

ẢNH HƯỞNG CỦA THỨC ĂN VÀ MẬT ĐỘ NGAO (*Meretrix lyrata*) TỚI HIỆU SUẤT LÀM SẠCH CÁT TRONG HỆ THỐNG TUẦN HOÀN

Trần Ánh Tuyết, Lê Việt Dũng*

Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: levietdung@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 02.05.2025

Ngày chấp nhận đăng: 14.08.2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá khả năng sạch cát trong cơ thể của ngao trắng thương phẩm xử lý sau thu hoạch trong hệ tuần hoàn. Nghiên cứu gồm 3 thí nghiệm trong phòng lab và 17 mẻ thử nghiệm tại nhà máy. Ba thí nghiệm được bố trí độc lập mang tính kế thừa với thời gian thử nghiệm 48 giờ, đánh giá các yếu tố lượng thức ăn vi tảo *Chaetoceros gracilis* ($0, 11 \times 10^3, 22 \times 10^3, 33 \times 10^3$ tế bào/ml); tần suất cho ăn (3, 6, 9, 12 h/lần) và mật độ ngao ($18, 54, 90, 126 \text{ kg/m}^3$). Chỉ tiêu đánh giá gồm tỉ lệ sống, tỉ lệ có cát và tốc độ lọc của ngao. Kết quả lượng vi tảo tối ưu là 22×10^3 tế bào/ml. Tần suất cho ăn cho hiệu quả sạch cát cao nhất là 3 h/lần nhưng vì tốn nhân công nên trong điều kiện thí nghiệm phương thức cho ăn 6 h/lần được áp dụng cho thí nghiệm kế tiếp. Mật độ 18 kg/m^3 nước cho tỉ lệ sạch cát tốt nhất và tốc độ lọc của ngao ở nghiệm thức này cũng cao nhất. Các mẻ thử nghiệm ở nhà máy với mật độ $170\text{-}380 \text{ kg/m}^3$ cho thấy công nghệ giúp ngao sạch cát tốt hơn so với ngâm sục khí khi thời gian xử lý kéo dài hơn 24h. Nghiên cứu tiếp theo nhằm cải tiến hệ thống để tăng tỉ lệ thịt thu hồi.

Từ khoá: Ngao sạch cát, vi tảo, làm sạch, tuần hoàn, tốc độ lọc.

Influence of Feed and Stocking Density on Sand Purging Efficiency of White Clam (*Meretrix lyrata*) in a Recirculating System

ABSTRACT

This study evaluated the post-harvest sand depuration efficiency of market-sized *Meretrix lyrata* clams using a recirculating aquaculture system (RAS). A total of three laboratory experiments and 17 pilot-scale trials were conducted. The laboratory trials, each lasting 48 hours, independently examined the effects of three factors: microalgal (*Chaetoceros gracilis*) concentration ($0, 11 \times 10^3, 22 \times 10^3, 33 \times 10^3$ cells/ml), feeding frequency (every 3, 6, 9, and 12 hours), and clam stocking density ($18, 54, 90, 126 \text{ kg/m}^3$). Assessing parameters included survival rate, proportion of clams containing sand, and clearance rate. The optimal microalgae concentration for depuration was determined to be 22×10^3 cells/ml. Feeding every 3 hours resulted in the highest sand removal efficiency; however, a 6-hour interval was adopted in subsequent trials to improve operational feasibility. The best performance in terms of sand removal and clearance rate was observed at a density of 18 kg/m^3 . Pilot-scale trials conducted under commercial conditions, with densities ranging from 170 to 380 kg/m^3 , demonstrated that RAS-based depuration was more effective than conventional aerated soaking when the treatment duration exceeded 24 hours. These findings highlight the potential of RAS technology to enhance clam depuration efficiency and provide a foundation for an optimized system aimed at improving meat yield recovery in future applications.

Keywords: Free-sand clam, microalgae, purging, recirculating, clearance rate.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, sản lượng nuôi trồng nhuyễn thể tại Việt Nam đã tăng trưởng mạnh mẽ, đóng vai trò quan trọng trong cơ cấu

thủy sản xuất khẩu. Theo Tổng cục Thủy sản (2022), diện tích nuôi nhuyễn thể trên toàn quốc đạt trên 35.000ha với sản lượng khoảng 471.000 tấn, trong đó nuôi ngao chiếm gần 50% về cả diện tích và sản lượng. Năm 2024, xuất khẩu

nhuyễn thể hai mảnh vỏ của Việt Nam đạt 217 triệu USD, tăng 72% so với năm 2023; riêng ngao là sản phẩm chủ lực, chiếm khoảng 93% tổng giá trị với gần 200 triệu USD (VASEP, 2024). Các thị trường tiêu thụ chính bao gồm EU (Tây Ban Nha, Bồ Đào Nha, Italy), Mỹ, Nhật Bản, Trung Quốc và Hàn Quốc.

