăng sinh khối là 70,6-219% và tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) là 1,78-3,86%/ngày. Giá trị các chỉ tiêu này thấp nhất là thí nghiệm ĐC và cao nhất là thí nghiệm 20 g/m³. Kết quả thống kê cho thấy tăng trưởng của rong ở thí nghiệm 20 g/m³ cao hơn có ý nghĩa (p<0,05) so với các thí nghiệm còn lại trừ thí nghiệm 15 g/m³.



Hình 1. Sinh khối rong câu chỉ theo thời gian thí nghiệm



Hình 2. Tương quan giữa tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) của rong câu chỉ và hàm lượng dinh dưỡng bổ sung (n = 18)

Với định kỳ bổ sung dinh dưỡng (phân vô cơ) hàng tuần, Hình 2 cho thấy tốc độ tăng trưởng tương

đối (RGR) của rong câu chỉ tăng theo mức bổ sung dinh dưỡng từ 5 g/m³ đến 20 g/m³ và RGR có khuynh hướng giảm ở mức bổ sung 25 g/m³.

Bảng 3. Tăng trưởng của rong câu chỉ sau 30 ngày thí nghiệm

	Sinh khối ngày 1 (g/L)	Sinh khối ngày 30 (g/L)	Mức tăng sinh khối (BI, %)	Tốc độ tăng trưởng (RGR, %/ngày)
0 g/m ³ (ĐC)	2	3,41±0,17 ^a	70,6±8,6 ^a	1,78±0,17 ^a
5 g/m ³	2	4,67±0,19 ^b	133,7±9,6 ^b	2,83±0,14 ^b
10 g/m ³	2	5,03±0,34 ^b	151,6±17,0 ^b	3,07±0,22 ^{bc}
15 g/m ³	2	5,97±0,26 ^{cd}	198,3±13,2 ^{cd}	3,64±0,14 ^{cd}
20 g/m ³	2	6,37±0,29 ^d	218,5±14,7 ^d	3,86±0,15 ^d
25 g/m ³	2	5,25±0,56 ^{bc}	162,5±27,9 ^{bc}	3,20±0,34 ^{bc}

Các giá trị trung bình trên cùng một cột có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Theo Hậu & Đại (2010) thì các loài rong câu có khả năng hấp thu dinh dưỡng vượt nhu cầu cho hoạt động sống, rong câu sống trong môi trường giàu

dinh dưỡng thì rong sinh trưởng càng nhanh ở điều kiện môi trường tự nhiên. Tuy nhiên, nghiên cứu về sinh thái và sinh lý học rong biển của Lobban and

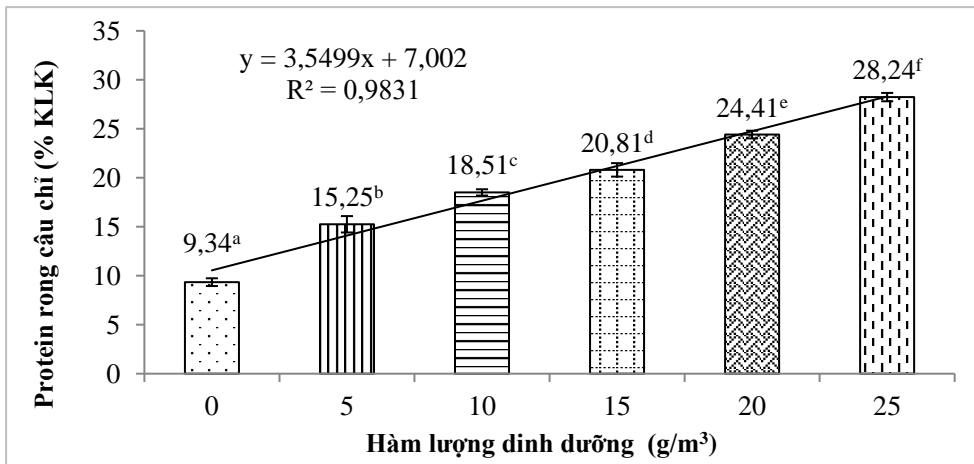
Harrison (1994) cho thấy thủy vực giàu dinh dưỡng có hàm lượng hợp chất đạm và lân quá cao trong thời gian dài sẽ ức chế sự quang hợp của rong biển dẫn đến sinh trưởng của rong biển bị giảm và nhu cầu dinh dưỡng của rong biển khác nhau theo loài và điều kiện môi trường. Tương tự, Yu & Yang (2008) ghi nhận rong biển sống trong các môi trường giàu nitơ và photpho thường có mức tăng trưởng cao. Tuy nhiên, hầu hết các loài rong biển không thể chịu được ở điều kiện môi trường rất giàu dinh dưỡng trong thời gian dài, dẫn đến sự phát triển của rong bị giảm mạnh. Bên cạnh, Guo et al. (2015) đã tìm thấy tốc độ tăng trưởng của rong nhỏ (*Caulerpa lentillifera*) đạt cao nhất khi rong được nuôi trồng ở nồng độ 0,5 mmol/L NO₃⁻ và 0,1 mmol/L PO₄³⁻; rong có thể bị ức chế quá trình quang hợp khi được nuôi trồng ở môi trường dinh dưỡng cao, cụ thể khi nồng độ NO₃⁻ lớn hơn 1,0 mmol/L và khi nồng độ PO₄³⁻ đạt 0,4 mmol/L.

