



TIỀM NĂNG SINH KHỐI VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP SẤY ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT HÓA HỌC CỦA RONG BÚN (*Ulva spp.*) TRONG SẢN XUẤT PHÂN BÓN SINH HỌC

Dương Thanh Thủy^{1*}, Trần Thị Triều Hà¹, Nguyễn Thị Thuý Hằng¹, Hồ Nhật Phong¹,
Hồ Sỹ Vương¹, Nguyễn Hồ Lam²

¹ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

² Viện Nghiên cứu phát triển Kinh tế - Xã hội, Đại học Huế, 07 Hà Nội, Huế, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: Dương Thanh Thủy <duongthanhthuy@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 23-3-2025; Ngày chấp nhận đăng: 6-4-2025)

Tóm tắt. Rong bún (*Ulva spp.*) là loại rong lục phổ biến tại ao nuôi thủy sản và bãi triều ven biển thành phố Huế. Rong bún có thể gây ra hiện tượng “thủy triều xanh” khi phát triển quá mức, tác động tiêu cực đến môi trường và hoạt động nuôi trồng thủy sản. Nghiên cứu này đánh giá tiềm năng sử dụng sinh khối rong bún làm nguyên liệu sản xuất phân bón sinh học và khảo sát ảnh hưởng của phương pháp sấy đến một số tính chất hóa học. Kết quả cho thấy có hai loại rong bún tự nhiên tại Huế giàu hợp chất hữu cơ và nguyên tố dinh dưỡng (N, P, K), phù hợp để sử dụng làm phân bón sinh học. Quá trình sấy giảm ẩm là cần thiết để bảo quản và tối ưu hoá chiết xuất hoạt chất. Phương pháp sấy cưỡng bức ở 50 °C được xác định là tối ưu, đảm bảo hàm lượng đạm (N), lân (P) và kali (K) đáp ứng yêu cầu cho sản xuất phân bón sinh học.

Từ khóa: Huế, phân bón sinh học, rong bún, sấy, tính chất hóa học

Biomass potential and effects of drying methods on chemical characteristics of *Ulva* seaweed for biofertilizer production

Duong Thanh Thuy^{1,*}, Tran Thi Trieu Ha¹, Nguyen Thi Thuy Hang¹,
Ho Nhat Phong¹, Ho Sy Vung¹, Nguyen Ho Lam²

¹ University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Vietnam

² Institute of Socio-Economic Development, Hue University, 07 Ha Noi St., Hue, Vietnam

* Correspondence to Duong Thanh Thuy <duongthanhthuy@hueuni.edu.vn>

(Submitted: March 23, 2025; Accepted: April 6, 2025)

Abstract. The green macroalgae (*Ulva* spp.) are commonly found in aquaculture ponds and intertidal zone along the coast of Hue City, Vietnam. The excessive growth of *Ulva* seaweeds can lead to "green tides," which negatively impact the environment and aquaculture activities. This study evaluated the biomass potential of *Ulva* as a raw material for biofertilizer production and examined the effects of drying methods on its chemical properties. Results identified two naturally occurring *Ulva* species in Hue, rich in organic compounds and essential nutrients (N, P, K), making them well-suited for biofertilizer applications. Moisture reduction through drying is essential for preserving and optimizing bioactive compounds' extraction. Forced-air drying at 50°C was determined to be the optimal method, ensuring the retention of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) levels that meet the requirements for biofertilizer production.

Keywords: biofertilizer, chemical properties, drying, green seaweed, Hue city

1 Đặt vấn đề

Ngành nông nghiệp toàn cầu đang đứng trước thách thức lớn để tăng năng suất cây trồng từ 60% đến 100% so với hiện nay nhằm đáp ứng nhu cầu khi dân số dự kiến đạt 9,7 tỷ vào năm 2050 [1]. Phân bón hóa học đã góp phần nâng cao năng suất cây trồng, tuy nhiên việc lạm dụng kéo dài đã dẫn đến những hệ quả tiêu cực như suy thoái đất, ô nhiễm môi trường và gia tăng phát thải khí nhà kính. Trong bối cảnh đó, phân bón sinh học đang ngày càng được ưu tiên như một giải pháp bền vững. Những năm gần đây, số lượng sản phẩm phân bón sinh học được thương mại hoá đã tăng đáng kể, trong đó chiết xuất từ rong biển chiếm tỷ lệ lớn nhất (33,3%), tiếp đến là axit humic (31,1%), axit hữu cơ (10,2%), vi sinh vật (9,7%), các loại ít phổ biến như biochar, enzyme cô đặc [2].