Ngao trắng (*Meretrix lyrata*), thuộc họ Veneridae, là loài có phân bố tự nhiên rộng ở các vùng ven biển Việt Nam, Đài Loan, Philippines và khu vực Hoa Nam - Trung Quốc. Mặc dù có tiềm năng lớn, giá trị gia tăng của ngao Việt Nam vẫn còn hạn chế do nhiều nguyên nhân: chi phí nuôi cao, giá thành thấp, biến động thị trường và đặc biệt là hạn chế trong khâu chế biến. Phần lớn sản phẩm ngao hiện nay vẫn được xuất khẩu dưới dạng nguyên liệu thô, chưa đáp ứng được yêu cầu đa dạng và chất lượng của thị trường quốc tế. Nhằm nâng cao sức cạnh tranh, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã định hướng phát triển ngành hàng ngao theo hướng hiện đại, giảm tỷ lệ xuất khẩu sản phẩm sơ chế, tập trung vào nâng cao chất lượng và chế biến sâu.

Một số doanh nghiệp trong nước đã bắt đầu chuyển đổi công nghệ, đầu tư quy trình chế biến các sản phẩm có giá trị gia tăng cao như thịt ngao hấp chín đông lạnh, nước ngao cô đặc,... Tuy nhiên, điều kiện tiên quyết để đảm bảo chất lượng cho các dòng sản phẩm này là nguyên liệu ngao phải được làm sạch cát hoàn toàn. Hiện nay, một số cơ sở chế biến lớn đã có quy trình làm sạch ngao như Công ty Lenger (Nam Định), nhưng phần lớn mới dừng ở quy mô nhỏ, chưa có nghiên cứu hoàn chỉnh về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý.

Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn trong chế biến và nâng cao giá trị thương phẩm của ngao, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố kỹ thuật bao gồm lượng thức ăn, tần suất cho ăn và mật độ nuôi đến khả năng nhả cát của ngao trắng (*M. lyrata*). Bên cạnh đó, chúng tôi cũng tiến hành thử nghiệm ứng dụng quy trình tối ưu vào sản xuất quy mô lớn tại nhà máy chế biến, từ đó góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện quy trình xử lý ngao sạch cát phục vụ chế biến sâu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện ở tại Live Feed Lab, Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, thị trấn Trâu Quỳ, huyện Gia Lâm, Hà Nội. Ngao trắng thương phẩm sử dụng cho các thí nghiệm được nhập từ bãi ngao ở khu vực Thái Bình. Ngao có khối lượng trung bình 16,6 g/con được thả trong rổ nhựa (D60 × R42 × C19cm). Rổ nhựa này được đặt trên sục khí trong một bể nhựa 300l chứa 220l nước. Các bể này kết nối với hệ thống lọc vi sinh và nước tuần hoàn liên tục.

Nghiên cứu được thực hiện gồm 3 thí nghiệm độc lập và kế thừa nhau. Mỗi nghiệm thức trong từng thí nghiệm được lặp lại 3 lần tương đương với 3 bể.

Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của mật độ vi tảo tối khả năng làm sạch cát của ngao. Thí nghiệm này bao gồm 4 mức mật độ vi tảo *Chaetoceros gracilis* trong bể mỗi lần cho ăn: ĐC - đối chứng: không cho ăn; NT1 - 11×10^3 tế bào/ml; NT2 - 22×10^3 tế bào/ml; NT3 - 33×10^3 tế bào/ml. Ngao được cho ăn là 6h/lần. Số lượng ngao mỗi bể là 12kg.

Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của tần suất cho ăn tối khả năng làm sạch cát của ngao. Bốn nghiệm thức gồm: NT1 - 3h/lần; NT2 - 6 h/lần; NT3 - 9 h/lần; NT4 - 12 h/lần. Số lượng ngao mỗi bể là 12kg. Mật độ vi tảo tối ưu với lượng ngao như trong thí nghiệm 1 được sử dụng.

Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của mật độ ngao tối khả năng làm sạch cát của ngao. Thí nghiệm gồm 4 mức lượng ngao: 18, 54, 90, và 126 kg/m³ tương đương 4, 12, 20 và 28 kg/220l nước (ký hiệu: NT4, NT12, NT20, NT28). Mật độ vi tảo và tần suất cho ăn tối ưu được trong hai thí nghiệm trước được sử dụng.

Thử nghiệm quy mô lớn: Công nghệ tuần hoàn sử dụng giá thể, vi sinh, ozone, vi tảo được thử nghiệm với các mẻ ngao quy mô lớn tại nhà máy chế biến Việt Trường, Hải Phòng. Mười bảy mẻ ngao có khối lượng từ 2-4,6 tấn được thử nghiệm, trong đó có 9 mẻ tuần hoàn và 8 mẻ sục khí thay nước. Thời gian xử lý dao động từ 10-72h tùy điều kiện sản xuất.



