

KHẢO NGHIỆM XÁC ĐỊNH MỘT SỐ TÍNH CHẤT VẬT LÝ NHIỆT CỦA BỘT VỎ TÔM VÀ KHẢ NĂNG THU BỤI VỎ TÔM BẰNG CYCLONE

MEASUREMENT OF SOME THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SHRIMP SHELL POWDER AND EXPERIMENTAL STUDY ON SHRIMP SHELL DUST COLLECTION CAPABILITY OF A CYCLONE

Nguyễn Đức Khuyến^{1,*}, Nguyễn Huy Bích¹,
Đặng Vinh Quang¹, Nguyễn Văn Công Chính¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.057>

TÓM TẮT

Bụi vỏ tôm sinh ra trong quá trình đập vỏ tôm tại các cơ sở chế biến tôm khô tại tỉnh Trà Vinh gây ô nhiễm môi trường và cần phải được xử lý thu gom. Trong nghiên cứu này, một vài thông số nhiệt vật lý của bột vỏ tôm có ảnh hưởng đến việc tính toán và khả năng làm việc của thiết bị lắng bụi đã được xác định. Bột vỏ tôm có độ ẩm trung bình là 13%, khối lượng riêng trung bình là 1100kg/m³ và 89% bột vỏ tôm có kích thước nằm trong khoảng 37 - 125μm. Một hệ thống lắng bụi bằng cyclone đã được thiết kế và chế tạo để khảo nghiệm nhằm xác định khả năng thu bụi vỏ tôm. Kết quả cho thấy ứng với lượng bụi phát sinh của từ 1 đến 3 máy đập vỏ tôm (23 - 69g/mê) và vận tốc gió vào nằm trong khoảng từ 15,56 - 21,11m/s thì cyclone hoàn toàn có thể thu được bụi tôm với hiệu suất từ 93,5 - 97,4%. Để tiết kiệm năng lượng cho hệ thống thu bụi, vận tốc dòng khí vào cyclone nên nằm trong khoảng từ 17 - 19m/s. Ở mức vận tốc này thì hiệu suất lắng sẽ cao (trên 94,6%) mà tổn thất áp suất qua cyclone cũng ở mức vừa phải (1178 - 1330Pa).

Từ khóa: Bột vỏ tôm; cyclone thu bụi; hiệu suất lắng; tổn thất áp suất.

ABSTRACT

Shrimp shell dust generated from peeling machine at dried shrimp processing facilities in Tra Vinh province causes environmental pollution. The dust needs to be treated by filtration. In this study, some thermophysical properties of shrimp shell dust that affect the calculation and the performance of the dust collection equipment were determined. Shrimp shell powder has an average moisture content of 13%, an average density of 1100kg/m³, and over 89% of the powder has sizes between 37μm and 125μm. A cyclone has been designed and fabricated to investigate the ability of shrimp shell dust collection. The results show that for the amount of dust generated by 1 - 3 shrimp shell crushers (23 - 69g/batch) and the wind speed in the range from 15.56 - 21.11m/s, the cyclone can completely Shrimp dust can be obtained with the yield from 93.5 to 97.4%. To save energy for the dust collection system, the air flow velocity into the cyclone should be between 17 - 19m/s. At this velocity, the settling efficiency will be between 94.6% - 96.7% and the pressure loss will be between 1178 - 1330Pa.

Keywords: Collection efficiency; cyclone separator; pressure drop; shrimp shell powder.

¹Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

*Email: khuyenguyen@hcmuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 24/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

DANH MỤC KÝ HIỆU

A: Diện tích tiết diện dòng chảy tại tấm Orifice (m²)

A_i: Diện tích tiết diện ống khí vào cyclone (m²)

C_r: Hệ số lưu lượng

D: Đường kính của cyclone (m)

D_o: Đường kính ống thoát của cyclone (m)

Eu: Số Euler

m: Khối lượng mẫu bột vỏ tôm (kg)

Q: Lưu lượng khí vào cyclone (m³/s)

v_c: Vận tốc của khí trong cyclone (m/s),
 $v_c = 4Q / \pi D_c^2$

V_b: Thể tích mẫu khối bột vỏ tôm (m³)

w: Ẩm độ của vỏ tôm (%)

ΔP: Độ chênh áp/tổn thất áp suất (Pa)

η: Hiệu suất lắng bụi của cyclone (%)

ρ: Khối lượng riêng bột vỏ tôm (kg/m³)

ρ_g: Khối lượng riêng của không khí (kg/m³)

