

## SO SÁNH HIỆU QUẢ KỸ THUẬT NUÔI TÔM CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei*) VỤ ĐÔNG TRONG AO MỞ NGOÀI TRỜI VÀ HỆ THỐNG TRONG NHÀ TẠI TỈNH NAM ĐỊNH

Nguyễn Hữu Vinh<sup>1,2</sup>, Đặng Thị Hóa<sup>1</sup>, Lê Thị Cẩm Vân<sup>1</sup>, Đoàn Thị Ninh<sup>1</sup>, Trần Thị Trinh<sup>1</sup>, Đỗ Hoàng Hiệp<sup>3</sup>, Trương Đình Hoài<sup>1</sup>, Kim Văn Vạn<sup>1</sup>, Phạm Thị Lam Hồng<sup>1</sup>, Lê Việt Dũng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup>Công ty VMC Việt Nam

<sup>3</sup>Trung tâm Giống thủy hải sản Nam Định

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

Ngày nhận bài: 13.05.2021

Ngày chấp nhận đăng: 03.06.2021

### TÓM TẮT

Hệ thống nuôi tôm trong nhà ISPS (Indoor Shrimp Production System) với các hệ thống xử lý nước trong điều kiện nhiệt độ thấp đã được phát triển ở Nhật Bản. Nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá mức độ phù hợp và hiệu quả kỹ thuật của nuôi tôm chân trắng trong hệ thống ISPS trong điều kiện Việt Nam. Hai ao nuôi trong ISPS được so sánh với hai ao nuôi ngoài trời trong vụ đông ở Nam Định. Kết quả cho thấy, nuôi trong ISPS cho năng suất tôm ( $51,84 \pm 1,45$  tấn/ha) và tốc độ sinh trưởng ( $0,175 \pm 0,006$  g/ngày) tốt hơn tôm nuôi trong ao ngoài trời ( $39,94 \pm 0,27$  tấn/ha,  $0,135 \pm 0,001$  g/ngày). Thành phần thực vật phù du đều đa dạng ở các ao nhưng mật độ tảo lam trong nước ao ISPS ( $< 10^4$  tế bào/ml) thấp hơn ao nuôi ngoài trời ( $> 10^4$  tế bào/ml). Mẫu nước ao nuôi trong ISPS có mật độ *Vibrio parahaemolyticus* (từ  $0,6 \times 10^1 - 4,4 \times 10^1$  CFU/ml) thấp hơn của mẫu nước ao nuôi ngoài trời ( $1,2 \times 10^3 - 2,1 \times 10^3$  CFU/ml) trong 11 tuần theo dõi. Thêm nữa, mật độ *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* trong gan tụy tôm ở ao ISPS ( $2,3 \times 10^2 - 3,2 \times 10^3$  CFU/ml và  $1,1 \times 10^2 - 8,9 \times 10^2$  CFU/ml, tương ứng) thấp hơn ở ao mở ( $1,5 \times 10^3 - 1,6 \times 10^4$  CFU/ml và từ  $8,3 \times 10^3 - 9,8 \times 10^3$  CFU/ml, tương ứng). Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống ISPS có tiềm năng ứng dụng nuôi tôm tại miền Bắc Việt Nam.

Từ khóa: ISPS, *Vibrio*, tôm chân trắng.

### Technical Efficiency of White-Leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture over Winter Crop Between Outdoor Ponds and Indoor Shrimp Production System in Nam Dinh Province

#### ABSTRACT

The Indoor Shrimp Production System (ISPS) with the treating water systems at low temperature was developed in Japan. This study evaluated the applicability and technical efficiency of growing white-leg shrimp in the ISPS under Vietnamese conditions. Two ponds in the ISPS were compared with two outdoor ponds overwinter in Nam Dinh. The ISPS ponds showed a better yield ( $51.84 \pm 1.45$  ton/ha) and growth of shrimp ( $0.175 \pm 0.006$  g/day) compared with the outdoor ones. The phytoplankton communities of the two treatments were diverse; however, the cyanobacteria density in the ISPS pond water ( $< 10^4$  cell/ml) was lower than the outdoor water ( $> 10^4$  cell/ml). The density of *Vibrio parahaemolyticus* in the ISPS pond water ( $0.6 \times 10^1 - 4.4 \times 10^1$  CFU/ml) was lower than that in the probiotic one ( $1.2 \times 10^3 - 2.1 \times 10^3$  CFU/ml) over 11 weeks. In addition, the total *Vibrio* and *V. parahaemolyticus* densities of the shrimp's hepatopancreas in ISPS ponds ( $2.3 \times 10^2 - 3.2 \times 10^3$  CFU/ml và  $1.1 \times 10^2 - 8.9 \times 10^2$  CFU/ml, respectively) were lower than those in the outdoor ones ( $1.5 \times 10^3 - 1.6 \times 10^4$  CFU/ml và  $8.3 \times 10^3 - 9.8 \times 10^3$  CFU/ml, respectively). The results demonstrated the potential applicability of the ISPS in culturing shrimp in the North of Vietnam.

Keywords: ISPS, *Vibrio*, white-leg shrimp.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nam Định là một trong những tỉnh ở miền

Bắc có tiềm năng phát triển thâm canh hóa nuôi tôm chân trắng. Theo thống kê đến năm 2017, diện tích nuôi của Nam Định hơn 810ha, sản

lượng đạt khoảng 2.654 tấn với năng suất bình quân 3-4 tấn/ha/năm (Sở NN&PTNT, 2018). Đây là các vùng có cơ sở hạ tầng cơ sở tốt và áp dụng các công nghệ mới trong sản xuất. Một số cơ sở áp dụng công nghệ kỹ thuật mới đã mang lại năng suất cao 35 tấn/ha/vụ. Mục tiêu tới năm 2025, diện tích nuôi tôm nước lợ đạt 4.175ha với sản lượng 9.700 tấn, trong khi đến năm 2030 diện tích giảm còn 3.680ha nhưng sản lượng 11.250 tấn. Xu hướng trong thời gian tới về diện tích nuôi là không tăng và có nguy cơ giảm do nhiều diện tích đất đã được quy hoạch để sử dụng với mục đích khác (UBND Nam Định, 2018). Việc ứng dụng công nghệ nuôi tôm thể trong nhà sẽ góp phần giải quyết các nguy cơ hiện tại, giúp tăng năng suất và tính bền vững, đáp ứng định hướng không tăng diện tích nuôi mà sản lượng tăng.

Ngoài vấn đề diện tích nuôi hạn chế, tình hình dịch bệnh tôm nuôi trên địa bàn tỉnh Nam Định cũng diễn biến phức tạp. Tại một số vùng nuôi tôm tập trung của huyện Hải Hậu, huyện Giao Thủy thường xuyên xuất hiện bệnh đốm trắng và bệnh hoại tử gan tụy cấp (Sở NN&PTNT, 2018). Hầu hết khi bị bệnh, nước thải ao nuôi không được xử lý đều được xả trực tiếp ra môi trường, do đó mầm bệnh lây lan nhanh. Người nuôi tôm chủ yếu theo các quy trình công nghệ thay nước hoặc vi sinh hoặc phần lớn dựa vào kinh nghiệm. Việc ứng dụng công nghệ thay nước đang gặp khó khăn lớn do diện tích đất có hạn và lượng chất thải nhiều. Bên cạnh đó với tình hình biến đổi khí hậu thất thường cùng với mùa đông nhiệt độ thấp khiến công nghệ vi sinh gặp nhiều thách thức. Vì vậy, nghiên cứu ứng dụng các công nghệ mới vào nuôi tôm vụ đông là rất cấp thiết để giải quyết các vấn đề gặp phải, góp phần vào sự phát triển bền vững nghề nuôi tôm tại Nam Định.

Từ những năm 2000, Trung tâm Nghiên cứu Khoa học nông nghiệp quốc tế Nhật Bản đã hợp tác với Trung tâm Khuyến ngư quốc gia Nhật Bản, Công ty TNHH Công nghệ Thủy sản quốc tế IMTE và một số doanh nghiệp Nhật Bản nghiên cứu hoàn thiện công nghệ nuôi tôm trong nhà ISPS. Kết quả thử nghiệm với công nghệ ISPS tại Nhật Bản cho thấy năng suất tôm đạt 9,43 kg/m<sup>3</sup> với tỉ lệ sống 75% (Wider & Nohara,

2017), cao hơn so với các mô hình nuôi hiện tại ở tỉnh Nam Định.