Rong bún (*Ulva* spp.) thuộc ngành rong lục, xuất hiện tự nhiên ở vùng biển nhiệt đới và á nhiệt đới trên khắp thế giới. Rong bún có phân bố rộng từ môi trường nước mặn ở biển đến môi trường nước lợ như cửa sông, đầm phá và cả môi trường nước ngọt [3]. Rong bún chủ yếu xuất hiện ở hai dạng hình thái: (1) dạng phiến và (2) dạng sợi [3]. Rong bún khi gặp điều kiện thuận lợi sẽ phát triển thành quần thể lớn gây ra hiện tượng "thủy triều xanh" (green tides) ảnh hưởng

tiêu cực cho du lịch và nuôi trồng thủy sản [4]. Hiện tượng “thủy triều xanh” đã được ghi nhận ở nhiều nước châu Á như Phillipine [5], Trung Quốc [6], Nha Trang – Việt Nam [7]. Việc xử lý lượng lớn sinh khối rong do “thủy triều xanh” gặp nhiều khó khăn và tốn kém. Tận dụng được nguồn sinh khối này trong sản xuất sẽ giúp giảm chi phí quản lý, gia tăng giá trị sử dụng của rong và thân thiện với môi trường. Chính vì vậy, các nhà khoa học đang nghiên cứu để tận dụng được nguồn lợi này trong sản xuất nhiên liệu sinh học, phân bón và thức ăn cho nuôi trồng thủy sản [8]. Thành phần hóa học của rong bún rất đa dạng, ulvan là polysaccharides sinh học đặc trưng của rong bún, có khả năng kích thích sinh trưởng thực vật [9]. Ngoài ra, rong bún còn chứa các nguyên tố đa lượng (N, P, K) các vi lượng (Fe, Zn, Mn) axit amin, vitamin và các chất điều hoà sinh trưởng thực vật tự nhiên (auxin, xytokinin) [10]. Chính vì vậy, các sản phẩm phân bón từ rong bún không chỉ cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng mà còn tăng khả năng chống chịu của cây trồng trước các điều kiện bất lợi như hạn hán và nhiễm mặn [11].

Tuy nhiên, rong biển tự nhiên cần trải qua quá trình sấy khô trước khi được sử dụng [12]. Việc sấy khô làm giảm hoạt động của nước, làm chậm sự phát triển của vi khuẩn, giúp giảm thể tích lưu trữ [14]. Kỹ thuật sấy khô cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng chất kích thích sinh học (biostimulants) của các mẫu rong biển. Theo Gupta và cs., sấy rong biển ở nhiệt độ thấp (dưới 40 °C) làm giảm 49 và 51% hàm lượng phenol tổng số và tổng hàm lượng flavonoid, nhưng khi nhiệt độ sấy cao (trên 40 °C) lại làm giảm lượng đường trong mẫu [13].

Nhìn chung, tiềm năng ứng dụng của rong biển nói chung và rong bún nói riêng trong nông nghiệp rất lớn. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh nhu cầu về phân bón sinh học tăng cao nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của phân hóa học lên môi trường. Tuy nhiên, tại thành phố Huế, tiềm năng này chưa được đánh giá cụ thể. Bên cạnh đó, việc sấy giảm ẩm là cần thiết để bảo quản rong biển và giúp tăng khả năng tách chiết các hoạt chất sinh học từ nguồn nguyên liệu này, nhưng cũng chưa có nhiều nghiên cứu về thông số sấy đối với rong bún. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này nhằm: (1) điều tra và đánh giá thành phần sinh hoá và đặc tính của rong bún tại thành phố Huế, (2) xác định ảnh hưởng của các phương pháp sấy khác nhau đến chất lượng rong bún, từ đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc sản xuất phân sinh học từ nguồn nguyên liệu sẵn có này tại thành phố Huế.

2 Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu

Các mẫu rong bún (*Ulva* spp.) được thu thập tại các ao nuôi thủy sản thuộc xã Hương Phong và ven biển xã Hải Dương, thành phố Huế từ tháng 1/2023 đến tháng 12/2023 (Bảng 1). Các mẫu rong sau khi thu thập được loại bỏ bụi bẩn, tạp chất trước khi phân tích, đánh giá.

Bảng 1. Tọa độ các điểm thu mẫu rong bún (*Ulva* spp.)

Điểm thu mẫu	Vị trí lấy mẫu	Tọa độ
Ao nuôi thủy sản	VT1	16°34'11.4"N 107°35'22.5"E
Ao nuôi thủy sản	VT2	16°34'18.2"N 107°35'21.1"E
Ao nuôi thủy sản	VT3	16°34'20.1"N 107°35'20.3"E
Ao nuôi thủy sản	VT4	16°34'27.3"N 107°35'19.5"E
Ao nuôi thủy sản	VT5	16°34'43.7"N 107°35'17.5"E
Bãi triều ven biển	VT6	16°34'23.9"N 107°37'05.9"E
Bãi triều ven biển	VT7	16°34'36.7"N 107°37'04.2"E

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp điều tra phân bố và đánh giá sản lượng của rong bún

Mẫu rong bún được thu thập định kì 1 tháng/lần tại các điểm thu mẫu trong thời gian có xuất hiện mẫu rong. Các yếu tố môi trường nước bao gồm nhiệt độ, pH, độ mặn, PO₄ và NH₃ được kiểm tra cùng với quá trình thu mẫu rong. Sử dụng bút đo pH và nhiệt độ nước HI98108 Hanna để kiểm tra nhiệt độ và pH. Độ mặn được kiểm tra bằng tỷ trọng kế. PO₄, NH₃ được đo bằng kit test (Sera, Đức).