ξ_c: Hệ số ma sát

1. GIỚI THIỆU

Theo số liệu của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn năm 2022 [1], diện tích nuôi tôm nước lợ của Việt Nam đạt 737 ngàn ha với sản lượng đạt 745 ngàn tấn. Trong đó, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) chiếm khoảng 90% diện tích nuôi tôm và chiếm khoảng 80% về sản lượng nuôi tôm của cả nước. Tôm được tiêu thụ trên thị trường ở dạng tươi sống, đông lạnh hoặc dạng tôm khô. Theo kết quả khảo sát tại một số cơ sở chế biến tôm khô ở tỉnh Trà Vinh, tôm khô được sản xuất theo quy trình:

Tôm nguyên liệu → Làm sạch → Luộc → Làm khô → Bóc vỏ → Phân loại và bảo quản. Tùy theo quy mô sản xuất của từng cơ sở mà từng công đoạn được trang bị các máy móc, thiết bị khác nhau. Tôm nguyên liệu được lựa chọn là tôm tươi, không bị dập nát được làm sạch tạp chất và đem đi luộc. Trong quá trình luộc, tùy theo kinh nghiệm của mình mà mỗi cơ sở chế biến sẽ cho một lượng muối vào nước luộc khác nhau. Tôm được luộc chín và vớt ra, trải thành lớp mỏng để làm nguội. Sau đó tôm được làm khô đến ẩm độ khoảng 20% bằng các phương pháp như phơi nắng hoặc dùng máy sấy. Sau đó tôm được bóc vỏ, phân loại và đóng gói bảo quản. Ngoài sản phẩm chính là tôm khô thì hiện nay bột vỏ tôm trong quá trình chế biến này cũng là nguồn nguyên liệu được sử dụng để làm phụ phẩm trong thực phẩm, trong chăn nuôi hoặc sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất các chất như protein, chitin và astaxanthin để ứng dụng trong y tế, xử lý môi trường,... [2].

Theo thông tin khảo sát, ở khâu bóc vỏ tôm thì đa phần các cơ sở chế biến tôm khô tại tỉnh Trà Vinh đều sử dụng máy bóc (đập) vỏ tôm. Bộ phận chính của máy là thùng quay hình trụ có đường kính 0,4m, chiều dài 1,0m, vách thùng làm bằng lưới inox Ø1,5mm, bên trong thùng quay là hệ thống búa đập cố định. Năng suất mỗi máy đập là 20kg/mẻ với thời gian đập là 20 phút. Do máy có cấu tạo thùng quay và bóc vỏ tôm dạng va đập cho nên trong quá trình hoạt động, lượng bột vỏ tôm có kích thước nhỏ hơn lỗ lưới sẽ văng ra khỏi máy tạo thành bụi gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến sức khỏe của con người. Hiện nay để khắc phục tình trạng trên thì các cơ sở sản chế biến tôm phải đặt các máy đập vỏ tôm trong một phòng riêng (xưởng bóc vỏ tôm) để tránh ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Tuy nhiên đây chỉ là biện pháp giải quyết tình huống tạm thời vì trong quá trình bóc vỏ tôm thì vẫn cần công nhân vào trong phòng bóc vỏ tôm để theo dõi máy và luân phiên lấy tôm đã được bóc vỏ ra khỏi máy khi kết thúc quá trình bóc vỏ, cũng như đưa tôm nguyên liệu vào máy để bóc vỏ cho mẻ mới. Ngoài ra, theo quan sát thì tuy các máy bóc tôm được đặt trong phòng riêng nhưng vẫn còn một lượng bụi tôm thoát ra ngoài gây ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Do đó, rất cần thiết trang bị cho công đoạn đập vỏ tôm một hệ thống thu hồi bụi để giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường, đảm bảo sức khỏe người lao động.

Hiện nay, có nhiều thiết bị lọc bụi với các cơ chế lọc bụi khác nhau như thiết bị lọc theo cơ chế trọng lực, thiết bị lọc theo cơ chế quán tính/ly tâm, thiết bị lọc bụi tĩnh điện, thiết bị lọc bụi bằng phương pháp ướt [3]. Mỗi phương pháp lọc bụi đều có ưu nhược điểm và phù hợp cho từng đối tượng bụi khác nhau. Cyclone là thiết bị lọc bụi ly tâm, được coi là một trong những loại thiết bị thu bụi đơn giản nhất và rẻ nhất. Đây là thiết bị không có bộ phận chuyển động, có kích thước nhỏ gọn, cấu tạo đơn giản, chi phí bảo trì bảo dưỡng thấp, độ bền cao, làm việc được trong môi trường nhiệt độ cao, và nguy cơ cháy nổ thấp [5]. Để hiệu quả làm việc của cyclone được tốt thì vận tốc của dòng khí vào cyclone thường nằm trong khoảng từ 6 - 25m/s [6]. Nhược điểm của cyclone là tổn thất áp suất trong cyclone tương đối cao, hiệu quả xử lý giảm

khi kích thước hạt bụi nhỏ hơn 5µm, không thể thu hồi bụi kết dính [3, 6]. Do chi phí bảo trì thấp và có kết cấu chắc chắn nên cyclone đã được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực lọc dầu, công nghiệp chế biến, hóa khí,... [5].