Công nghệ này ứng dụng các thiết bị luân chuyển nước, lưới lọc micron, vi bọt khí và giá thể vi sinh nhân tạo. Công nghệ ISPS là công nghệ nuôi tôm trong nhà với các khả năng quản lý chất lượng nước và chất thải tốt, giảm thiểu dịch bệnh; đặc biệt được phát triển ở Nhật Bản có mùa đông lạnh hơn miền Bắc Việt Nam; vì thế nó có thể giúp người nuôi tôm ở Nam Định đương đầu với những thách thức hiện nay. Trong thập kỷ vừa qua, hệ thống nuôi tôm trong nhà cũng được thử nghiệm ở nhiều nước khác nhau như Mỹ (Ray, 2019), Thái Lan (McIntosh, 2019) và Indonesia (Suantika & cs., 2018) và được xác định là xu hướng nuôi bền vững trong tương lai. Vì vậy, để đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ này trong điều kiện Việt Nam, chúng tôi đã thiết kế và xây dựng hệ thống ISPS và thử nghiệm so sánh giữa nuôi tôm trong hệ thống ISPS và trong ao ngoài trời.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Hệ thống và thiết kế thí nghiệm

Thiết kế hệ thống ISPS được thực hiện theo nguyên lý được mô tả trong Wider và Nohara (2017). Tất cả các trang thiết bị, hệ thống vận hành đi kèm sử dụng trong nghiên cứu được nghiên cứu chế tạo, lắp đặt tại Việt Nam. Thí nghiệm được thực hiện ở trang trại nuôi tôm tại Nam Định với 04 ao liền nhau (dài × rộng × sâu, 25 × 20 × 2m). Tôm nuôi theo công nghệ ISPS được thử nghiệm trong 2 ao có mái che. Vật liệu phủ gồm 2 lớp bạt dẹt PE ngăn mưa từ đỉnh phủ đến sát mặt đầm bê tông, bụi và giữ nhiệt cho mùa đông có khả năng cắt 30% ánh sáng. Tôm nuôi theo công nghệ vi sinh được triển khai ở 2 ao ngoài trời (2 ao đối chứng). Hai ao đối chứng được trang bị sục khí và quạt nước giống như hai ao ISPS (gồm 1 máy thổi khí 3HP/2 ao và 2 quạt 1,5 kW/ao). Hai ao có mái che được trang bị hệ thống lọc tuần hoàn và hệ thống cung cấp oxy (Sansolver, Sanso, Nhật Bản). Hệ thống lọc tuần hoàn gồm 1 bể hầu, 1 bể lọc lưới (Sakae), 1 bể lọc vi sinh và 1 hệ thống điện hóa siêu âm (Jetek, Huetronics). Bể hầu có thể tích 1m<sup>3</sup> và chứa 200kg hầu. Bể lọc lưới (3m<sup>3</sup>) có kích cỡ mắt

So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định

lưới 50µm và bộ tự động xịt rửa để loại bỏ cặn. Bể lọc vi sinh 3m<sup>3</sup> chứa giá thể lọc kadness. Hệ thống điện hóa siêu âm có thể tích 400l với công suất bơm 60 m<sup>3</sup>/h, cường độ điện hóa 8,9V và cường độ siêu âm 1.200W. Hệ thống nâng oxy gồm máy trộn khí và bình oxy. Sơ đồ bố trí hệ thống nuôi tôm ISPS được mô tả ở hình 1.

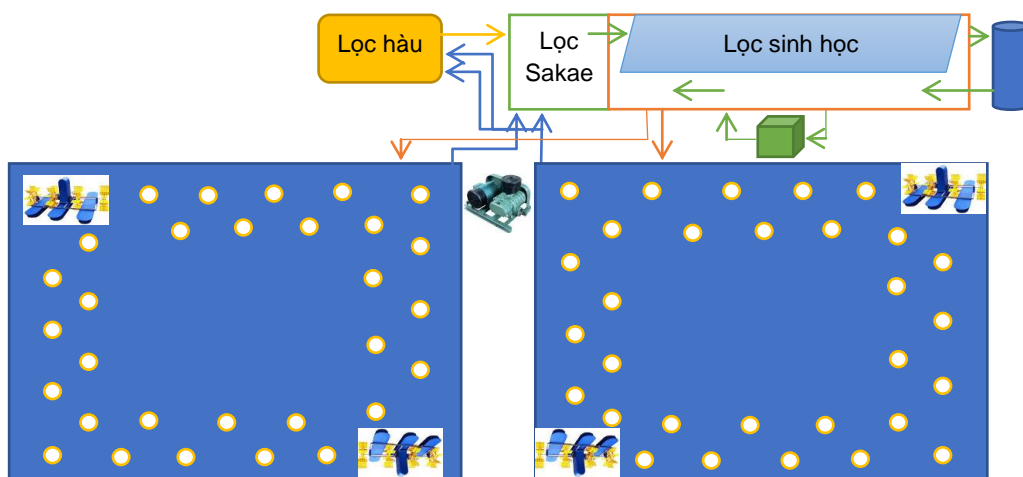
## 2.2. Quản lý thức ăn

Tôm chân trắng PL35 được chuyển từ bể ương xuống các ao thí nghiệm vào đầu tháng 12/2020 và được nuôi tiếp trong 77 ngày, tương đương ngày nuôi 112 tính từ PL12. Mật độ tôm nuôi trong 4 ao là 400 con/m<sup>3</sup>. Tôm được cho ăn thức ăn Grobest No.2, No.2M, No.2ML, No.2L, No.3 và No.4 (Protein thô: 39-40%; Chất béo tổng số 5-7%; Lysine tổng số min 1,7%; Methionine + Cystine tổng số min 0,9%) theo từng giai đoạn phát triển. Tôm được cho ăn bằng máy tự động cho đến khi thu hoạch. Máy được cài đặt chế độ 10 phút quay một lần, một lần quay 12 giây. Tôm được cho ăn 16 tiếng/ngày. Trong một số ngày nhiệt độ thấp hoặc thời tiết thay đổi, tôm có thể được dừng cho ăn hoặc giảm 50% lượng thức ăn đồng loạt ở các ao thí nghiệm. Khẩu phần ăn hàng ngày được ước tính theo phần trăm sinh khối của đàn tôm và điều chỉnh thông qua hoạt động kiểm tra nhá. Nếu trong nhá không còn thức ăn thì tăng lượng thời gian lên 2 giây và ngược lại. Trộn men hỗ trợ tiêu hóa và thảo dược phòng bệnh vào thức ăn.

## 2.3. Quản lý chất lượng nước

### 2.3.1. Quản lý các thông số thủy lý thủy hóa

Chế độ thay nước trong 2 ao nuôi ngoài trời là 5-20%/ngày và trong 2 ao nuôi ISPS là 2-5%/ngày theo kích cỡ tôm, tôm càng to thì tỉ lệ thay nước càng lớn. Oxy trong ao ngoài trời và ao ISPS được duy trì ở mức tương ứng 5 và 7ppm. Các chỉ tiêu độ mặn, nhiệt độ và oxy hòa tan được đo hàng ngày và chỉ tiêu pH được đo 2 lần/ngày bằng máy đo các yếu tố môi trường đa năng Aqua TROLL 500 (In-situ, Mỹ). Chỉ tiêu tổng ammonia (TAN) và NO<sub>2</sub> được đo 3 ngày/lần bằng kit Sera. Hệ thống cấp oxy, sục khí và quạt nước được kết hợp vận hành để cung cấp oxy hòa tan và quản lý chất thải rắn. Trước và trong khi cho ăn, hệ thống cung cấp oxy và sục khí được chạy, sau khi cho ăn một đến hai giờ, hệ thống quạt nước được vận hành để gom chất thải. Siphon chất thải 2-3 lần/ngày và cấp bù nước đã qua xử lý. Tăng sinh vi khuẩn có lợi hiếu khí từ 1 gói chế phẩm vi sinh bột (gói 1kg, chứa các chủng *Bacillus* spp. như *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* với lượng tối thiểu 1 × 10<sup>12</sup> CFU) trong xô 20l và bổ sung vào ao 2-3 ngày/xô cùng với mật đường theo tỉ lệ 20-30% lượng thức ăn sử dụng. Chế phẩm EM và vi khuẩn tía dạng lỏng được nhân sinh khối rồi tạt đều xuống ao 3 lần/tuần với lượng 100 l/lần.