Sản lượng rong được tính toán theo quy phạm tiêu chuẩn quốc gia về điều tra rong biển [14]. Tại mỗi vùng điều tra, chọn 5 điểm ngẫu nhiên để đặt các khung vuông có kích thước 0,5 x 0,5 m (ô tiêu chuẩn). Thu rong trong các ô tiêu chuẩn, rửa sạch, để ráo rồi cân và tính sản lượng rong điều tra (kg tươi/m²)

Phương pháp phân tích tính chất hóa học của rong bún

Độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi theo theo TCVN 10371:2014.

Hàm lượng hợp chất hữu cơ (OM) được xác định theo TCVN 9294:2012. Đạm tổng số được xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo TCVN 8557:2010. Đạm dễ tiêu được xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo TCVN 9295:2012. P₂O₅ tổng số được xác định bằng phương pháp so màu trên quang phổ kế theo TCVN 8563:2010. P₂O₅ dễ tiêu được xác định bằng phương pháp so màu trên quang phổ kế theo TCVN 5256: 1990. K₂O tổng số được xác định bằng phương pháp quang kế ngọn lửa theo TCVN 8562:2010. K₂O dễ tiêu được xác định bằng phương pháp quang kế ngọn lửa theo TCVN 8246:2009. Hàm lượng protein thô được tính bằng cách nhân hàm lượng nitơ hữu cơ với hệ số chuyển đổi là 6,25.

Các phân tích về tính chất hóa học được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Khoa Nông học, trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

Phương pháp sấy

Hai phương pháp sấy khác nhau đã được sử dụng: (a) phơi sấy tự nhiên, (b) sấy cưỡng bức sử dụng máy sấy của hãng Memmert (Đức). Mẫu rong bún tươi được chia thành các phần bằng nhau, mỗi phần có trọng lượng 100 g và mỗi quá trình sấy được lặp lại 6 lần (tương ứng với 6 khay sấy) để đảm bảo độ tin cậy của kết quả. Quá trình sấy được thực hiện theo bốn phương pháp khác nhau như trình bày trong Bảng 2.

Trong quá trình sấy cưỡng bức, hệ thống quạt đối lưu của tủ được bật để duy trì sự đồng đều trong phân phối nhiệt và luồng không khí, đảm bảo quá trình thoát hơi ẩm hiệu quả và tránh tích tụ nhiệt tại bất kỳ vị trí nào trong tủ.

Sử dụng khay sấy có kích thước 16 cm x 26 cm x 2,5 cm (WxLxH). Trong quá trình sấy, sau mỗi hai giờ, trọng lượng của mẫu rong được cân kiểm tra liên tục. Độ ẩm của mẫu rong tại mỗi thời điểm kiểm tra được tính toán theo công thức sau:

$$W_t = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

trong đó, W_t là độ ẩm của mẫu tại thời điểm kiểm tra t (%), m_0 : là khối lượng mẫu trước khi sấy (g); m_t khối lượng của mẫu tại thời điểm lấy mẫu kiểm tra t (g).

Xử lý số liệu

Các yếu tố môi trường được thu thập trong thời gian điều tra thu thập mẫu, kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (SD). Tất cả dữ liệu thu thập được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel và Rstudio.

Bảng 2. Phương pháp sấy được sử dụng trong nghiên cứu

Phương pháp sấy	Điều kiện sấy	Ký hiệu
Sấy tự nhiên	Phơi dưới mái che trong ngày nắng ở nhiệt độ môi trường	SD
Sấy cưỡng bức	40 °C	OV40
Sấy cưỡng bức	50 °C	OV50
Sấy cưỡng bức	60 °C	OV60

3 Kết quả nghiên cứu và thảo luận

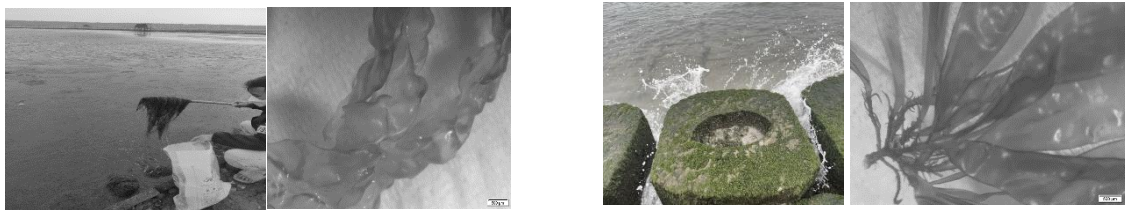
3.1 Phân bố và đặc tính sinh học của rong bún (*Ulva* spp.) ở thành phố Huế

Trên cơ sở phân tích đặc điểm hình thái của các mẫu thu thập, xác định được hai nhóm rong thuộc chi *Ulva* có sản lượng lớn và tần suất bắt gặp cao ở thành phố Huế là rong bún đầm phá tại các ao nuôi thủy sản thuộc xã Hương Phong trong khu vực đầm phá Tam Giang và rong bún ven biển bám trên đá vùng bãi triều ven bờ biển Hải Dương (Hình 1).