Hiệu quả hoạt động của cyclone phụ thuộc vào các nhiều thông số khác nhau như kích thước thiết kế, kích thước hạt bụi, mật độ bụi, tính chất và vận tốc của hỗn hợp khí vào cyclone [5]. Hai thông số chính thường được sử dụng để đánh giá hiệu quả hoạt động của cyclone là hiệu suất thu hồi và tổn thất áp suất của dòng khí qua cyclone. Hai thông số này thường phụ thuộc vào nhau: hiệu suất thu hồi tăng khi tổn thất áp suất trong cyclone tăng lên [5]. Tổn thất áp suất trong cyclone gồm hai phần chính là tổn thất cục bộ, gây ra do dòng khí di chuyển qua miệng vào cyclone (mở rộng đột ngột) hoặc đi vào ống thoát khí sạch (thu hẹp đột ngột), và tổn thất do ma sát của hỗn hợp dòng khí - bụi với thành của cyclone [7]. Tổn thất áp suất còn phụ thuộc vào nhiệt độ của dòng khí cũng như mật độ bụi [6]. Cho đến nay, đã có nhiều tác giả đề xuất được các phương trình để tính toán tổn áp trong cyclone [6-8]

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định một số tính chất nhiệt vật lý của bụi vỏ tôm để làm cơ sở tính toán thiết kế các hệ thống thu bụi. Bên cạnh đó, tiến hành khảo nghiệm để xác định khả năng thu bụi vỏ tôm của cyclone, đây là cơ sở để tính toán thiết kế hệ thống thu bụi vỏ tôm trong thực tế.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu dùng trong thực nghiệm là bột vỏ tôm thu thập trong các xưởng đập vỏ tôm tại một số cơ sở sản xuất tôm khô tại huyện Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh: Cơ sở Sản xuất tôm khô Tiến Hải, Cơ sở Sản xuất tôm khô Sáu Yến, Cơ sở Sản xuất tôm khô Tám Bến, và một hộ gia đình sản xuất tôm khô nhỏ lẻ. Theo khảo sát thì loại tôm được sử dụng để làm tôm khô tại các cơ sở này thường gồm ba loại là tôm đất, tôm bạc và tôm thẻ.

2.2. Phương pháp và thiết bị xác định ẩm độ

Ẩm độ của bột vỏ tôm được xác định bằng phương pháp tủ sấy: Cân một lượng mẫu bột vỏ tôm (m_1) và đưa vào tủ sấy mẫu để sấy ở nhiệt độ 105°C. Sau mỗi 5 giờ, mẫu bột vỏ tôm sẽ được lấy ra cân lại. Quá trình sấy mẫu sẽ kết thúc nếu 2 lần cân liên tiếp mà khối lượng mẫu không đổi, khi đó sẽ xác định được khối lượng chất khô của vỏ tôm m_2 . Ẩm độ của vỏ tôm được tính bằng công thức (1) [9].

$$w_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Trong nghiên cứu này tủ sấy mẫu BINDER E28 với phạm vi nhiệt độ từ 60 - 230°C được sử dụng để sấy mẫu bột vỏ tôm. Cân điện tử TDP-A300, với khoảng đo từ 0 - 300g và sai số ±0,01g, được sử dụng để xác định khối lượng mẫu.

2.3. Phương pháp và thiết bị xác định khối lượng riêng của bột vỏ tôm

Khối lượng riêng là khối lượng của một đơn vị thể tích vật liệu ở trạng thái hoàn toàn đặc. Trong nghiên cứu này, khối

lượng riêng của bột vỏ tôm được xác định bằng cách đo khối lượng (m) của một khối bột vỏ tôm được nén với áp lực cao cho đến khi thể tích của khối bột không thay đổi (V_b). Khối lượng riêng của bột vỏ tôm được tính theo công thức [9]:

$$\rho_b = m / V_b \tag{2}$$

Máy ép thủy lực Shinagawa với lực ép 23 tấn được sử dụng để nén bột vỏ tôm thành khối. Bột vỏ tôm được cho vào khuôn ép có kích thước dài x rộng x cao = 30 x 20 x 20 (mm). Đưa khuôn ép vào máy và tiến hành ép bột vỏ tôm, tiến hành ép nhiều lần cho đến khi đầu ép không di chuyển xuống được nữa (thể tích khối bột vỏ tôm không thay đổi). Lấy khối bột vỏ tôm ra khỏi khuôn ép để xác định thể tích và khối lượng. Thước kẹp 125MEA-12 với khoảng đo 0 - 150mm, độ chia nhỏ nhất 0,02mm được sử dụng để đo kích thước khối bột vỏ tôm. Cân điện tử TDP-A300 được sử dụng để xác định khối lượng mẫu.