Hình 1. Hệ thống tuần hoàn thí nghiệm xử lý ngao sạch cát



Hình 2. Hệ thống thử nghiệm xử lý ngao sạch cát quy mô lớn

2.2. Chăm sóc thí nghiệm

Trước mỗi lần cho ngao ăn, tắt hệ thống tuần hoàn, lọc ngao chết và xiphông bể. Sau khi vệ sinh bể 30 phút, cho ngao ăn vi tảo đã định lượng sẵn. Sau một giờ cho ăn, bật lại hệ thống tuần hoàn. Mỗi thí nghiệm kéo dài 48h. Hệ thống lọc tuần hoàn được bổ sung chế phẩm vi sinh với liều lượng 50 ml/ngày để duy trì chất

lượng nước. Các yếu tố môi trường trong hệ thống tuần hoàn được duy trì ở độ mặn 18‰ và nhiệt độ 27,5-30°C, pH 7,9, và NH_3 và NO_2^- đều ở mức 0. Bể chứa ngao được sục khí liên tục trong quá trình thí nghiệm.

2.3. Thu thập số liệu

Nhiệt độ, độ mặn kiểm tra bằng nhiệt kế và khúc xạ kế. NO_2 , NH_3 sử dụng test Sera. Các chỉ

tiêu oxy hòa tan (dissolved oxygen, DO), pH được đo bằng máy đa chỉ tiêu Hanna HI98194.

- Số liệu về tỉ lệ sống của ngao: Tỉ lệ sống của ngao được xác định bằng cách đếm số lượng ngao còn sống lúc kết thúc thí nghiệm để tính toán theo công thức sau.

Tỉ lệ sống của ngao (%) = (Số lượng ngao sống/Tổng số ngao) × 100

- Số liệu về tỉ lệ ngao có cát: Thu mỗi bể 1kg ngao, tách vỏ từng con và xác định số lượng ngao có cát (gồm cả cát ở vành và vôi) và tính toán theo công thức.

Tỷ lệ phần trăm ngao có cát (%) = (Số con có cát trong 1kg/Tổng số con trong 1kg) × 100

- Số liệu về tốc độ lọc: Sau khi cho ngao ăn 30 phút, 5ml mẫu nước trong từng bể được thu vào lúc 35, 40, 45, 50, 55 và 60 phút để đo mật độ quang học (optical density, OD) bằng máy quang phổ ở bước sóng 650nm (722N, Jinhua, Trung Quốc). Tương quan hồi quy giữa mức OD và thời gian được xác định nhằm đánh giá tính tin cậy của số liệu. Giá trị $R^2 \geq 90\%$ có nghĩa số liệu tin cậy cao. Tốc độ lọc được xác định như là lượng thể tích lọc vì tảo trên một đơn vị thời gian bởi một cá thể ngao (l/ngao/h) và được xác định theo công thức trong Riisgård (2001):

$$CR (l/ngao/h) = V \times \ln(OD_0 - OD_t) / (N \times t)$$

Trong đó: CR là tốc độ lọc, OD_0 và OD_t là mức OD ban đầu và tại thời điểm t, N là số lượng cá thể ngao, t là khoảng thời gian thu mẫu.

Tốc độ lọc sau đó được chuẩn hóa theo khối lượng thịt khô theo công thức của Bayne và Newell (1983):

$$CRs (l/g/h) = CR \times (1/W_e)^b$$

Trong đó CRs là tốc độ lọc chuẩn hóa, CR là tốc độ lọc xác định trong thí nghiệm, W_e là khối lượng khô trung bình của một cá thể ngao thí nghiệm, và b là hằng số tốc độ lọc. Chúng tôi sử dụng hằng số 0,63 được xác định bởi Zhuang & Wang (2004) cho loại ngao *Meretrix meretrix*, vì chưa có giá trị cho loại *M. lyrata*.

- Số liệu về tỉ lệ giảm ngao có cát tương đối: trong thử nghiệm quy mô lớn do tỉ lệ có cát ban đầu giữa các mẻ khác nhau nên chúng tôi sử dụng tỉ lệ giảm ngao có cát tương đối để so sánh:

Tỉ lệ giảm ngao có cát tương đối = (Tỉ lệ ngao có cát ban đầu – Tỉ lệ ngao có cát sau xử lý)/ Tỉ lệ ngao có cát ban đầu × 100%

2.4. Xử lý thống kê

Số liệu phần trăm được chuyển dạng logarit trước khi xử lý thống kê. So sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức bằng phân tích phương sai 1 nhân tố (ANOVA) sử dụng phép thử Tukey với độ tin cậy 95%. Các số liệu về tỉ lệ sống, tỉ lệ ngao có cát, tốc độ lọc chuẩn hóa của ngao, được thể hiện bằng giá trị trung bình $TB \pm SD$.