3.3. Hàm lượng protein của rong câu chỉ, hiệu suất chiết xuất agar và đặc tính gel của agar

Hình 2 cho thấy hàm lượng protein (% khối lượng khô) của rong câu chỉ có khuynh hướng tăng theo mức tăng hàm lượng dinh dưỡng bổ sung vào

bể nuôi (tương quan thuận), nghiệm thức đối chứng không bổ sung dinh dưỡng đạt thấp nhất (9,34%) và cao nhất là nghiệm thức bổ sung 25 g/m³ (28,24%). Kết quả so sánh thống kê cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa giữa sáu mức bổ sung dinh dưỡng (p<0,05). Như vậy, hàm lượng protein của rong câu chỉ chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi hàm lượng dinh dưỡng được bổ sung vào bể nuôi.

Một số nghiên cứu nhận thấy hàm lượng protein của rong biển ở thủy vực nhiệt đới và á nhiệt đới thường thấp do trong môi trường biển phần lớn là thủy vực nghèo dinh dưỡng với sự sẵn có của các muối đạm có hàm lượng thấp (Manivannan et al., 2009). Nghiên cứu của Banerjee et al. (2009) đánh giá thành phần sinh hóa của ba loài rong biển (*E. intestinalis*, *Ulva lactuca* và *Catenella repens*) ở Vịnh Bengal, Ấn Độ. Nhóm nghiên cứu nhận thấy hàm lượng protein của ba loài rong biển khảo sát có sự tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với hàm lượng nitrate trong thủy vực thu rong. Kết quả tương tự được báo cáo bởi Msuya & Neori (2008), hàm lượng protein của rong lục *Ulva lactuca* tăng cao ở nghiệm thức xử lý nước thải có hàm lượng dinh dưỡng cao. Kết quả nghiên cứu hiện tại tương đồng với các nghiên cứu trên.



Hình 2. Tương quan giữa hàm lượng protein của rong câu chỉ và hàm lượng dinh dưỡng bổ sung vào bể nuôi rong