Ghi chú: ○ : Điểm lắp dây khí; ■ : Hệ thống nâng oxy; ■ : Hệ thống điện hóa siêu âm.

Hình 1. Sơ đồ hệ thống nuôi tôm ISPS

### **2.3.2. Theo dõi thành phần và mật độ tảo**

Một lít nước được thu ở mỗi góc ao và trộn đều với nhau. Một lít nước mẫu được thu từ hỗn hợp này và bảo quản trong thùng xốp mát. Mẫu nước được gửi về phòng phân tích 1 tuần/lần để xác định thành phần và mật độ tảo trong nước. Một lượng 100ml mẫu nước ao được cố định bằng formalin 4%. Xác định mật độ tế bào được tiến hành bằng cách đếm tế bào trên buồng đếm hồng cầu (thể tích  $10^{-4}$ ml; Neubauer improved, Đức). Công thức tính mật độ tế bào:  $D = A \times 10^4$  (tb/ml), trong đó: A là tổng số tế bào đếm được trong buồng đếm. Mỗi mẫu được đếm ba lần và giá trị trung bình của ba lần đếm được tính là mật độ của mẫu. Mật độ của từng loài tảo của mỗi ao được tính bằng giá trị trung bình của mật độ loài đó trong cả quá trình theo dõi. Tảo được phân loại và định danh dựa trên hình thái theo Nguyễn Văn Tuyên (2003) và Tan & cs. (2016).

### **2.3.3. Định lượng vi khuẩn *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* trong nước ao nuôi**

Phương pháp thu mẫu nước được thực hiện theo TCVN 5998:1995. Tại mỗi ao nuôi, tiến hành thu 4 mẫu nước/ao với tần suất 1 tuần/lần để định lượng vi khuẩn *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus*. Mẫu được bảo quản ở nhiệt độ 4°C và chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 3-5 giờ để định lượng ngay sau đó. Mật độ *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 8988:2012.

## **2.4. Quản lý sức khỏe tôm**

### **2.4.1. Theo dõi sức khỏe và sinh trưởng tôm**

Hàng ngày kiểm tra lượng tôm lột xác mỗi khi xả đáy xong, nếu có hiện tượng tôm chết sẽ áp dụng các biện pháp xử lý kịp thời. Thường xuyên kiểm tra sức khỏe của tôm nuôi: gan tụy, đường ruột, các phụ bộ, màu sắc thân tôm, độ trong và mỏng của vỏ và hoạt động bơi lội. Tôm được bắt mẫu đo khối lượng 1 tuần 1 lần để đánh giá các chỉ tiêu sinh trưởng.

### **2.4.2. Định lượng vi khuẩn *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* trong gan tụy tôm**

Mật độ *Vibrio* tổng số từ gan tụy của tôm cũng được xác định theo TCVN 8988:2012. Mẫu

tôm được thu tại sàng ăn với số lượng 15 con/ao/tuần và được chuyển ngay theo phương pháp vận chuyển kín về phòng thí nghiệm. Các khối gan tụy được tách ra trong điều kiện vô khuẩn, trộn đều, nghiền để đồng nhất mẫu. Tiến hành lấy 0,1g và pha loãng theo dãy nồng độ để định lượng vi khuẩn. Phương pháp định lượng được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 8988:2012.

### **2.4.3. Định danh *V. parahaemolyticus***

Ít nhất 5 khuẩn lạc điển hình và đại diện ở các mẫu được lựa chọn ngẫu nhiên trên các đĩa môi trường TCBS, nuôi cấy thuần và tăng sinh. Kit API 20E được sử dụng để định danh sơ bộ vi khuẩn theo hướng dẫn của nhà sản xuất. DNA vi khuẩn được tách từ môi trường tăng sinh sử dụng kit tách chiết InstaGene™ Matrix (Bio-Rad, USA), theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Để giám định *V. parahaemolyticus*, cặp môi đặc hiệu phát gen độc lực *toxR*, môi xuôi *toxR-F*: GTCTTCTGACGCAATCGTTG và môi ngược *toxR-R*: ATACGAGTGGTTGCTGTCATG (Kim & cs., 1999) được sử dụng. Đối chứng dương là DNA được tách chiết từ chủng *V. parahaemolyticus* VNUA05-19 được cung cấp bởi Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

## **2.5. Phân tích số liệu**

Dữ liệu quan trắc từng yếu tố môi trường trong thời gian dõi thí nghiệm được tổng hợp ở dạng giá trị trung bình theo ngày cho từng ao nuôi.

Tốc độ sinh trưởng tuyệt đối của tôm (ADR; g/ngày) = (Khối lượng tôm ở thời điểm ngày nuôi 112 - Khối lượng tôm ban đầu)/Số ngày nuôi.

Tốc độ sinh trưởng tương đối của tôm (SGR; %/ngày) =  $(\ln(\text{Khối lượng tôm ở thời điểm ngày nuôi 112}) - \ln(\text{Khối lượng tôm ban đầu}))/\text{Số ngày nuôi} \times 100\%$ .

Tổng khối lượng tôm ước tính (kg) = Lượng thức ăn ở ngày nuôi 112 chia cho tỉ lệ phần trăm thức ăn trên khối lượng tôm (2%) do tôm chưa thu vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Lượng tôm ước tính này đã được xác nhận sát với lượng tôm cân được sau đó.

So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định

Tỉ lệ sống (%) = (Tổng khối lượng tôm ước tính/Kích cỡ tôm)/Số tôm thả ban đầu × 100%.

FCR = Lượng thức ăn sử dụng/Tổng khối lượng tăng ước tính của tôm.

Năng suất (tấn/ha) = Tổng khối lượng tôm ước tính (tấn)/Diện tích ao × 10.000

Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn (SD) của các số liệu môi trường, sinh trưởng, FCR, tỉ lệ sống và năng suất ước tính của từng nghiệm thức được tính cho hai lần lặp lại, tương đương 2 ao. Số liệu tỉ lệ sống được chuyển sang dạng arcsin trước khi phân tích thống kê. Các thông số này giữa hai nghiệm thức được so sánh thống kê one-way ANOVA theo phương pháp Tukey's test với độ tin cậy 95% bằng phần mềm Minitab. Số liệu mật độ tảo, mật độ *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* được phân tích theo thống kê mô tả.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Biến động một số chỉ tiêu hóa lý trong môi trường nước

Giá trị pH nước của các ao nuôi theo công nghệ ISPS và ao đối chứng có giá trị tương đương nhau trong suốt quá trình theo dõi (Bảng 1). Chênh lệch pH nước giữa sáng và chiều trong các ao nuôi ISPS và đối chứng không có sự khác biệt ( $P > 0,05$ ). Tuy nhiên, nhiệt độ nước ao trung bình trong 77 ngày theo dõi của nghiệm

thức ISPS luôn cao hơn  $2^{\circ}\text{C}$  so với ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Giá trị trung bình tổng đạm ammonia (TAN) của các ao nuôi ISPS cao hơn so với của các ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Hàm lượng  $\text{NO}_2$  trong nước ở các ao ISPS thấp hơn có ý nghĩa thống kê với các ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Độ kiềm của ao ISPS được xác định cao hơn so với các ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Nồng độ oxy hòa tan của các ao ISPS cũng cao hơn của các ao đối chứng khoảng 2 mg/l ( $P < 0,05$ ).