Về đặc điểm hình thái, rong bún đầm phá có dạng sợi dài 5–15 cm, thẳng hoặc xoắn vặn và gấp khúc trông như đoạn ruột với đường kính khi tươi 0,2–3 mm, đường kính khi khô là 0,1 mm (Hình 1A). Rong bún ven biển có thân dạng trụ tròn, ống rỗng, chiều dài khoảng 1–5 cm, chia nhánh. Gốc nhánh thon hẹp lại, phần trên phình rộng ra, các nhánh có kích thước gần như nhau (Hình 1B).

Đặc điểm sinh cảnh của rong bún tại Huế được thể hiện ở Bảng 3. Rong bún đầm phá phân bố trong các ao nuôi thủy sản, với nhiệt độ nước dao động từ 27,5–29,4 °C, độ mặn từ 8,3–11,2‰ và pH trong khoảng 8,5–9,7. Trong khi đó, rong bún ven biển xuất hiện tại bãi triều ven biển, có sự dao động khá lớn về nhiệt độ (25,3–30,7 °C), độ mặn cao hơn (17,7–23,7 ‰) và pH trong khoảng 8,0–8,6. Cả hai khu vực đều có hàm lượng PO₄ đo được ở mức thấp, dao động từ 0,5–1,0 mg/L và không phát hiện NH₃ trong kỳ điều tra.

Rong bún đầm phá xuất hiện từ tháng 1 đến tháng 7, phát triển mạnh nhất trong khoảng tháng 2 đến tháng 6 khi điều kiện ánh sáng mạnh và nguồn dinh dưỡng dồi dào. Đến tháng 8, khi mưa xuất hiện làm giảm độ mặn và nhiệt độ nước tăng cao, rong bún đầm phá bắt đầu tàn lụi. Ngược lại, rong bún ven biển có mặt quanh năm bằng cách bám chắc trên bãi đá, ít bị tác động bởi biến động khí hậu ngắn hạn.



(A) Rong bún đầm phá ở các ao nuôi thủy sản (B) Rong bún ven biển bám trên đá vùng bãi triều

Hình 1. Hình thái của 2 nhóm rong bún trong nghiên cứu

Bảng 3. Đặc điểm sinh cảnh của rong bún thu thập tại thành phố Huế

Loại rong bún phân bố	Sinh cảnh	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (‰)	pH	PO ₄ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
Rong bún đầm phá	Ao nuôi thủy sản	28,28 ± 0,66 (27,5 – 29,4)	9,89 ± 0,75 (8,3 – 11,2)	9,05 ± 0,33 (8,5 – 9,7)	0,75 ± 0,25 (0,5 – 1,0)	0,0
Rong bún ven biển	Bãi triều ven biển	26,8 ± 1,68 (25,3 – 30,7)	17,9 ± 0,94 (17,7 – 23,7)	8,59 ± 0,38 (8,0 – 8,6)	0,81 ± 0,23 (0,5 – 1,0)	0,0

Ghi chú: Số liệu trong ngoặc đơn () biểu thị giá trị nhỏ nhất và lớn nhất.

Nhìn chung, rong bún ở Huế thuộc nhóm rong nước lợ, thích hợp phát triển ở độ mặn từ 8–19‰, nhiệt độ từ 25–29 °C và pH trong khoảng 8–10. Các thông số này tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đó, cho thấy rong bún có phổ thích nghi rộng trong điều kiện độ mặn từ 3–28‰ và nhiệt độ từ 17–30 °C [15]. Ở đồng bằng sông Cửu Long, rong bún cũng được ghi nhận phát triển tốt nhất ở môi trường nước tĩnh, độ mặn 10–15‰, pH 8–10 và mực nước từ 10–60 cm [16]; những điều kiện này gần giống với các ao nuôi thủy sản ở xã Hương Phong, thuộc vùng đầm phá Tam Giang, thành phố Huế.

Rong bún đầm phá sinh trưởng thành từng cụm dưới mặt nước và khi già sẽ nổi lên trên mặt nước, tạo thuận lợi cho việc thu gom bằng cách vớt. Trong khi đó, rong bún ven biển bám chặt trên các bãi đá vùng triều, việc khai thác đòi hỏi nhiều công sức và gặp khó khăn hơn.

3.2 Sinh khối và thành phần hoá học của rong bún

Kết quả tính toán sinh khối và phân tích thành phần hoá học của 2 nhóm rong bún được trình bày trong Bảng 4.

Rong bún có khả năng chuyển hóa dinh dưỡng thành sinh khối với tốc độ cao khi điều kiện thuận lợi. Kết quả khảo sát cho thấy rong bún phát triển mạnh nhất từ tháng 2 đến tháng 6. Sinh khối rong bún tăng từ khoảng 0,5 kg/m² trong tháng 1 lên đến 1,0–1,6 kg/m² trong tháng 2 – tháng 6, và giảm còn 0,6–0,8 kg/ m² vào tháng 7. Sản lượng rong trung bình đạt 1,03–1,19 kg rong tươi/m², tương đương khoảng 0,8–0,9 tấn rong khô/ha. Với tốc độ sinh trưởng nhanh, rong biển ở vùng nhiệt đới có thể thu hoạch 4–6 vụ/năm [17]. Tính toán với khả năng thu hoạch thấp nhất là 4 vụ/năm, sản lượng rong bún có thể đạt từ 3,2–3,6 tấn khô/ha/năm, tương đương với sản lượng của rong nâu (*Sargassum sp.*) được báo cáo trong nghiên cứu của Reith và cs. [18]. Với