Đối với số liệu thử nghiệm quy mô lớn, các thông số mật độ, nhiệt độ, thời gian, và tỉ lệ ngao có cát ban đầu được phân tích hồi quy tuyến tính với thông số tỉ lệ giảm ngao có cát tương đối với độ tin cậy 95%. Toàn bộ xử lý thống kê bằng phần mềm Minitab 16.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thí nghiệm 1 - Ảnh hưởng của lượng thức ăn đến tỉ lệ sống và tỉ lệ sạch cát và tốc độ lọc của ngao

Lượng thức ăn ảnh hưởng trực tiếp tới khả năng làm sạch cát của ngao (Bảng 1). Trong 24h đầu tiên, tỉ lệ ngậm cát ở nghiệm thức không cho ăn (ĐC) cao hơn có ý nghĩa thống kê tỉ lệ ở NT2 và NT3 ($P < 0,05$) và không có sự khác biệt với NT1 ($P > 0,05$). Sau 48h toàn bộ tỉ lệ ngậm cát ở các nghiệm thức cho ăn tảo đều nhỏ hơn tỉ lệ ở ĐC ($P < 0,05$). Tỉ lệ sống ở toàn bộ các nghiệm thức đều ở mức cao 95-97%. Không có sự khác biệt về tốc độ lọc giữa các nghiệm thức cho ăn. Do trong 24h đầu tiên, tỉ lệ ngậm cát ở NT1 không khác biệt với ĐC nên chúng tôi chỉ xét tới NT2 và NT3 khi lựa chọn lượng thức ăn tối ưu, cho dù NT1 và NT2 không khác biệt có ý nghĩa thống kê. Do không có sự khác biệt giữa NT2 và NT3, nên chúng tôi lựa chọn lượng vì tảo thấp hơn là 22×10^3 tb/ml (NT2) và sử dụng mức cho ăn này trong thí nghiệm 2.

3.2. Thí nghiệm 2 - Ảnh hưởng của tần suất cho ăn đến tỉ lệ sống, tỉ lệ sạch cát và tốc độ lọc của ngao

Tần suất cho ăn có ảnh hưởng rõ rệt tới tỉ lệ ngao ngậm cát (Bảng 2). Ở cả 24h và 48h thí

nghiệm, ngao được cho ăn với tần suất 3 h/lần và 12 h/lần có tỉ lệ ngậm cát tương ứng thấp nhất và cao nhất ($P < 0,05$), trong khi đó, không có sự khác biệt về tỉ lệ ngậm cát giữa hai nghiệm thức cho ăn 6 h/lần và 9 h/lần ($P > 0,05$). Đáng chú ý ở nghiệm thức cho ăn 3h/lần tỉ lệ ngao có cát sau 48h giảm từ 69% xuống 0%. Tỉ lệ sống ở các nghiệm thức đều ở mức cao $> 97\%$. Tốc độ lọc của ngao ở nghiệm thức cho ăn với tần suất 3 h/lần cao hơn các nghiệm thức 9 h/lần và 12 h/lần ($P < 0,05$). Không có sự khác biệt thống kê về tốc độ lọc giữa nghiệm thức 6 h/lần với các nghiệm thức còn lại ($P > 0,05$). Về lý thuyết, chúng tôi rất mong triển khai thực hiện tần suất cho ăn 3 h/lần trong thí nghiệm 3. Về thực tế, chúng tôi không đủ nhân lực đáp ứng các công việc đòi hỏi tính chính xác cao như cho ăn, lấy mẫu, đo tốc độ lọc, đo chỉ tiêu môi trường nước cho 12 bể với cường độ cao như vậy. Thêm nữa, mặc dù kết quả phân tích thống kê không có sự khác biệt giữa tần suất 6 h/lần và 9 h/lần, nhưng về giá trị trung bình cho thấy có xu hướng tăng dần tỉ lệ ngao ngậm cát khi nhíp cho ăn thưa dần (từ 3 tới 12 h/lần). Vì thế, chúng tôi chọn phương thức cho ăn 6 h/lần để triển khai ở thí nghiệm 3.

3.3. Thí nghiệm 3 - Ảnh hưởng của mật độ ngao đến tỉ lệ sống, tỉ lệ sạch cát và tốc độ lọc của ngao

Mật độ ngao có ảnh hưởng rõ lên tỉ lệ sạch cát, tỉ lệ sống, và tốc độ lọc của ngao (Bảng 3). Tỉ lệ ngao có cát tăng dần khi lượng ngao tăng từ 4kg lên 28kg/220l ở 24h và 48h: 4kg $<$ 12kg $<$ 20kg $<$ 28kg ($P < 0,05$). Đáng chú ý, tỉ lệ ngao có cát giảm từ 69% xuống 0% ở NT4. Tỉ lệ sống sau 48h cũng có xu hướng tương tự như tỉ lệ ngao có cát khi tăng dần lượng ngao ($P < 0,05$). Tốc độ lọc cao nhất ở NT4 ($P < 0,05$) và không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức còn lại ($P > 0,05$).