Các yếu tố môi trường như pH, TAN,  $\text{NO}_2$  và độ kiềm của cả 2 nghiệm thức đều ở ngưỡng thích hợp cho sinh trưởng của tôm do đều được bổ sung chế phẩm vi sinh và khoáng định kỳ trong suốt quá trình nuôi. Giá trị pH có xu hướng giảm dần trong thời gian theo dõi và nằm trong ngưỡng thích hợp cho tôm thẻ chân trắng (Zhang & cs., 2006). Toàn bộ kết quả đo ammonia đều nằm dưới ngưỡng an toàn cho tôm chân trắng (Lin & Chen, 2001), trong khi hàm lượng  $\text{NO}_2$  cũng ở mức không gây ảnh hưởng tới khả năng sống sót hay sinh trưởng của tôm (MELO & cs., 2018). Độ kiềm được duy trì trong khoảng khuyến cáo phù hợp cho sinh trưởng của tôm theo Ebeling & cs. (2006). Hàm lượng oxy hòa tan và nhiệt độ trong ao ISPS luôn ở mức cao hơn so với các ao đối chứng. Đây là ưu điểm của công nghệ ISPS trong nuôi tôm vụ đông, làm tăng tốc độ sinh trưởng của tôm.

**Bảng 1. Các chỉ tiêu môi trường của hai nghiệm thức ISPS và đối chứng\***

Chỉ tiêu	Nghiệm thức	
	ISPS (TB ± SD, n = 2)	ĐC (TB ± SD, n = 2)
pH sáng	7,3-7,9	7,1-7,5
pH chiều	7,5-8,0	7,3-7,8
Chênh lệch pH sáng - chiều	0,1-0,3	0,1-0,3
Nhiệt độ ( $^{\circ}\text{C}$ )	22,04 <sup>a</sup> ± 0,00	20,08 <sup>b</sup> ± 0,06
Độ mặn (ppt)	20 <sup>a</sup> ± 0,00	20 <sup>b</sup> ± 0,00
TAN (mg/l)	2,09 <sup>a</sup> ± 0,021	1,30 <sup>b</sup> ± 0,007
$\text{NO}_2$ (mg/l)	1,23 <sup>a</sup> ± 0,028	1,82 <sup>b</sup> ± 0,085
Độ kiềm (mg/l)	144,28 <sup>a</sup> ± 0,76	131,79 <sup>b</sup> ± 1,12
DO (mg/l)	6,93 <sup>a</sup> ± 0,011	4,94 <sup>b</sup> ± 0,017

Ghi chú: Các số liệu trong cùng một hàng có mang chữ cái khác nhau thì sai khác có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ ).

**Bảng 2. Các chỉ tiêu sinh trưởng và tỉ lệ sống của tôm ở hai nghiệm thức ISPS và đối chứng\***

Nghiệm thức	ISPS (TB ± SD, n = 2)	Đối chứng (TB ± SD, n = 2)
W <sub>0</sub> (g)	1,80 ± 0,12	1,823 ± 0,005
W <sub>t</sub> (g)	16,308 <sup>a</sup> ± 0,601	13,225 <sup>b</sup> ± 0,035
ADW (g/ngày)	0,188 <sup>a</sup> ± 0,006	0,148 <sup>b</sup> ± 0,001
SGR (%/ngày)	2,286 <sup>a</sup> ± 0,039	2,573 <sup>b</sup> ± 0,007
Tỉ lệ sống	79,5 <sup>a</sup> ± 0,71	75,5 <sup>b</sup> ± 0,71
FCR	1,400 ± 0,014	1,425 ± 0,007
Năng suất (tấn/ha)	51,84 <sup>a</sup> ± 1,45	39,94 <sup>b</sup> ± 0,27

Ghi chú: Các số liệu trong cùng một hàng có mang chữ cái khác nhau thì sai khác có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ ).

### 3.2. Sinh trưởng của tôm

Khi bắt đầu thí nghiệm, tôm có khối lượng khoảng 1,8g. Sau 77 ngày nuôi, khối lượng tôm trung bình ở các ao ISPS, lớn hơn có ý nghĩa thống kê với khối lượng tôm trung bình ở ao đối chứng (Bảng 2,  $P < 0,05$ ). Tốc độ sinh trưởng tuyệt đối của tôm ở ao ISPS cao hơn so với ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Tương tự, tốc độ sinh trưởng tương đối của tôm ở ao ISPS cao hơn có ý nghĩa thống kê so với tôm nuôi ở ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Tỉ lệ sống của tôm nuôi trong các ao ISPS cao hơn so với của các ao đối chứng ( $P < 0,05$ ). Không có sự khác biệt về FCR giữa các ao nuôi tôm ISPS và ao nuôi đối chứng ( $P > 0,05$ ). Năng suất trung bình của các ao nuôi tôm theo công nghệ ISPS đạt  $51,84 \pm 1,45$  tấn/ha, cao hơn so với của các ao nuôi đối chứng ( $P < 0,05$ ).

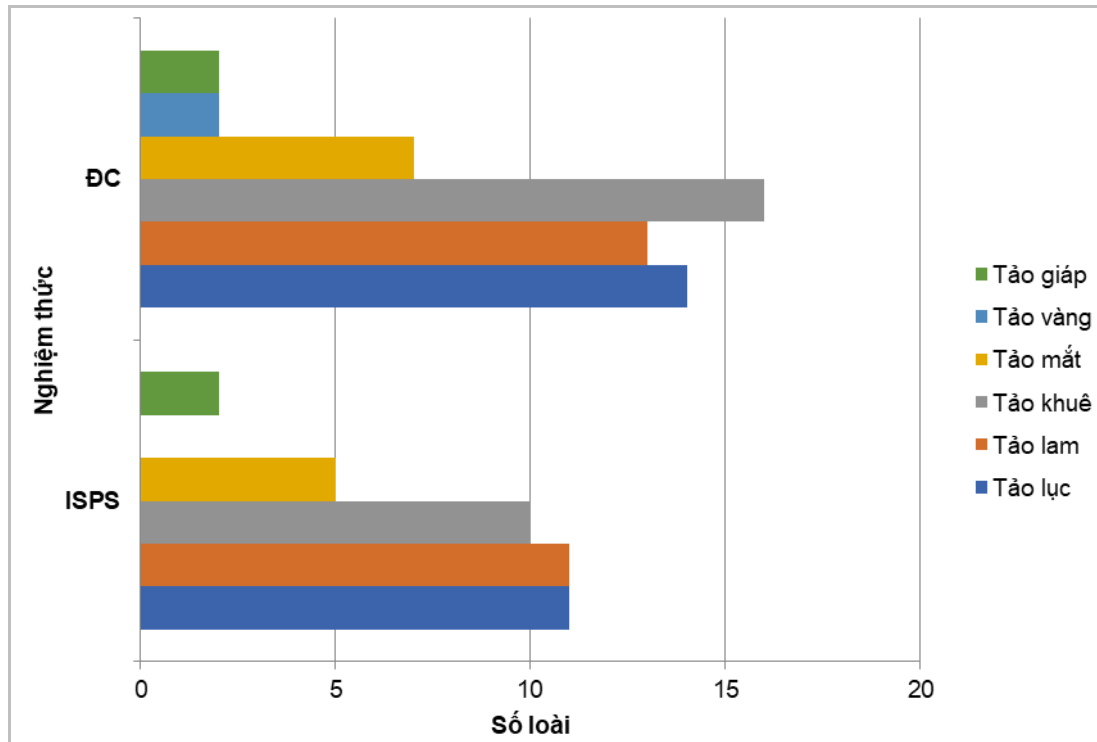
### 3.3. Thành phần thực vật phù du

Có tổng cộng 6 ngành tảo Chlorophyta, Cyanobacteriophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Xanthophyta và Pyrrophyta đều được xác định trong cả ao ISPS và đối chứng. Trong ngành Chlorophyta, xuất hiện 1 lớp Chlorophyceae, 4 bộ Volvocales, Tetrasporales, Shizogoniales, Chroococcales và 7 họ Chlamydomonadaceae, Polyblepharidaceae, Volvocaceae, Tetreasporaceae, Oocystaceae, Coelastraceae và Micractiniaceae trong nước ao nuôi. Trong ngành Cyanobacteriophyta, xuất hiện tảo thuộc 2 lớp Chroococceae và

Hormogoneae, 3 bộ Chroococcales, Nostocales và Oscillatoriales, 7 họ Coccobactreaceae, Merismopediaceae, Microcystidaceae, Anabaenaceae, Oscillatoriaceae, Pseudonostocaceae và Gloeocapsaceae. Trong ngành Bacillariophyta, các loài tảo được tìm thấy trong 1 lớp Centricae, 4 bộ Discinales, Biddulphiales, Thalassiosirales và Raphinales, 5 họ Coscinodiscaceae, Chaetocertaceae, Thalassiosiraceae, Naviculaceae và Nitzschiaceae. Trong ngành Euglenophyta, tảo chỉ xuất hiện trong 1 lớp Euglenophyceae, 1 bộ Euglenales, 1 họ Euglenaceae. Trong ngành Ochrophyta, tảo chỉ được tìm thấy trong 1 lớp Xanthophyceae, 1 bộ Heterothrichales và 1 họ Tribonemataceae. Tương tự, trong ngành Pyrrophyta, tảo được tìm thấy trong 1 lớp Dinophyceae, 1 bộ Gymonodimales và 1 họ Gymnodiniaceae.