Bảng 4. Sinh khối và thành phần hoá học của rong bún tươi

Thành phần	Rong bún đầm phá	Rong bún ven biển
Sinh khối (kg tươi/m ²)	1,19 ± 0,37	1,03 ± 0,24
Độ ẩm (%)	93,02 ± 0,32	91,17 ± 0,12
pH	6,60	5,78
EC (dS/m)	2,6	2,3
Hàm lượng hợp chất hữu cơ (%)	5,95	9,00
Hàm lượng protein thô (%)	9,13	10,0
N tổng số (%)	1,46	1,60
P ₂ O ₅ tổng số (%)	0,13	0,15
K ₂ O tổng số (%)	1,71	1,53

6 vụ/năm, sản lượng rong bún có thể đạt 4,8–5,4 tấn khô/ha/năm, gần bằng với sản lượng của rong câu chỉ vàng (*Gracilaria tenuistipitata*) được công bố bởi Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại [19].

Độ ẩm cao (91–93%) khiến rong bún tươi không thích hợp để sử dụng trực tiếp làm phân bón vì dễ phân hủy, phát sinh mùi hôi và khó vận chuyển [20]. Do đó, việc sấy hoặc khử nước trước khi sử dụng là cần thiết để kéo dài thời gian bảo quản, thuận lợi cho chuỗi cung ứng và ứng dụng trong sản xuất phân bón [21, 22].

Giá trị pH của rong bún đầm phá ở mức 6,60 gần trung tính, trong khi rong bún ven biển có tính axit nhẹ (pH = 5,78). Điều này có thể ảnh hưởng đến pH đất khi bón trực tiếp lượng lớn rong bún ven biển. Giá trị EC của rong bún dao động từ 2,3–2,6 dS/m, mức muối hoà tan không quá cao và phù hợp để sử dụng làm nguyên liệu sản xuất phân bón mà không gây tích lũy muối trong đất. Đáng chú ý, EC của rong bún thu thập tại Huế thấp hơn nhiều so với EC của rong nâu *Fucus vesiculosus* được ghi nhận tại vùng biển Strangford Lough (9,3 dS/m) [23].

Đạm tổng số (1,46–1,60%), lân (0,13–0,15%) và kali (1,53–1,71) không có sự khác biệt lớn giữa hai nhóm rong bún và đều cao hơn so với bèo tây (*Eichhornia crassipes*), đồng thời tương đương với một số loài thực vật thủy sinh như rong mái chèo (*Vallisneria spiralis*) và rong đuôi chó (*Ceratophyllum demersum*) [24]. Trong cùng nghiên cứu, Hoàng Thị Thái Hòa và cs. đã chứng minh tác động tích cực của phân bón lá chiết xuất từ bèo tây và rong biển đến sự sinh trưởng, phát triển và năng suất cây xà lách [24].

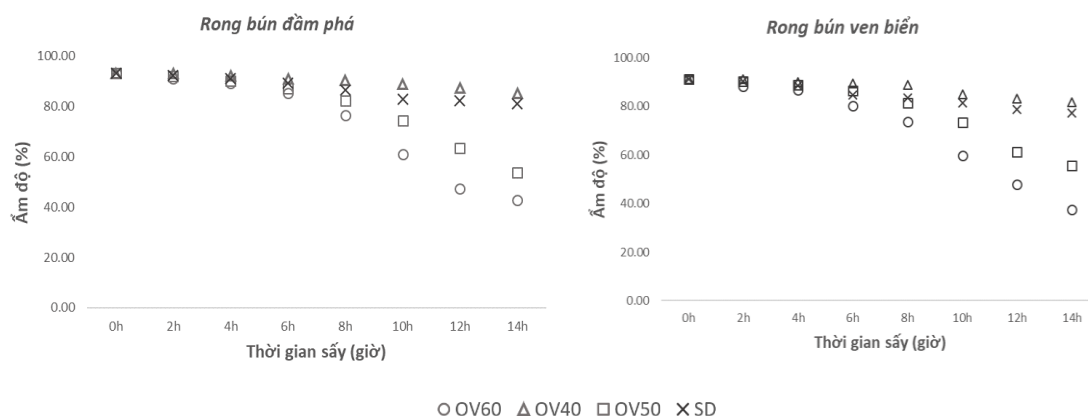
Như vậy, với sản lượng cao, hàm lượng hợp chất hữu cơ đáng kể (5,95–9,00%) cùng khả năng cung cấp các dinh dưỡng thiết yếu (N, P, K), rong bún là nguyên liệu tiềm năng trong sản xuất phân bón sinh học.