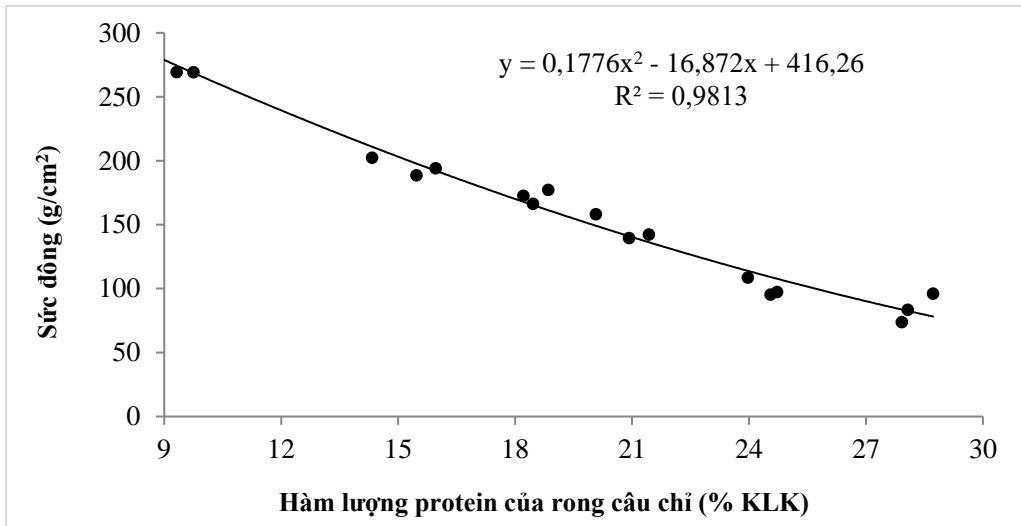
Bảng 4. Hiệu suất chiết xuất agar (% khối lượng khô) và tính chất gel của agar

Chỉ tiêu	Hiệu suất agar (%)	Sức đông (g/cm ²)	Độ nhớt (CPs)	Nhiệt độ đông (°C)	Nhiệt độ tan đông (°C)
0 g/m ³ (ĐC)	21,38±0,86 ^c	274,5±9,2 ^d	11,10±0,39 ^c	32,83±0,90 ^a	70,13±0,55 ^a
5 g/m ³	20,23±0,66 ^{bc}	195,0±6,9 ^c	11,02±0,43 ^c	32,60±0,69 ^a	68,87±0,54 ^a
10 g/m ³	19,39±0,43 ^b	172,0±5,5 ^c	10,95±0,33 ^c	31,30±0,98 ^a	70,30±0,61 ^a
15 g/m ³	18,93±0,70 ^b	146,7±10,1 ^b	10,58±0,74 ^c	31,83±0,85 ^a	69,70±1,39 ^a
20 g/m ³	18,60±0,44 ^b	100,4±7,2 ^{ab}	9,15±0,49 ^b	32,10±0,96 ^a	69,07±1,68 ^a
25 g/m ³	14,59±0,62 ^a	84,5±11,1 ^a	7,13±0,37 ^a	32,27±0,75 ^a	68,70±0,79 ^a

Các giá trị trung bình trên cùng một cột có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

Hiệu suất chiết xuất agar và tính chất gel của agar chiết xuất từ rong câu chỉ sau 30 ngày nuôi trồng được trình bày trong Bảng 4. Kết quả cho thấy hiệu suất thu hồi agar thấp nhất (14,59%) là nghiệm thức 25 g/m³ và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với các nghiệm thức còn lại. Nghiệm thức ĐC có hiệu suất agar thu hồi (21,38%) cao hơn

có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức khác trừ nghiệm thức 5 g/m³. Hiệu suất thu hồi agar có khuynh hướng giảm theo sự tăng mức bổ sung dinh dưỡng vào bể nuôi rong nhưng hiệu suất thu hồi agar ở các nghiệm thức bổ sung dinh dưỡng từ 5 g/m³ đến 20 g/m³ khác nhau không có ý nghĩa thống kê (p>0,05).



Hình 3. Tương quan giữa sức đông của agar và hàm lượng protein của rong câu chỉ (n = 18)

Sức đông của agar thấp nhất (84,5 g/cm²) được tìm thấy ở nghiệm thức bón dinh dưỡng cao nhất (25 g/m³), ngược lại nghiệm thức đối chứng không bổ sung dinh dưỡng có sức đông cao nhất (274,5 g/cm²) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức khác (p<0,05). Tuy nhiên, sức đông giữa nghiệm thức 20 g/m³ và 25 g/m³ khác nhau không ý nghĩa thống kê (p>0,05). Ngoài ra, sức đông agar có mối tương quan nghịch với hàm lượng protein của rong câu chỉ được sử dụng để chiết xuất agar (Hình 3). Điều này cho thấy chiết xuất agar từ rong có hàm lượng protein càng cao thì sức đông agar càng thấp. Kết quả nghiên cứu này tương đồng với khảo sát của Vinh và ctv. (2019), sức đông agar chiết xuất từ rong câu chỉ thu trong ao tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau có mối tương quan nghịch với hàm lượng nitơ của rong câu.