3.4. Thử nghiệm quy mô lớn tại nhà máy

Tỉ lệ ngao có cát ban đầu dao động 23-100%, tỉ lệ ngao có cát sau xử lý bằng công nghệ tuần hoàn dao động 2-10%, trong khi bằng sục khí, thay nước dao động 3,25-13% (Số liệu được chi tiết trong Phụ lục 1). Tỉ lệ ngao có cát sau xử lý dưới 24h không có sự khác biệt giữa hai phương pháp. Hàm hồi quy tuyến tính của tỉ lệ ngao giảm cát tương đối cho nhóm mẻ có thời gian dưới 24h với các yếu tố mật độ, nhiệt độ, tỉ lệ ngao có cát ban đầu và thời gian như sau:

Bảng 1. Ảnh hưởng của lượng thức ăn tới tỉ lệ ngao có cát, tỉ lệ sống sau 24 và 48h và tốc độ lọc (TB $\pm$ SD, n = 3)

Nghiem thức (tb/ml)	Tỉ lệ ngao có cát ban đầu (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 24h (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 48h (%)	Tỉ lệ sống sau 48h (%)	CRs (L/g/h)
ĐC (0)	85 $\pm$ 3,09	28,18 ^c $\pm$ 3,38	9,79 ^c $\pm$ 1,92	95,65 $\pm$ 0,56	
NT1 (11 $\times$ 10 ³)		25,12 ^{bc} $\pm$ 2,97	3,64 ^{bc} $\pm$ 0,98	97,41 $\pm$ 0,29	1,47 $\pm$ 0,22
NT2 (22 $\times$ 10 ³)		18,51 ^{ab} $\pm$ 2,18	1,61 ^{ab} $\pm$ 1,61	96,76 $\pm$ 0,29	1,36 $\pm$ 0,15
NT3 (33 $\times$ 10 ³)		12,71 ^a $\pm$ 1,71	0,53 ^a $\pm$ 0,92	96,02 $\pm$ 0,21	1,34 $\pm$ 0,06

Ghi chú: Trên cùng một cột, các số liệu có chữ cái giống nhau thì sai khác không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$); CRs: tốc độ lọc chuẩn hóa.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tần suất cho ăn tới tỉ lệ ngao có cát, tỉ lệ sống sau 24 và 48h và tốc độ lọc (TB $\pm$ SD, n = 3)

Tần suất cho ăn	Tỉ lệ ngao có cát ban đầu (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 24h (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 48h (%)	Tỉ lệ sống sau 48h (%)	CRs (L/g/h)
3h/lần		7,31 ^a $\pm$ 1,01	0 ^a $\pm$ 0	97,04 $\pm$ 0,35	1,18 ^a $\pm$ 0,06
6h/lần	69,27 $\pm$ 6,3	20,88 ^b $\pm$ 2,23	3,25 ^b $\pm$ 2,15	97,59 $\pm$ 0,35	1,09 ^{ab} $\pm$ 0,04
9h/lần		24,43 ^b $\pm$ 0,65	4,94 ^b $\pm$ 1,61	97,92 $\pm$ 0,37	1,02 ^b $\pm$ 0,03
12h/lần		30,95 ^c $\pm$ 3,51	6,11 ^c $\pm$ 1,93	98,33 $\pm$ 0,28	1,03 ^b $\pm$ 0,03

Ghi chú: Trên cùng một cột, các số liệu có chữ cái giống nhau thì sai khác không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$); CRs: tốc độ lọc chuẩn hóa.

Bảng 3. Ảnh hưởng của mật độ ngao tới tỉ lệ ngao có cát, tỉ lệ sống sau 24 và 48h, và tốc độ lọc (TB $\pm$ SD, n = 3)

Nghiệm thức	Tỉ lệ ngao có cát ban đầu (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 24h (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau 48h (%)	Tỉ lệ sống sau 48h (%)	CRs (L/g/h)
NT4	69,44 $\pm$ 9,18	3,33 ^a $\pm$ 0	0 ^a	99,44 ^a $\pm$ 0,24	2,47 ^a $\pm$ 0,17
NT12		8,33 ^b $\pm$ 0	1,67 ^b $\pm$ 0	98,47 ^b $\pm$ 0,28	0,94 ^b $\pm$ 0,06
NT20		13,33 ^c $\pm$ 1,67	3,33 ^c $\pm$ 0	97,67 ^c $\pm$ 0,25	0,71 ^b $\pm$ 0,02
NT28		20 ^d $\pm$ 0	6,67 ^d $\pm$ 0	96,25 ^d $\pm$ 0,18	0,82 ^b $\pm$ 0,09

Ghi chú: Trên cùng một cột, các số liệu có chữ cái giống nhau thì sai khác không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$); CRs: tốc độ lọc chuẩn hóa.