3.2 Khảo sát ảnh hưởng của phương pháp sấy đến tính chất hóa học rong bún

Ảnh hưởng phương pháp sấy đến độ ẩm của rong bún nguyên liệu

Nhiều kỹ thuật sấy khác nhau đã được sử dụng để sấy rong biển, bao gồm phơi nắng, sấy thăng hoa, sấy cưỡng bức, sấy chân không, và gần đây là sấy bằng vi sóng [25]. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng quá trình sấy có thể gây ra những thay đổi đáng kể về chất lượng của rong biển. Vì vậy, việc lựa chọn phương pháp sấy phù hợp đòi hỏi cần dựa trên nhiều yếu tố, bao gồm chi phí, thời gian, năng lượng tiêu thụ và khả năng bảo toàn chất lượng dinh dưỡng của nguyên liệu [26].

Độ ẩm của mẫu rong giảm dần theo thời gian sấy. Hình 3 thể hiện xu hướng giảm ẩm trong 14 giờ đầu tiên của các phương pháp sấy khác nhau. Ở nhiệt độ 50–60 °C, độ ẩm của rong bún giảm rõ rệt, còn khoảng 42–55% sau 14 giờ sấy. Ngược lại, sau 14 giờ phơi nắng hoặc sấy cưỡng bức ở 40 °C, độ ẩm vẫn còn trên 80%. Đường cong giảm ẩm của hai loại rong bún (đầm phá và ven biển) nhìn chung có xu hướng tương tự nhau.



Hình 3. Đồ thị giảm ẩm của rong bún ở các phương pháp sấy khác nhau sau 14 giờ

Uribe và cs. đã quan sát thấy quá trình sấy 400g rong bún ở nhiệt độ 70 °C trong máy sấy đối lưu với lưu lượng không khí là 2,0 m/giây, mật độ tải là 4,19 kg/m² mất 2 giờ [27]. Gupta và cs. báo cáo quá trình sấy khô 5,0 g tảo nâu *Himanthalia elongata* (ở tốc độ 2,0 m/giây) cần đến 5 giờ sấy [13]. Trong công trình của Moreira và cs., 3kg rong nâu *F. vesiculosus* cần ít nhất 20 giờ để sấy khô ở 75 °C [28]. Tuy nhiên việc so sánh thông số sấy trong thí nghiệm này với các công bố trước đây chỉ là tương đối, do quá trình sấy còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như quy mô thiết bị, tải trọng, độ dày lớp sấy, cấu trúc rong biển, ... So sánh với nghiên cứu này, lớp nguyên liệu dày 20mm, tốc độ lưu thông không khí cài đặt 2,0 m/giây thời gian sấy ở 40 °C kéo dài đến 32–36 giờ, trong khi ở 50 °C và 60 °C chỉ mất từ 18 đến 20 giờ (số liệu không hiển thị).

Đối với phương pháp phơi nắng, mặc dù dễ thực hiện và chi phí thấp nhưng chịu nhiều ảnh hưởng của thời tiết và môi trường, đồng thời yêu cầu không gian thông thoáng, tránh bụi và ánh nắng trực tiếp để hạn chế thất thoát dinh dưỡng. Nhìn chung, phương pháp sấy đối lưu cưỡng bức có ưu điểm vượt trội hơn trong việc kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm, giúp duy trì chất lượng và giảm mùi hôi so với phơi nắng [27]. Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước, như Uribe và cs. đã chỉ ra lượng carbohydrate, protein, sắc tố, hợp chất phenolic và avonoid cao nhất được tìm thấy trong rong bún khi sử dụng phương pháp sấy đối lưu so với sấy bằng năng lượng mặt trời [27].

Ảnh hưởng phương pháp sấy đến hàm lượng nguyên tố dinh dưỡng của rong bún

Nhiệt độ cao hoặc thời gian sấy kéo dài có thể làm giảm hàm lượng chất dinh dưỡng có trong rong bún. Kết quả phân tích thành phần các nguyên tố khoáng đa lượng (N, P, K) trong rong bún sau khi sấy bằng các phương pháp khác nhau được trình bày ở Bảng 5.

Kết quả cho thấy, phương pháp sấy ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng các nguyên tố đa lượng, trong khi loại rong bún không tạo ra sự khác biệt đáng kể. Hàm lượng đạm dễ tiêu cao

Bảng 5. Ảnh hưởng của phương pháp sấy đến chất lượng rong bún nguyên liệu

	Rong bún đầm phá				Rong bún ven biển			
	OV40	OV50	OV60	SD	OV40	OV50	OV60	SD
N dễ tiêu (mg/100g bột rong)	237,2 ^c	280,98 ^{ab}	226,24 ^c	291,33 ^a	274, 65 ^b	324,26 ^a	269,80 ^b	306,56 ^a
P ₂ O ₅ dễ tiêu (mg/100g bột rong)	67,41 ^a	68,82 ^a	69,32 ^a	68,35 ^a	67,85 ^a	68,56 ^a	68,64 ^a	68,91 ^a
K ₂ O dễ tiêu (mg/100g bột rong)	54,91 ^c	98,48 ^{ab}	109,43 ^a	86,25 ^b	55,16 ^c	102,53 ^a	104,15 ^a	87,23 ^b

Ghi chú: Các ký tự giống nhau trong cùng một hàng không sai khác có ý nghĩa về thống kê tại mức ý nghĩa 0,05.