Thành phần tảo trong những ao nuôi đối chứng đa dạng hơn trong những ao ISPS. Số loài tảo xác định được trong các ao đối chứng là 54 loài và trong ao ISPS là 41 loài (Hình 2). Các loài tảo xác định được trong ao ISPS đều được tìm thấy trong ao đối chứng. Mật độ tảo trong ao đối chứng cũng cao hơn so với ao ISPS. Điển hình nhất là tảo lục *Chlamydomonas* sp. ( $> 10^4$  tế bào/ml) và *Chlorella* spp. ( $> 10^4$  tế bào/ml); tảo lam *Aphanocapsa* sp. ( $< 10^4$  tế bào/ml), *Microcystis aeruginosa* ( $> 10^4$  tế bào/ml) và *Anabaena* sp. ( $> 10^4$  tế bào/ml) và *Ankistrodesmus falcatus* ( $< 10^4$  tế bào/ml).

So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định



Hình 2. Thành phần loài tảo trong hai nghiệm thức ISPS và đối chứng

Thành phần thực vật phù du là chỉ số quan trọng để đánh giá điều kiện môi trường và sức khỏe động vật thủy sản trong ao vì nó nhạy cảm với những thay đổi môi trường cả về sinh khối và mức độ đa dạng (Li & cs., 2009). Dương Thị Hoàng Oanh & cs. (2014) đã quan sát thấy ở các ao tôm bệnh, mật độ các ngành tảo giáp, tảo mắt, tảo lam đều cao hơn so với ao tôm khỏe và cao nhất là tảo lam. Tương tự như các nghiên cứu trước (Yusoff & cs., 2002; Meng & cs., 2018), nghiên cứu này cho thấy rằng Chlorophyta, Bacillariophyta và Cyanobacteriaphyta là những ngành tảo có thành phần loài chiếm ưu thế. Mật độ tảo cao hầu hết đều được quan sát thấy trên một số loài tảo lam và tảo lục. Mật độ tảo lam ở mức thấp hơn trong các ao ISPS so với các ao đối chứng, chứng tỏ hệ thống lọc và thiết bị điện hóa siêu âm đã có tác dụng trong việc kiểm soát tảo lam. Khả năng loại bỏ tảo lam bằng siêu âm cũng đã được chứng minh trong các nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm (Wu & cs., 2011; Huang & cs., 2020). Các ao đối chứng có mật độ tảo lam vượt mức  $10^4$  tế bào/ml, cho thấy tình trạng phú dưỡng cao hơn ao ISPS. Theo Paerl

(1988), tảo nở hoa khi một hay hai loài chiếm ưu thế với mật độ  $10^4$ - $10^6$  tế bào/ml và các loài này chiếm 95-99% trong tổng sinh khối. Mặc dù tảo lam ở mật độ cao trong các ao đối chứng, nhưng chưa xuất hiện hiện tượng tảo nở hoa trong hệ thống nuôi. Điều này có thể do thành phần loài tảo trong nước nuôi khá đa dạng (nhiều hơn 8 loài tảo/mẫu) khiến quần xã tảo chưa bị đẩy tới pha tàn.

### 3.4. Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* từ mẫu nước và gan tụy tôm

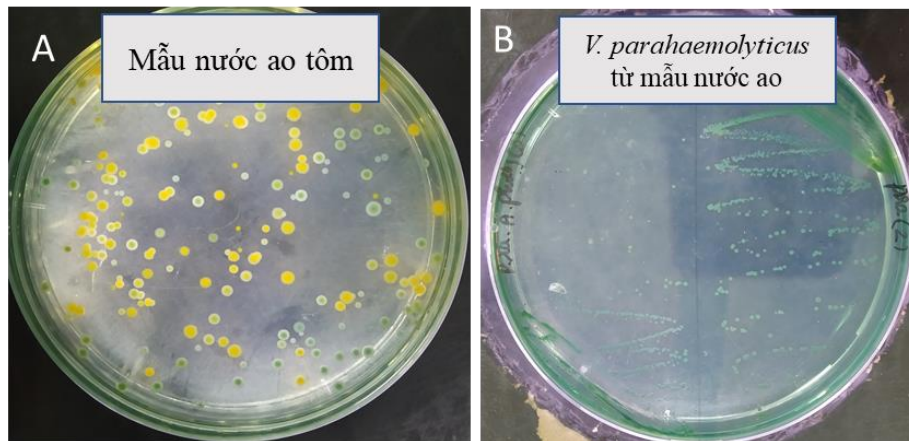
Các khuẩn lạc phát triển trên TCBS có hình thái điển hình như tròn, lồi, bờ đều, màu xanh đều cho kết quả kiểm tra sinh hóa tương đồng với chủng chuẩn *V. parahaemolyticus* VNUA05-19 gây bệnh hoại tử gan tụy cấp ở tôm nuôi (Hình 3). Kết quả giám định PCR từ DNA vi khuẩn có khuẩn lạc đặc trưng cũng dương tính và có sản phẩm 368bp trùng với sản phẩm của chủng đối chứng dương (Hình 4). Như vậy những khuẩn lạc vi khuẩn phát triển trên môi trường TCBS có hình thái đặc trưng như trên được định danh là vi khuẩn *V. parahaemolyticus*,



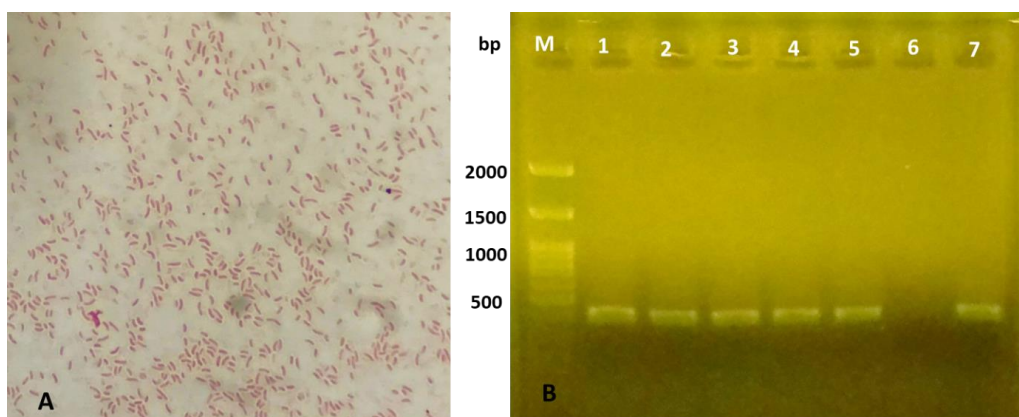
vì vậy kết quả đếm riêng những khuẩn lạc dạng này phát triển trên đĩa nuôi cấy từ nước ao hoặc từ gan tụy tôm được sử dụng để tính mật độ vi khuẩn *V. parahaemolyticus*.