Nhiều nghiên cứu cho biết sức đông của agar chiết xuất từ rong câu chịu ảnh hưởng bởi điều kiện môi trường như nhiệt độ, độ mặn, chất dinh dưỡng, ánh sáng (Chirapart et al., 2006; Lee et al., 2016, 2017) và phương pháp chiết xuất (Yarnpakdee et al., 2015; Lee et al., 2017). Sức đông agar là một chỉ tiêu chất lượng quan trọng của gel agar. Theo tài liệu của Luyến và ctv. (2004), agar được ứng dụng trong công nghệ thực phẩm thì sức đông của agar phải lớn

hơn 300 g/cm², trong nghiên cứu này sức đông agar ở nghiệm thức đối chứng cao nhất là 274,5 g/cm² chưa đạt tiêu chuẩn cho ứng dụng trong công nghệ thực phẩm. Vì thế, cần cải thiện phương pháp chiết xuất để nâng cao sức đông agar.

Độ nhớt agar trung bình dao động từ 7,13 đến 11,10 CPs, trong đó nghiệm thức đối chứng và các nghiệm thức bổ sung dinh dưỡng từ 5, 10 và 15 g/m³ khác nhau không nhiều (p>0,05) và cao hơn có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với hai nghiệm thức còn lại. Nghiệm thức 25 g/m³ có độ nhớt thấp nhất so với các nghiệm thức khác. Luyến và ctv. (2004) cho rằng độ nhớt của các dung dịch agar thay đổi phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu và các điều kiện chiết xuất agar. Nghiên cứu khác ghi nhận độ nhớt của dung dịch agar bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như nồng độ agar, nhiệt độ, chất độn tạo gel (Whyte et al., 1984; Luyến và ctv., 2004). Theo nghiên cứu của Hiện và ctv. (2019) thì độ nhớt của dung dịch agar tỉ lệ thuận với nồng độ agar và tỉ lệ nghịch với nhiệt độ; nồng độ agar càng cao thì độ nhớt của agar tăng và ngược lại độ nhớt của agar giảm khi nhiệt độ tăng dần.

Nhiệt độ đông và nhiệt độ tan đông của agar khác nhau không có ý nghĩa thống kê (p>0,05) giữa các nghiệm thức bổ sung dinh dưỡng, dao động trung

binh lần lượt là 31,30-32,83°C và 68,87-70,30°C. Theo Luyén và ctv. (2004), nhiệt độ đông của agar chiết xuất từ rong câu khoảng từ 29°C đến 42°C và nhiệt độ tan đông từ 76°C đến 92°C. Hàm lượng methoxy ảnh hưởng đến nhiệt độ tạo gel của agar. Khi hàm lượng methoxy trong agarose *Gracilaria* tăng, nhiệt độ tạo gel tương ứng cũng tăng theo (Luyén và ctv., 2004). Nghiên cứu khác cho rằng hiệu suất chiết xuất agar, sức đông và nhiệt độ tan đông của rong câu *Gracilaria* spp. chịu ảnh hưởng tương tác bởi các điều kiện môi trường sống của chúng (Yarnpakdee et al., 2015; Lee et al., 2016).