nhất đạt được khi sấy đối lưu ở 50 °C và khi phơi nắng. Hàm lượng K₂O dễ tiêu đạt mức cao nhất khi sấy đối lưu ở 50 °C và 60 °C. P₂O₅ dễ tiêu không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các phương pháp. Ling và cs. đã so sánh bảy kỹ thuật sấy khác nhau và tác động của chúng lên hàm lượng hoạt chất sinh học của rong đỏ (*Kappaphycus alvarezii*), kết quả cho thấy sấy cưỡng bức ở nhiệt độ 40 °C cho giá trị cao nhất của các hợp chất này [29]. Trong khi đó, Neoh và cs. lại phát hiện ra rằng sấy cưỡng bức ở nhiệt độ 60 °C cho giá trị hoạt động của các chất chống oxy hóa cao nhất đối với rong đỏ của Malaysia [30]. Như vậy, việc lựa chọn phương pháp sấy không chỉ phụ thuộc vào loại rong mà còn phải cân nhắc đến mục tiêu sử dụng, chẳng hạn như chất chống oxy hóa, hàm lượng khoáng chất, hay chất điều hoà sinh trưởng [31].

Do đó, khi cân nhắc giữa việc chi phí sấy và khả năng bảo quản hàm lượng dinh dưỡng khoáng, phương pháp sấy thích hợp để sấy rong bún cho mục đích làm nguyên liệu sản xuất phân bón như sau: sấy cưỡng bức ở 50 °C > phơi nắng > sấy cưỡng bức ở 60 °C > sấy cưỡng bức ở 40 °C.

4 Kết luận

Rong bún (*Ulva* sp.) tại thành phố Huế được ghi nhận phát triển trong hai sinh cảnh đặc trưng là ao nuôi thủy sản đầm phá và bãi triều ven biển. Mùa sinh trưởng mạnh nhất của rong là từ tháng 2 đến tháng 6. Hàm lượng dinh dưỡng trong rong bún cho thấy tiềm năng sử dụng làm nguyên liệu trong sản xuất phân bón sinh học. Khi xem xét tác động của phương pháp phơi nắng và phương pháp sấy cưỡng bức ở ba nhiệt độ sấy khác nhau (40 °C, 50 °C và 60 °C) cho thấy nhiệt độ và phương pháp sấy ảnh hưởng đến hàm lượng khoáng chất của rong biển. Nhiệt độ sấy 50 °C được chứng minh là có lợi cho việc thu hồi các khoáng đa lượng trong rong biển để sử dụng. Việc tận dụng được nguồn rong biển này sẽ làm tăng giá trị sử dụng của rong biển và cải thiện được chất lượng của ao nuôi thủy sản. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu sâu hơn để hoàn

thiện quy trình sản xuất và đánh giá hiệu quả thực tế của phân bón từ rong bún trong các mô hình nông nghiệp.

Thông tin tài trợ

Công trình này là một phần kết quả trong đề tài cấp Đại học Huế năm 2023, mã số DHH2023-02-177. Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ một phần kinh phí từ chương trình nhóm nghiên cứu mạnh Đại học Huế, mã số NCM.DHH.2022.06.

Lời cảm ơn

Cám ơn các em sinh viên ngành Nuôi trồng thủy sản K53, K54: Điệp, Ái, Chiến, Nghĩa, Nhã, Quốc và các em sinh viên ngành Sinh học ứng dụng K53: Quý, Nhân đã hỗ trợ thu mẫu và xử lý mẫu cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. FAO (2021), The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021 (Rome, Italy:FAO). doi: 10.4060/cb3673en.
2. Thirukanthan T., Chandrajith R., & Weerasinghe H. (2023), Biostimulants from marine macroalgae: A review on market trends and environmental significance, *Journal of Environmental Management*, 326, 116889.
3. Mantri V.A., Kazi M.A., Balar N.B., Gupta V., Gajaria T. (2020), Concise review of green algal genus *Ulva* Linnaeus, *J Appl Phycol*, 32, 2725–2741.
4. Rybak, A., & Gąbka, M. (2018), Ecological aspects of *Ulva* blooms in aquatic systems: Causes, consequences, and solutions, *Environmental Pollution*, 237, 127–138.
5. Largo D.B., Sembrano J., Hiraoka M., Ohno M. (2004), Taxonomic and ecological profile of 'green tide' species of *Ulva* (Ulvales, Chlorophyta) in central Philippines, *Hydrobiologia*, 512, 247–253.
6. Leliaert F., Zhang X., Ye N., Malta E., Engelen A.H, Mineur F., Verbruggen H., Clerck O.D. (2009), Research note: Identity of the Qingdao algal bloom, *Phycological Research*, 57, 147–151. doi: 10.1111/j.1440-1835.2009.00532.
7. Văn Hồng Cẩm, Khúc Thị An, Nguyễn Thảo Hiền, Trần Thị Phương Anh (2020), Ảnh hưởng của dịch chiết rong *Ulva reticulata* lên sự phát triển của rau muống (*Ipomoea aquatic*), *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 4, 10–18.
8. Mac Monagail, M., Cornish, L., Morrison, L., Araújo, R., & Critchley, A. T. (2017), Sustainable harvesting of wild seaweed resources, *European Journal of Phycology*, 52(4), 371–390.