Mật độ Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* ( $0-1,3 \times 10^3$  CFU/ml và  $0-2,0 \times 10^2$  CFU/ml, tương ứng) trong mẫu nước ao ISPS thấp hơn nhiều so với của ao đối chứng trong suốt quá trình thử nghiệm ( $0-4,4 \times 10^4$  CFU/ml và  $0-1,6 \times 10^4$  CFU/ml, tương ứng; Hình 5). Mật độ Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* trong mẫu nước ao đối chứng có xu hướng tăng dần trong quá trình nuôi. Hai ao đối chứng có mật độ Vibrio tổng số trong nước tăng mạnh vào ngày nuôi 42 ( $1,4 \times$

$10^4 - 1,6 \times 10^4$  CFU/ml) và 56 ( $3,4 \times 10^4 - 4,4 \times 10^4$  CFU/ml). Tương tự, mật độ vi khuẩn *V. parahaemolyticus* tăng mạnh vào cùng thời điểm ngày 42 ( $2,2 \times 10^3 - 2,5 \times 10^3$  CFU/ml) và ngày 56 ( $6,0 \times 10^3 - 1,6 \times 10^4$  CFU/ml). Mặc dù không tăng mạnh vào sau ngày 56, mật độ Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* ở ao đối chứng vẫn có xu hướng tăng theo chu kỳ 3 tuần tương ứng từ khoảng 0 tới  $4,0 \times 10^3$  CFU/ml và 0 tới  $2,7 \times 10^3$  CFU/ml. Trong khi đó, mật độ vi khuẩn Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* của nước ao ISPS được kiểm soát liên tục ở mức thấp ( $< 10^3$  CFU/ml và  $< 10^2$  CFU/ml, tương ứng) như khuyến cáo của Tang & cs. (2020) và không tăng theo chu kỳ.



Hình 3. Nuôi cấy vi khuẩn Vibrio tổng số (A) và cấy thuần *V. parahaemolyticus* (B) trên môi trường thạch TCBS

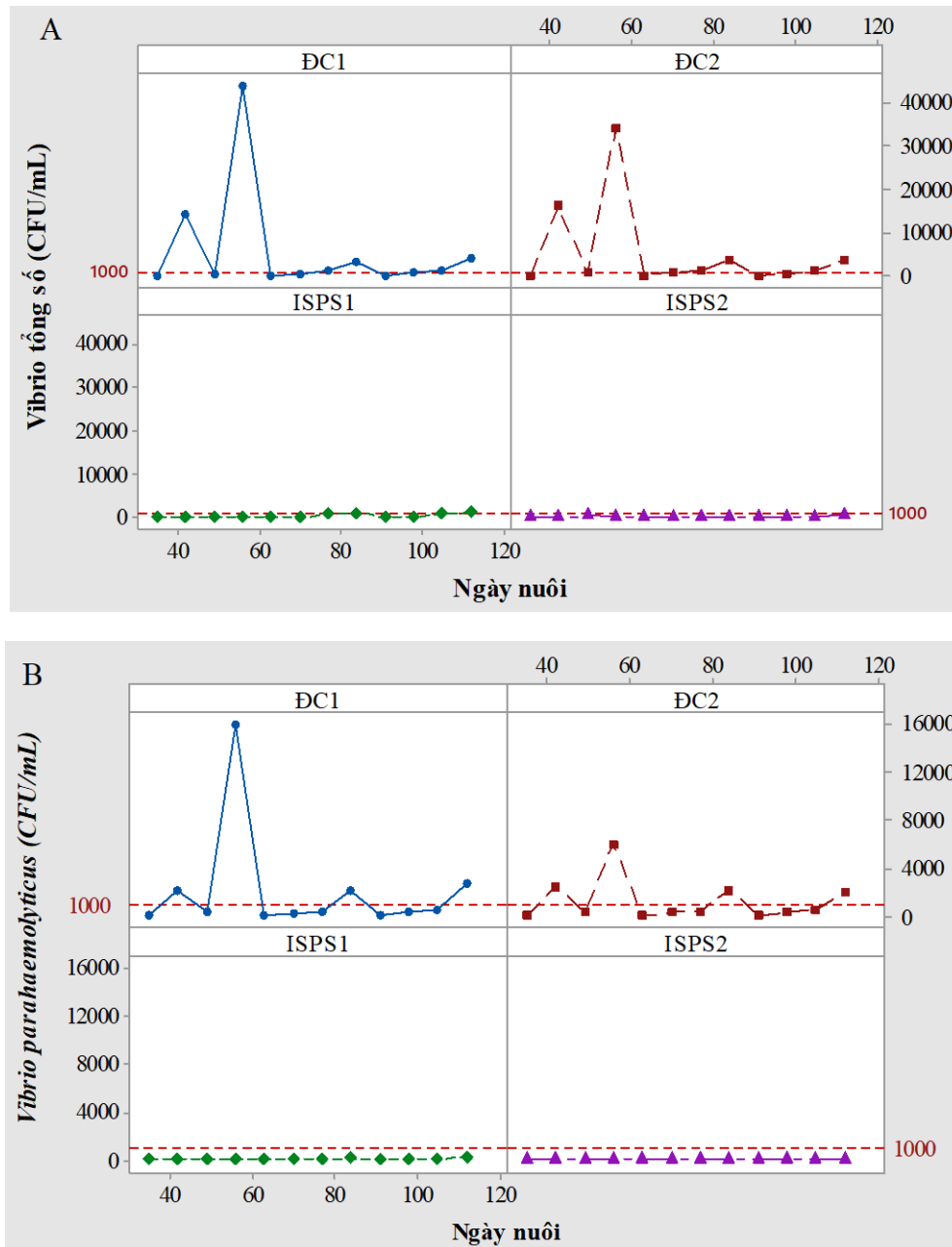


Ghi chú: M-Marker; 1-5: một số chủng đại diện *V. parahaemolyticus* phân lập từ mẫu nước và gan tụy tôm; 6: đối chứng âm; 7: đối chứng dương (chủng VNUA05-19).

Hình 4. Nhuộm Gram vi khuẩn *V. parahaemolyticus* sau khi cấy thuần (A) và kết quả giám định vi khuẩn bằng kỹ thuật PCR (B)



So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định



Ghi chú: Đường đứt đoạn ngang là mức khuyến cáo theo Tang & cs. (2020).

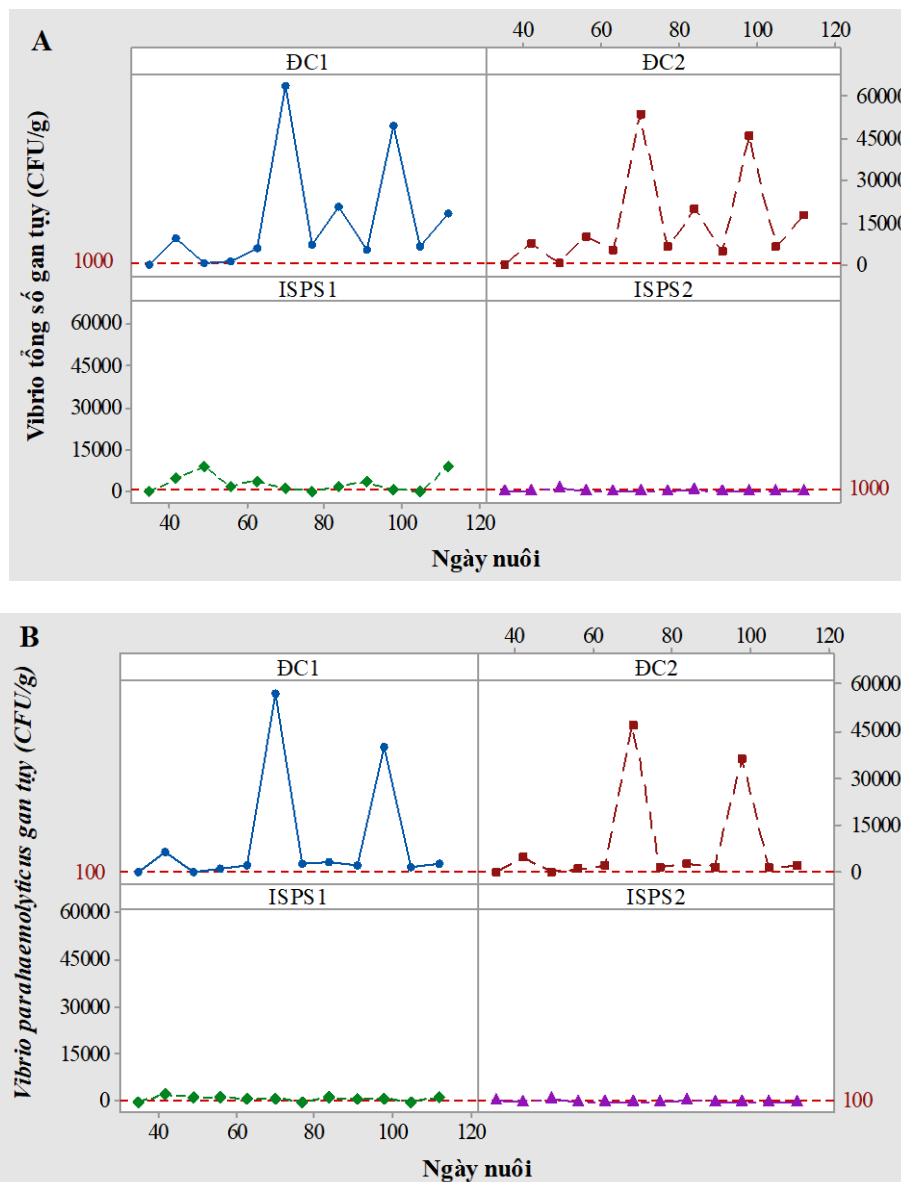
**Hình 5. Mật độ Vibrio tổng số (A) và *V. parahaemolyticus* (B) trong nước ao giữa hai nghiệm thức ISPS và đối chứng**