Tỉ lệ giảm ngao cát tương đối = $97,275 - 0,122865 \text{ 'Mật độ'} + 0,53468 \text{ 'Nhiệt độ'} + 0,0724681 \text{ 'Tỉ lệ ngao có cát ban đầu'} - 1,02697 \text{ 'Thời gian'}$

$R^2 = 70,1\%$ nhưng P của toàn mô hình = 0,281 nên không đạt ý nghĩa thống kê.

Kết quả phân tích phương sai mô hình hồi quy tuyến tính cho thấy không có biến nào đạt mức ý nghĩa ($P > 0,05$, Phụ lục 2).

Sau 24h, công nghệ tuần hoàn cho kết quả tỉ lệ ngao có cát thấp hơn sục khí. Hàm hồi quy tuyến tính của tỉ lệ ngao giảm cát tương đối cho nhóm mẻ có thời gian từ 24h trở lên với các yếu tố mật độ, nhiệt độ, tỉ lệ ngao có cát ban đầu và thời gian như sau:

Tỉ lệ ngao giảm cát tương đối = $126,499 + 0,6247 \text{ 'Mật độ'} - 3,34315 \text{ 'Nhiệt độ'} - 0,358819 \text{ 'Tỉ lệ ngao có cát ban đầu'} + 0,318519 \text{ 'Thời gian'}$

$R^2 = 99,2\%$ chứng tỏ mô hình khớp với số liệu. Toàn mô hình có ý nghĩa thống kê cao với $P = 0,019$ (Phụ lục 3).

Kết quả phân tích phương sai mô hình hồi quy tuyến tính cho thấy mật độ và thời gian là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến khả năng làm sạch của ngao (Phụ lục 3). Công nghệ xử lý có hiệu quả rõ trong điều kiện 24h trở lên, giúp tăng hiệu quả trung bình khoảng 15,8%. Nhiệt độ cao có xu hướng làm giảm hiệu quả, có thể do làm ngao hoạt động yếu hơn trong môi trường tuần hoàn. Tỉ lệ cát ban đầu ảnh hưởng nhẹ và chưa đủ ý nghĩa. Như vậy, sử dụng công nghệ tuần hoàn kết hợp với mật độ cao và thời gian dài giúp tăng hiệu quả làm sạch.

4. THẢO LUẬN

Mật độ thức ăn trong nghiên cứu này có ảnh hưởng tới khả năng nhả cát của ngao *M. lyrata* mặc dù không ảnh hưởng tới tốc độ lọc. Khi ngao *Tivela stultorum* được cho ăn với mật độ $50-200 \times 10^3$ tế bào/ml cũng không có sự khác biệt về tốc độ lọc (Zepeda & cs., 2024). Tốc độ lọc của ngao *M. meretrix* tăng dần khi nồng độ vật chất hữu cơ tăng trong khoảng 2-6 mg/l, sau đó ổn định ở nồng độ 6-12 mg/l và chỉ giảm khi nồng độ vượt ngưỡng 12 mg/l (Zhuang & Wang 2004). Nhìn chung, các loài nhuyễn thể hai mảnh vỏ ăn lọc có hai cơ chế chính để điều chỉnh tốc độ lọc thức ăn khi nồng độ thức ăn vượt ngưỡng tối ưu, cơ chế thứ nhất là giảm tốc độ lọc để làm giảm lượng nước được lọc qua, và cơ chế thứ hai là tăng cường sản xuất phân giả (Iglesias & cs., 1992). Vì thế, khoảng nồng độ thức ăn trong nghiên cứu này ($11-33 \times 10^3$ tb/ml) có thể nằm trong ngưỡng tối ưu với *M. lyrata*.

Tần suất cho ăn trong nghiên cứu này ảnh hưởng tới tốc độ lọc và khả năng nhả cát của ngao. Do ngao là động vật ăn lọc chủ động, chúng có khả năng điều chỉnh tốc độ lọc và lọc liên tục khi môi trường có thức ăn nên khi tần suất cho ăn tăng lên thì có thể ngao nhả nhiều cát hơn. Các nghiên cứu thực địa đã cho thấy mức độ thay đổi lớn trong hoạt động ăn lọc ở các thang thời gian thủy triều, tương ứng với mức sẵn có thức ăn, với sự chuyển tiếp giữa các mức lọc thấp, trung bình và tối đa đôi khi xảy ra trong thời gian ngắn (Cranford & cs., 2011).