4. KẾT LUẬN

Mật độ rong ban đầu 2 g/L, bổ sung dinh dưỡng (phân vô cơ, tỉ lệ N:P = 1:10) với lượng từ 15-20 g/m³/tuần cho sinh khối và tốc độ tăng trưởng của rong câu đạt cao nhất. Tuy nhiên, bổ sung dinh dưỡng với hàm lượng cao (25 g/m³/tuần) thì rong câu chỉ chứa hàm lượng protein cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. *Association of Official Analytical Chemists Arlington*, 159 pages.
- APHA. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. *American Public Health Association*. Washington D.C, 487 pages.
- Aziz, A. Hassan, A., Roy, S. K., Haque, M. Z., Saha, B. K., Ahmed, S., Rahman, M., Mohanta, L. C., & Mashuk, O. F. (2021). Potential of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* grown in Nuniachara, Cox's Bazar, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 56(1), 39-46. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v56i3.55970>
- Banerjee, K., Ghosh, S. Homechaudhuri., & Mitra. A. (2009). Biochemical composition of marine macroalgae from Gangetic Delta at the Apex of Bay of Bengal. *African Journal of Basic & Applied Sciences* 1, 96-104.
- Chirapart, A., Munkit, J., & Lewmanomont, K. (2006). Changes in yield and quality of agar from the agarophytes, *Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata* var. *liui* cultivated in earthen ponds. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 40(2), 529-540.
- Guo, H., Yao, J., Sun, Z., & Duan, D. (2015). Effects of salinity and nutrients on the growth and chlorophyll fluorescence of *Caulerpa lentillifera*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33, 410-418. <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4105-y>
- Hậu, L. N. & Đại, N. H. (2010). *Rong câu Việt Nam-Nguồn lợi và sử dụng*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Hiện, Đ. V., Thúy, N. T. T., Huyền, T.T., & Bách, N. T. (2019). Ảnh hưởng của CMC, nhiệt độ và nồng độ agar đến độ nhớt của dung dịch, độ cứng gel agar. *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 1, 22-29.
- Ihsan, N. Y., Subiyanto, Pribadi, T. D. K., & Schulz, C. (2019). Nitrogen assimilation potential of seaweed (*Gracilaria verrucosa*) in polyculture with Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *AAEL Bioflux*, 12(1), 51-62.
- Lee, W. K., Lim, P. E., Phang, S. M., Namasivayam, P., & Ho, C.L. (2016). Agar properties of *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta) collected from different natural habitats in Malaysia. *Regional Studies in Marine Science*, 7, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.06.001>
- Lee, W. K., Lim, Y. Y., Leow, A. T. C., Namasivayam, P., Abdullah, J. O., & Ho, C. L. (2017). Factors affecting yield and gelling properties of agar. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1527-1540. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1009-y>
- Lobban, C. S., & Harrison, P. J. (1994). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press. Cambridge London, 163-209. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626210>
- Luhan, M. R. J., Ferrer, M. S. R., Tanaka, J., & Aruga, Y. (2004). Monthly variation of agar quality of some gracilarioids from the Philippines (Rhodophyta, Gracilariaceae). *The Philippine Scientist*, 41, 22-35.

Hiệu suất chiết xuất agar và sức đông agar ở nghiệm thức không bổ sung dinh dưỡng đạt cao nhất trong khi bổ sung dinh dưỡng ở liều cao (25 g/m³/tuần), hai chỉ tiêu này có giá trị thấp nhất. Độ nhớt của agar có khuynh hướng giảm ở mức bổ sung dinh dưỡng cao (20 và 25 g/m³/tuần). Nhiệt độ đông và nhiệt độ tan đông của agar không bị ảnh hưởng nhiều bởi các mức bổ sung dinh dưỡng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ chính phủ Nhật Bản, thuộc Chương trình ODA F-2 “Green technology innovation for aquaculture”. Tác giả chân thành cảm ơn TS. Lê Thị Minh Thủy đã tạo điều kiện và hỗ trợ trang thiết bị chiết xuất agar và Lê Thị Kim tham gia quản lý thí nghiệm.