Tôm có tỉ lệ sống và tốc độ sinh trưởng trong nghiệm thức ISPS cao hơn trong nghiệm thức đối chứng. Một phần nguyên nhân tỉ lệ sống cao hơn có thể là do mật độ Vibrio tổng số và *V. parahaemolyticus* trong nước và gan tụy tôm được kiểm soát ở mức thấp hơn trong các ao ISPS. Khi cảm nhiễm tôm thẻ chân trắng với *V. parahaemolyticus* ở nồng độ  $10^4$  và  $10^5$

CFU/ml, Soto-Rodriguez & cs. (2015) đã quan sát thấy tỉ lệ chết tương ứng là 50% và 93% sau 46 giờ, trong khi mật độ vi khuẩn này ở mức dưới  $10^3$  CFU/ml thì không gây chết cho tôm chân trắng sau 167 giờ. Nước ở 2 ao đối chứng có mật độ *V. parahaemolyticus* lên tới  $6 \times 10^3$  và  $1,6 \times 10^4$  CFU/ml vào ngày 56, có thể là nguyên nhân gây chết, giảm tỉ lệ sống của tôm

trong hệ thống nuôi này. Ngay sau khi có kết quả phân tích, chúng tôi đã tiến hành khử trùng nước kịp thời để giảm mật độ vi khuẩn trong nước ao đối chứng, làm giảm tỉ lệ tôm chết. Trong khi đó, nước trong các ao ISPS được kiểm soát mật độ khuẩn *Vibrio* liên tục, hầu hết các thời điểm đều thấp hơn  $10^3$  CFU/ml nhờ khả năng diệt khuẩn của thiết bị điện hóa siêu âm. Hiệu suất diệt khuẩn của thiết bị này có thể đạt tới 94,4% trong 300 giây với mẫu nước ao tôm có mật độ *Vibrio*  $19,7 \times 10^3$

CFU/ml (Nguyễn Văn Cường, 2016). Sóng siêu âm tạo ra các vi bọt khí trong nước do áp suất tĩnh của chất lỏng giảm dưới mức áp suất bay hơi của nó (Doosti & cs., 2012). Khi các bọt khí vỡ, một nguồn năng lượng lớn được giải phóng, áp suất có thể đạt tới 500-10.000 atm và nhiệt độ lên đến 3.000- 5.000°K các gốc tự do hydroxyl (OH<sup>•</sup>) và hydro (H<sup>•</sup>) sẽ được hình thành (Patil & Pantid, 2007). Sau đó, nhiệt độ và áp suất cao cục bộ cùng với các gốc tự do giết chết vi khuẩn (Piyasena & cs., 2003).



Ghi chú: Đường đứt đoạn ngang là mức khuyến cáo theo Tang & cs. (2020).

**Hình 6. Mật độ *Vibrio* tổng số (A) và *V. parahaemolyticus* (B) trong gan tụy tôm giữa hai nghiệm thức ISPS và đối chứng**

So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định

Mật độ *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* trong khối gan tụy tôm ở ao đối chứng cao hơn ở ao ISPS. Vào ngày nuôi thứ 70 và 98, mật độ *Vibrio* tổng số trong khối gan tụy của tôm ở 2 ao đối chứng tăng lên tới  $5,4 \times 10^4$  -  $6,4 \times 10^4$  CFU/g và  $4,6 \times 10^4$  -  $5,0 \times 10^4$  CFU/g, tương ứng. Mật độ *V. parahaemolyticus* trong gan tụy của tôm ở 2 ao đối chứng cũng đạt đỉnh ở  $4,7 \times 10^4$  -  $5,7 \times 10^4$  CFU/g và  $3,6 \times 10^4$  -  $4,0 \times 10^4$  CFU/g vào hai ngày trên. Trong khi đó, mật độ *Vibrio* tổng số trong gan tụy tôm của ao ISPS1 đều đạt ở mức  $9,0 \times 10^3$  CFU/g vào ngày 49 và ngày 112 và của ao ISPS2 chỉ ở mức dưới  $1,5 \times 10^3$  CFU/g trong suốt quá trình theo dõi. Mật độ *V. parahaemolyticus* trong gan tụy của mẫu tôm ao ISPS1 phần lớn ở mức  $8 \times 10^2$  -  $1,3 \times 10^3$  CFU/g; trong khi mật độ vi khuẩn này trong mẫu tôm ao ISPS2 thường ở mức 0 CFU/g.

Mật độ vi khuẩn *Vibrio* tổng số và *V. parahaemolyticus* quyết định đến khả năng gây bệnh trên tôm. Theo Gomez-Gil & cs. (1998) tôm khỏe bình thường vẫn có mật độ *Vibrio* tổng số khoảng  $4,3 \times 10^4$  CFU/g, nhưng khi mật độ đạt đến  $10^5$  CFU/g, hầu hết tôm nuôi sẽ biểu hiện các triệu chứng bệnh lý (Soto-Rodriguez & cs., 2010). Mặc dù mật độ *Vibrio* trong gan tụy tôm của các ao đối chứng mới chỉ đạt đỉnh ở mức khoảng  $5-6 \times 10^4$  CFU/g, nhưng tỉ lệ sống vẫn giảm có thể do mật độ *V. parahaemolyticus* cao, đến mức gây chết, ở một số thời điểm nuôi Tương tự như các vi khuẩn gây bệnh khác, *V. parahaemolyticus* gây bệnh sử dụng hệ thống quorum sensing (Gomez-Gil & cs., 2014). Khi mật độ vi khuẩn này trong gan tụy đạt tới  $1,47 \times 10^3$  CFU/g, lượng độc tố tiết ra đủ để gây tổn thương và rối loạn chức năng của gan tụy (Aguirre-Guzmán & cs., 2010). Nếu bệnh phát triển đến giai đoạn nặng, gan tụy bị teo đến mức gây chết tôm (Tran & cs., 2013).

Năng suất nuôi tôm trong nhà dao động lớn giữa các công bố. Đối với các ao trong nhà có diện tích lớn (0,5-0,8ha) ở Trung Quốc, năng suất lại chỉ đạt  $0,69 \text{ kg/m}^3$  (Peng & cs., 2014). So với hệ thống nuôi tôm trong các bể 100 L tuần hoàn trong nhà ở Indonesia (Suantika & cs., 2018) hệ thống ISPS hiện tại có năng suất tương đương ( $5 \text{ kg/m}^3$ ). Với công nghệ ISPS đã được tối

ưu hóa (như nhiệt độ, độ mặn, oxy hòa tan, lọc sinh học) ở Nhật Bản, năng suất nuôi tôm dao động  $6-9 \text{ kg/m}^3$  (Wider & Nohara, 2017). Trong khi đó, năng suất nuôi tôm trong nhà sử dụng các bể 40 và  $100 \text{ m}^3$  ở Mỹ dao động  $4-9 \text{ kg/m}^3$  (Samocha, 2019). Như vậy, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong hệ thống nuôi tôm trong nhà đã giúp tăng năng suất nuôi tôm.