Mật độ, nhiệt độ, thời gian và phương pháp xử lý là các nhân tố có khả năng ảnh hưởng tới khả năng nhả cát của ngao. Mật độ ngao có ảnh

hưởng tới khả năng nhả cát ở cả thí nghiệm và thử nghiệm quy mô lớn. Thí nghiệm quy mô nhỏ với dải mật độ thấp 18-126kg ngao/m³ cho thấy mật độ tăng thì tỉ lệ ngao còn cát tăng. Tương tự, ở thử nghiệm sau 24h, mật độ cũng là một trong các yếu tố ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê. Nhiệt độ tăng làm giảm khả năng nhả cát của *M. lyrata*. Tương tự, *M. meretrix* nhả cát tốt hơn ở nhiệt độ thấp 20°C (Lui & Leung, 2004). Đối với ngao *Ruditapes philippinarum* ở Hàn Quốc, tỉ lệ nhả cát tăng theo nhiệt độ từ 6°C lên 23°C, sau đó không có sự khác biệt giữa 23°C và 28°C (Song & cs., 2001). Nhiệt độ nước tăng khiến tăng tốc độ lọc, tốc độ chuyển hóa và tốc độ tiêu thụ oxy của ngao. Việc kéo dài thời gian xử lý cần phải có công nghệ tuần hoàn để duy trì chất lượng nước và cung cấp đủ thức ăn cho ngao. Theo đánh giá của nhà máy, áp dụng công nghệ tuần hoàn tỉ lệ ngao bị chết ít hơn so với ngâm sục khí thông thường trên cùng một thời gian xử lý. Tuy nhiên, nếu ngâm tới 72h thì ngao yếu và tốc độ nhả cát chậm lại, tỉ lệ sống thấp. Đây cũng là những vấn đề đặt ra để tiếp tục nghiên cứu trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Cung cấp vi tảo trong quá trình làm sạch sau thu hoạch giúp giảm tỉ lệ ngao có cát. Ở mật độ vi tảo *C. gracilis* 33 × 10³ tế bào/ml với tần suất cho ăn 3 h/lần cho hiệu quả lọc tốt nhất. Mật độ ngao tăng dần làm giảm dần khả năng ngao nhả cát. Sử dụng công nghệ tuần hoàn và cung cấp vi tảo làm thức ăn giúp ngao sạch cát tốt hơn so với ngâm sục khí khi thời gian xử lý kéo dài hơn 24h. Cần có thêm nghiên cứu về vận hành hệ thống để tăng thời gian xử lý nếu cần mà không ảnh hưởng tới khả năng ngao nhả cát và tỉ lệ sống.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn Công ty TNHH Việt Trường đã tạo điều kiện cho các thử nghiệm tại nhà máy. Chúng tôi xin cảm ơn Dự án “Hỗ trợ nâng cao năng lực nghiên cứu, đào tạo và phục vụ cộng đồng trong lĩnh vực Chăn nuôi, Nuôi trồng thủy sản và Kinh tế - Xã hội của Học viện Nông nghiệp Việt Nam” đã tài trợ

một phần kinh phí đề tài T2025VB-13-9.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bayne B.L. & Newell R.C. (1983). Physiological energetics of marine molluscs. In: Saleuddin, A.S.M., Wilbur, K.M. (Eds.). The Mollusca, Vol. 4: Physiology Part 1. Academic Press, New York, pp. 407-515.
- Cranford P.J., Ward J.E. & Shumway S.E. (2011). Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter. In: Shumway S.E. (Ed.), Shellfish Aquaculture and the Environment. Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 81-124. <https://doi.org/10.1002/9780470960967.ch4>.
- Iglesias J.I.P., Navarro E., Alvarez-Jorna P. & Armentia I. (1992). Feeding, particle selection and absorption in cockles *Cerastoderma edule* exposed to variable conditions of food concentration and quality. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 162: 177-198.
- Lui C.Y. & Leung K.M.Y. (2004). Sand elimination by the Asiatic hard clam *Meretrix meretrix** (L.): effects of salinity, temperature and starvation. Aquaculture. 239(1-4): 193-211. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.020>.
- Riisgård H.U. (2001). On measurement of filtration rate in bivalves - the stony road to reliable data: review and interpretation. Marine Ecology Progress Series. 211: 275-291.
- Song K.J., Choi, Y.M., Lim H.J. & Lee T.W. (2001). Effects of temperature and salinity on the depuration of manila clam *Ruditapes philippinarum*. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 34(6): 631-636. (in Korean with English abstract)
- VASEP (2024). Xuất khẩu gần 200 triệu USD: Nuôi nhuyễn thể trong rong biển là mũi nhọn chỉ sau tôm, cá tra nếu được đầu tư. Truy cập từ <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/tin-tong-hop/san-xuat/xuat-khau-gan-200-trieu-usd-nuoi-nhuyen-the-trong-rong-bien-la-mui-nhon-chi-sau-tom-ca-tra-neu-duoc-dau-tu-32444.html> ngày 02/05/2025.
- Zepeda E., Garcia-Esquivel Z., González-Gómez M.A., Díaz F. & Castellanos-Martinez S. (2024). Clearance rates of sand-burrowed and laterally pressed unburrowed Pismo clam *Tivela stultorum* (Mawe, 1823) in a laboratory open-flow system. Biology Open. 13(4): bio060268. <https://doi.org/10.1242/bio.060268>
- Zhuang S.H. & Wang Z.Q. (2004). Influence of size, habitat and food concentration on the feeding ecology of the bivalve, *Meretrix meretrix* Linnaeus. Aquaculture. 240(1-4): 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.06.031>.