9. Wahlström, N. (2020), Polysaccharides from red and green seaweed: Extraction, characterisation and applications, *Luận án tiến sỹ*, KTH Royal Institute of Technology.
10. Shukla, P. S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2016), Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress hormones and antioxidative defense system, *Frontiers in Plant Science*, 7, 459.
11. El-Baky, H. H. A., El-Baz, F. K., & El-Baroty, G. S. (2010), Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 299–303.
12. Ling ALM, Yasir S, Matanjun P, Abu Bakar MF (2015), Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii*, *J Appl Phycol* 27, 1717–1723.
13. Gupta S, Cox S, Abu-Ghannam N (2011), Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed, *LWT Food Sci Technol*, 1–7.
14. UBKH & KTNV (1981), Quy phạm điều tra tổng hợp biển, phân rong biển QPVN 17 - 79/QPVN, 21–79, Nxb. KHKT Hà Nội.
15. Nguyễn Hữu Dinh, Nguyễn Hữu Duyên, & Nguyễn Thị Tâm (1993), *Tảo biển ven bờ Việt Nam*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật.
16. Nguyễn Văn Tú, Bùi Văn Lai, Nguyễn Xuân Vinh, Nguyễn Kỳ Phùng (2010), Bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường đến sự sinh trưởng của loài rong *Enteromorpha intestinalis* ở Đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí thủy văn* 4/2010, 28–32.
17. Võ Thành Trung, Lê Như Hậu, Nguyễn Thanh Hằng (2013), Nguồn sinh khối rong lục trong ao đầm nước lợ tỉnh Khánh Hòa cho sản xuất ethanol, *Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế “Biển Đông 2012”*, Nha Trang, 12–14/9/2012, 334–340.
18. Reith J.H., Huijgen W., Hal J. & Lenstra J. (2009), Seaweed potential in the Netherlands, *Macroalgae - Bioenergy Research Forum*, Plymouth, UK.
19. Lê Như Hậu & Nguyễn Hữu Đại (2010), Rong câu Việt Nam nguồn lợi sử dụng, *Nxb. Khoa Học Tự Nhiên và Công Nghệ*.
20. Djaeni, M., & Sari, W. (2015), Drying and preservation of seaweed: An overview, *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1876–1883.
21. Gupta, S., Abu-Ghannam, N., & Scannell, A. G. (2011), Production and assessment of selected fermented foods and beverages made from seaweed, *Food Science and Technology International*, 17, 275–282.
22. Badmus, M., Tagoe, S., Dzogbefia, V., & Kudzo, E. (2019), Effect of drying techniques on nutrient composition of seaweed, *Journal of Food Science and Technology*, 56, 392–398.
23. Sharma, S.H.S., Lyons, G., McRoberts, C., McCall, D., Carmichael, E., Andrews, F., Swan, R., McCormack, R & Mellpn, R. (2012), Biostimulant activity of brown seaweed species from

- Strangford Lough: Compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choy (*Brassica rapa chinensis* L.), *J. Appl. Phycol.*, 24, 1081–1091.
24. Hoàng Thị Thái Hòa, Đỗ Đình Thực, Trần Thị Thu Giang, Huỳnh Yến Nhi (2021), Ảnh hưởng của tỷ lệ phun phân bón lá sinh học từ rong biển và bèo tây đến cây rau xà lách tại thành phố Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế, *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 130(3A), 83–97; DOI: 10.26459/hueunijard.v130i3A.5943.
 25. Zhang, J., Xu, L., & Zhu, Q. (2010), Development of microwave drying technology for seaweed, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 44, 109–117.
 26. Chen, L., Jin, H., Ren, S., Wu, Y., & Li, J. (2016), Drying characteristics and quality of seaweed by vacuum freeze-drying and hot air drying, *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 122–130.
 27. Uribe, E.; Vega-Gálvez, A.; García, V.; Pastén, A.; López, J.; Goñi, G. (2019), Effect of different drying methods on phytochemical content and amino acid and fatty acid profiles of the green seaweed, *Ulva* spp., *J. Appl. Phycol.*, 31, 1967–1979.
 28. Moreira, R.; Chenlo, F.; Sineiro, J.; Arufe, S.; Sexto, S. (2016), Drying temperature effect on powder physical properties and aqueous extract characteristics of *Fucus vesiculosus*, *J. Appl. Phycol.*
 29. Ling A.L.M., Yasir S., Matanjun P., Abu-Bakar M.F. (2015), Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii*, *J. Appl. Phycol.*, 27, 1717–1723.
 30. Neoh Y.Y., Matanjun P., Lee J.S. (2016), Comparative study of drying methods on chemical constituents of Malaysian red seaweed, *Dry Technol*, 34, 1745–1751.
 31. Charles A.L., Sridhar K., Alamsjah M.A. (2020), Effect of drying techniques on color and bioactive potential of two commercial edible Indonesian seaweed cultivars, *J. Appl. Phycol.*, 32, 563–572.