- Luhan, M. R. J., Harder, F., & Hurtado, A. Q. (2006). Growth and agar quality of *Gracilaria heteroclada* (Zhang et Xia) grown in a filter tank. Philipp. *The Journal of Agricultural Science*, 89, 358-361.
- Luyến, T. T., Phụng, Đ. M., Tuấn, N. A., & Nghĩa, N. D. (2004). *Chế biến rong biển*. Nhà xuất bản Nông nghiệp TP. Hồ Chí Minh.
- Manivannan, K., Thirumaran, G., Devi, G. K., Anantharaman, P., & Balasubramanian, T. (2009). Proximate composition of different group of seaweeds from Vedalai coastal waters (Gulf of Mannar): Southeast Coast of India. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 4, 72-77.
- Msuya, F. E., & Neori, A. (2008). Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*, 20(6), 1021-1031. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9300-6>
- Navarro-Angulo, L., & Robledo, D. (1999). Effects of nitrogen source, N:P ratio and N-pulse concentration and frequency on the growth of *Gracilaria cornea* (Gracilariales, Rhodophyta) in culture. *Hydrobiologia* 398/399, 315-320. <https://doi.org/10.1023/A:1017099321188>
- Peng, C., Hong-Bo, S., Di, X., & Song. (2009). Progress in *Gracilaria* biology and developmental utilization: Main Issues and Prospective. *Journal Reviews in Fisheries Science* (17), 494-504. <https://doi.org/10.1080/10641260903144586>
- Santander-Avanceña, S.S., Luhan, M. R.J., & Felera-Panizales, J. (2015). Improved growth performance of *Gracilariopsis heteroclada* via short-term nitrogen enrichment. *Botanica Marina*, 58(6), 457-463. doi.org/10.1515/bot-2015-0029.
- Sarkar, S., Rekha, P. N., Biswas, G., Ghoshal, T. K., Ambasankar, K., & Balasubramanian C.P. (2019). Culture potential of the seaweed, *Gracilaria tenuistipitata* (Rhodophyta) in brackishwater tide fed pond system of Sundarban, India. *Journal of Coastal Research*, 86(sp1), 258-262. <https://doi.org/10.2112/SI86-038.1>
- Vinh, N. H., Thùy, L. T. M., & Anh, N. T. N. (2019). Khảo sát hiệu suất và đặc tính gel của agar chiết xuất từ rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*) thu trong ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 55(1B), 54-61. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.022>
- Vinh, N. H., & Anh, N. T. N. (2019). Khảo sát sinh lượng của rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*) trong ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 1, 88-97. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.022>
- Wang, C., Lei, A., Zhou, K., Hu, Z., Hao, W., & Yang, J. (2014). Growth and nitrogen uptake characteristics reveal outbreak mechanism of the opportunistic macroalgae *Gracilaria tenuistipitata*. *PLoS ONE* 9(10), e108980. [doi:10.1371/journal.pone.0108980](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108980)
- Wang, L., Shen, Z., Mu, H., Lin, Y., Zhang, J., & Jiang, X. (2017). Impact of alkali pretreatment on yield, physico-chemical and gelling properties of high quality agar from *Gracilaria tenuistipitata*. *Food Hydrocolloids*, 70, 356-362. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.042>
- Whyte, J. N. C., Englar, J. R., & Hosford, S. P. C. (1984). Factors affecting texture profile evaluation of agar gels. *Botanica Marina*, 27(2), 63-70. <https://doi.org/10.1515/botm.1984.27.2.63>
- Yang, Y., Chai, Z., Wang, Q., Chen, W., He, Z., & Jiang, S. (2015). Cultivation of seaweed *Gracilaria* in Chinese coastal waters and its contribution to environmental improvements. *Algal Research*, 9, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.03.017>
- Yarisk, C., Redmond, S., & Kim, J. K. (2012). *Gracilaria* culture handbook for New England. Connecticut: Wrack Lines, 72. <https://opencommons.uconn.edu/wracklines/72>.
- Yarnpakdee, S., Benjakul, S., & Kingwascharapong, P. (2015). Physico-chemical and gel properties of agar from *Gracilaria tenuistipitata* from the lake of Songkhla, Thailand. *Food Hydrocolloids*, 51, 217-226. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.004.
- Yu, J., & Yang, Y. F. (2008). Physiological and biochemical response of seaweed *Gracilaria lemaneiformis* to concentration changes of N and P. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 367, 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.09.009>