PHỤ LỤC

**PL1. Kết quả tỉ lệ ngao sạch cát ở các mẻ thử nghiệm quy mô lớn
tại nhà máy chế biến Việt Trường, Hải Phòng**

Mẻ	Thời gian (h)	Số lượng (kg/mẻ)	Mật độ (kg/m ²)	Mật độ (kg/m ³)	Độ mặn (ppt)	Nhiệt độ (°C)	Công nghệ*	Tỉ lệ ngao có cát ban đầu (%)	Tỉ lệ ngao có cát sau xử lý (%)	Tỉ lệ giảm ngao cát tương đối (%)	Tốc độ giảm cát (%/h)	Số lượng ngao sạch cát (kg)
M1	24	2041	40,82	170,08	17,5	21	1	47	13	72,34	5,35	1476
M1	72	2041	40,82	170,08	17,5	21	1	47	5	89,36	1,33	1824
M2	24	4488	89,76	374,00	17,7	22	1	60	3	95,00	12,48	4264
M3	24	4385	87,7	365,42	17,6	23	1	69	8	88,41	8,98	3877
M4	24	4360	87,2	363,33	17,5	22,5	1	47	2	95,74	13,15	4174
M5	10	4230	84,6	352,50	17,2	23,6	1	38	3	92,11	25,39	3896
M6	15	4000	80	333,33	17,8	25,5	1	100	7,09	92,91	17,64	3716
M7	15	3000	60	250,00	17,8	25,5	0	100	5,99	94,01	18,77	2820
M8	14	4600	92	383,33	16,9	27,5	1	70	5,2	92,57	18,57	4258
M9	14	3000	60	250,00	16,9	26,8	0	70	6,75	90,36	16,71	2711
M10	14	3000	60	250,00	16,3	26,7	0	70	5,75	91,79	17,85	2754
M11	17	3000	60	250,00	17	27,5	1	43	4,75	88,95	12,96	2669
M12	17	2000	40	166,67	17	27,5	0	43	3,25	92,44	15,19	1849
M13	57	3007	60	250,58	17	24,3	1	52	10	80,77	2,89	2429
M14	24	2750	55	229,17	18	24	0	23	8	65,22	4,40	1793
M15	48	1800	36	150,00	19,5	20	0	39	13	66,67	2,29	1200
M16	19.5	3150	63	262,50	19,7	20,6	0	55	12,6	77,09	7,56	2428
M17	19	3150	63	262,50	19,7	20,6	0	54	6,66	87,67	11,02	2762

Ghi chú: *: Công nghệ 1: tuần hoàn có sục khí, 0: sục khí, thay nước.

PL2. Phân tích phương sai mô hình hồi quy tuyến tính của hàm tỉ lệ ngao giảm cát tương đối (mật độ, nhiệt độ, tỉ lệ ngao có cát ban đầu, thời gian) cho các mẻ dưới 24h xử lý (10 mẻ)

Biến	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Hồi quy	5	152,8	152,8	30,56	1,87	0,28
Mật độ	1	4,71	5,773	5,77	0,35	0,58
Nhiệt độ	1	104,92	7,753	7,75	0,47	0,52
Tỉ lệ ngao có cát ban đầu	1	8,015	15,631	15,63	0,95	0,38
Công nghệ	1	0,002	3,231	3,23	0,19	0,67
Thời gian	1	35,15	35,153	35,15	2,15	0,21
Error	4	65,25	65,254	16,31		
Total	9	218,05				

Ghi chú: DF: bậc tự do; Seq SS: Tổng bình phương tuần tự; Adj SS: Tổng bình phương điều chỉnh; Adj MS: Trung bình bình phương điều chỉnh; F: Giá trị thống kê F; P: Giá trị P.

**PL3. Phân tích phương sai mô hình hồi quy tuyến tính
của hàm tỉ lệ ngao giảm cát tương đối**

(mật độ, nhiệt độ, tỉ lệ ngao có cát ban đầu, thời gian) cho các mẻ từ 24h xử lý trở lên (8 mẻ)

Biến	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Hồi quy	5	1055,67	1055,67	211,13	50,93	0,019
Mật độ	1	561,28	367,88	367,88	88,75	0,011
Nhiệt độ	1	91,26	110,73	110,72	26,71	0,035
Tỉ lệ ngao có cát ban đầu	1	66,55	45,12	45,12	10,88	0,080
Công nghệ	1	193,81	145,59	145,58	35,12	0,027
Thời gian	1	142,76	142,76	142,76	34,44	0,027
Error	2	8,29	8,29	4,14		
Total	7	1.063,96				

Ghi chú: DF: bậc tự do; Seq SS: Tổng bình phương tuần tự; Adj SS: Tổng bình phương điều chỉnh; Adj MS: Trung bình bình phương điều chỉnh; F: Giá trị thống kê F; P: Giá trị P.