#### 4. KẾT LUẬN

Năng suất nuôi tôm của công nghệ ISPS lần đầu được thử nghiệm tại Việt Nam ở quy mô ao  $500 \text{ m}^2$  cho thấy tiềm năng ứng dụng công nghệ này vào thực tiễn sản xuất. Năng suất ước tính vào ngày nuôi thứ 112 từ PL12 ở các ao ISPS (51 tấn/ha) cao hơn ở các ao đối chứng (39 tấn/ha). Mặc dù năng suất này chưa bằng kết quả thử nghiệm tại Nhật nhưng cơ sở vật chất và thiết bị đều được xây dựng và chế tạo trong nước. Một số ưu điểm có thể thấy của công nghệ ISPS là khả năng kiểm soát môi trường, mật độ vi khuẩn và mật độ tảo tốt hơn so với nuôi ao ngoài trời.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi “Chương trình Khoa học và Công nghệ phục vụ xây dựng Nông thôn mới giai đoạn 2018-2020”. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các đơn vị phối hợp đã đóng góp cơ sở vật chất để thực hiện đề tài này. Xin cảm ơn sự trợ giúp kỹ thuật của các sinh viên Khoa Thủy sản trong việc thu và phân tích mẫu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aguirre-Guzmán G., Sánchez-Martínez J.G., Pérez-Castañeda R., Palacios-Monzón A., Trujillo-Rodríguez T. & De La Cruz-Hernández N.I. (2010). Pathogenicity and infection route of *Vibrio parahaemolyticus* in American white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society. 41: 464-470. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00388.x>.
- Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường (1995). TCVN 5998:1995: Chất lượng nước - Lấy mẫu - Hướng dẫn lấy mẫu nước biển.
- Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). TCVN 8988:2012: Vi sinh vật trong thực phẩm, phương pháp định lượng *Vibrio parahaemolyticus*.

- Doosti M.R., Kargar R. & Sayadi M.H. (2012). Water treatment using ultrasonic assistance: A review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 14: 96-110.
- Dương Thị Hoàng Oanh, Huỳnh Trường Giang & Nguyễn Thị Kim Liên (2014). Mối liên hệ giữa sức khỏe tôm và biến động quần thể phytoplankton trong các ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*. 2: 159-168.
- Ebeling J.M., Timmons M.B. & Bisogni J.J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 257: 346-358
- Gomez-Gil B., Lucia Tron-Mayén, Ana Roque, James F. Turnbull, Valerie Inglis & Ana L. Guerra-Flores (1998). Species of *Vibrio* isolated from hepatopancreas, haemolymph and digestive tract of a population of healthy juvenile *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 163(1-2): 1-9.
- Gomez-Gil B., Soto-Rodríguez S., Lozano R. & Betancourt-Lozano M. (2014). Draft genome sequence of *Vibrio parahaemolyticus* strain M0605, which causes severe mortalities of shrimps in Mexico. *Genome Announc*. 2(2): 14.
- Huang Haocai, Wu Gang, Sheng Chaowu, Wu Jiannan, Li Danhua & Wang Hangzhou (2020). Improved cyanobacteria removal from harmful algae blooms by two-cycle, low-frequency, low-density, and short-duration ultrasonic radiation. *Water*. 12(9): 2431.
- Kim Y.B., Okuda J., Matsumoto C., Takahashi N., Hashimoto S. & Nishibuchi M. (1999). Identification of *Vibrio parahaemolyticus* strains at the species level by PCR targeted to the *toxR* gene. *J. Clin. Microbiol*. 37: 1173-1177.
- Li W.K., McLaughlin F.A., Lovejoy C. & Carmack E.C. (2009). Smallest algae thrive as the arctic ocean freshens. *Science*. 326: 539.
- Lin Y.C. & Chen J.C. (2001). Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 259: 109-119.
- McIntosh (2019). Modeling a sustainable shrimp industry. *Shrimp2019: Modelling for Sustainability*, INFOFISH, Thailand.
- MELO F.B., Ferreira M.G.P., Braga Í.F.M. & Correia E.d.S. (2018). Toxicity of nitrite on shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in clear water and biofloc systems. *Boletim do Instituto de Pesca*. 42(4): 855-865.
- Meng N., Yuan J.L., Liu M. & Gu Z.M. (2018). Assessment of water quality and phytoplankton community of *Litopenaeus vannamei* pond in intertidal zone of Hangzhou Bay, China. *Aquaculture Reports*. 11: 53-58.
- Nguyễn Văn Cường (2016). Nghiên cứu ứng dụng siêu âm xử lý khuẩn và tảo trong môi trường nước. Luận văn Thạc sĩ. Đại học Khoa học Huế. tr. 58
- Nguyễn Văn Tuyên (2003). Đa dạng sinh học tảo trong thủy vực nội địa Việt Nam triển vọng và thử thách. Nhà xuất bản Nông Nghiệp. tr. 264-483.
- Paerl H.W. (1988). Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*. 33: 823-847.
- Patil M.N. & Pandit A.B. (2007). Cavitation - a novel technique for making stable nanosuspensions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 14: 519-530.
- Peng J., Dong Qiufen, Zhang Song & Yang Yong (2014). Shrimp farming in greenhouses: a profitable model to culture *Penaeus vannamei* in China. *International Aquafeed*, January-February. p. 53.
- Piyasena P., Mohareb E. & McKellar R.C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int. J. Food Microbiol*. 87: 207-216.
- Ray A.J. (2019). *Indoor Marine Shrimp Farming*. SRAC Publication No. 2602: 1-7.
- Samocha T.M. (2019). *Sustainable Biofloc Systems For Marine Shrimp*. Academic Press. ISBN 978-0-12-818040-2.
- Soto-Rodríguez S.A., Gomez-Gil B., Lozano-Olvera R., Betancourt-Lozano M. & Morales-Covarrubias M.S. (2015). Field and experimental evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in northwestern Mexico. *Appl. Environ. Microbiol*. 81: 1689-1699. doi:10.1128/AEM.03610-14.
- Soto-Rodríguez S.A., Gomez Gil B., Lozano R. & Roque A. (2010). Density of vibrios in hemolymph and hepatopancreas of diseased pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, from Northwestern Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*. 41: 76-83.
- Suantika G., Situmorang M.L., Nurfathurahmi A., Taufik I., Aditiawati P., Yusuf N. & Aulia R. (2018). Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growout Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition. *J Aquac Res Development* 9: 530. doi: 10.4172/2155-9546.1000530.
- Sở NN&PTNT tỉnh Nam Định (2017). Báo cáo Quy hoạch phát triển kinh tế thủy sản và bảo vệ nguồn lợi thủy sản tỉnh Nam Định đến năm 2025, định hướng đến năm 2030. tr. 180.
- Tan TohHii, Leaw Chui Pin, Leong Sandric, LIM Lay, Chew S.M., Teng Sing Tung & Lim Po Teen

So sánh hiệu quả kỹ thuật nuôi tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vụ đông trong ao mở ngoài trời và hệ thống trong nhà tại tỉnh Nam Định

- (2016). Marine micro-phytoplankton of Singapore, with a review of harmful microalgae in the region. *Raffles Bulletin of Zoology*. 34: 78-96.
- Tang K.F.J., Bondad-Reantaso M.G., Arthur J.R., MacKinnon B., Hao B., Alday-Sanz V., Liang Y. & Dong X. (2020). Shrimp acute hepatopancreatic necrosis disease strategy manual. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1190. Rome, FAO.
- Tran L., Nunan L., Redman R.M., Mohney L.L., Pantoja C.R., Fitzsimmons K. & Lightner D.V. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Dis. Aquat. Organ.* 105(1): 45-55.
- UBND tỉnh Nam Định (2018). Quyết định V/v phê duyệt Quy hoạch phát triển kinh tế thủy sản và bảo vệ nguồn lợi thủy sản tỉnh Nam Định đến năm 2025, định hướng đến năm 2030. tr. 14.
- Wu X.G., Eadaoin M. Joyce & Timothy J. Mason (2011). The effects of ultrasound on cyanobacteria. *Harmful Alga.*, 10(6): 738-743.
- Wilder M.N. & Nohara S. (2017). White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. In: Takeuchi T. (eds) Application of Recirculating Aquaculture Systems in Japan. Fisheries Science Series. Springer, Tokyo. pp. 145-173.
- Yusoff F.M., Zubaidah M.S., Matias H.B. & Kwan T.S. (2002). Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquaculture Research*. 33: 269-278.
- Zhang P., Zhang X., Li J. & Huang G. (2006). The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*. 256(1-4): 579-587.