2.4. Phương pháp xác định kích thước của bột vỏ tôm

Kích thước của bột vỏ tôm được xác định bằng phương pháp phân tích cỡ hạt bằng sàng. Sàng rung JISICO J-PVS được sử dụng trong thí nghiệm với các cỡ lưới là: Mesh 400 (lỗ sàng 37µm), Mesh 325 (lỗ sàng 44µm), Mesh 200 (lỗ sàng 74µm), Mesh 140 (lỗ sàng 105µm), Mesh 120 (lỗ sàng 125µm), Mesh 100 (lỗ sàng 149µm) trong bộ rây JISICO. Bột vỏ tôm có khối lượng m đã được sấy ở 110°C trong 1 giờ được đổ lên lớp sàng trên cùng, sau đó cho máy sàng hoạt động trong thời gian 15 phút. Sau khi sàng, khối lượng của bột vỏ tôm trên từng lớp sàng sẽ được xác định bằng cân điện tử TDP-A300 để tính thành phần cỡ hạt.

2.5. Phương pháp xác định hiệu suất lắng của cyclone

Hiệu suất lắng bụi của cyclone được định nghĩa là tỉ lệ giữa lượng bụi thu được tại miệng ra bụi của cyclone (m_o) với lượng bụi chứa trong hỗn hợp khí - bụi khi vào cyclone (m_i) trong một khoảng thời gian làm việc, công thức (3) [6]. Cân điện tử TDP-A300 được sử dụng để xác định m_o và m_i .

$$\eta = \frac{m_o}{m_i} \times 100\% \tag{3}$$

2.6. Phương pháp xác định lưu lượng khí vào cyclone

Lưu lượng khí vào cyclone được xác định theo phương pháp đo độ chênh áp qua tấm Orifice và được tính theo công thức:

$$Q = C_f A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_g}} \tag{4}$$

Ổng Orifice và áp kế chữ U được chế tạo tại Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM đã được sử dụng để đo chênh lệch áp suất tĩnh hai bên tấm orifice để từ đó tính lưu lượng khí vào cyclone.

2.7. Phương pháp xác định tổn thất áp suất của dòng khí qua cyclone

Tổn thất áp suất qua cyclone được tính theo công thức (5) [8, 10]:

$$\Delta P_c = Eu \frac{\rho_g v_c^2}{2} ; Eu = \xi_c \frac{\pi^2 D^2}{16A_i^2} ; \xi_c = \frac{16A_i}{D_o^2} \tag{5}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo nghiệm xác định một số thông số cơ lý của bột vỏ tôm

Hiệu suất lắng và tổn thất áp suất trong cyclone phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Ngoài yếu tố về cấu tạo hình học của cyclone, thì các yếu tố về tính chất của dòng khí-bụi như vận tốc, nhiệt độ của hỗn hợp khí vào, mật độ bụi, kích thước hạt bụi,... cũng ảnh hưởng rất lớn đến khả năng làm việc của cyclone [11]. Do đó, để có cơ sở tính toán thiết kế hệ thống thu hồi bụi bằng cyclone thì cần phải xác định các thông số cơ lý của bụi vỏ tôm như ẩm độ, kích thước cỡ hạt và khối lượng riêng của bụi.

3.1.1. Kết quả xác định ẩm độ của bột vỏ tôm

Ẩm độ của bột vỏ tôm có ảnh hưởng đến khối lượng riêng, độ kết dính của bột và do đó làm ảnh hưởng đến hiệu suất lắng và trở lực của thiết bị lắng. Kết quả thực nghiệm cho thấy ẩm độ của bột vỏ tôm của các mẫu không có sự sai lệch nhiều, dao động từ 12,91% đến 13,23%. Kết quả này là hợp lý vì trong quy trình chế biến tôm khô của các cơ sở sản xuất, sau khi luộc chín thì tôm sẽ được phơi khô tới một ẩm độ nhất định trước khi được đưa đi bóc vỏ. Các cơ sở sản xuất hiện nay đều phơi khô theo kinh nghiệm nên độ khô của tôm sau khi phơi là có sự khác nhau nhưng độ chênh lệch không lớn. Theo kết quả thì độ ẩm của bột vỏ tôm có thể lấy giá trị trung bình là 13%.

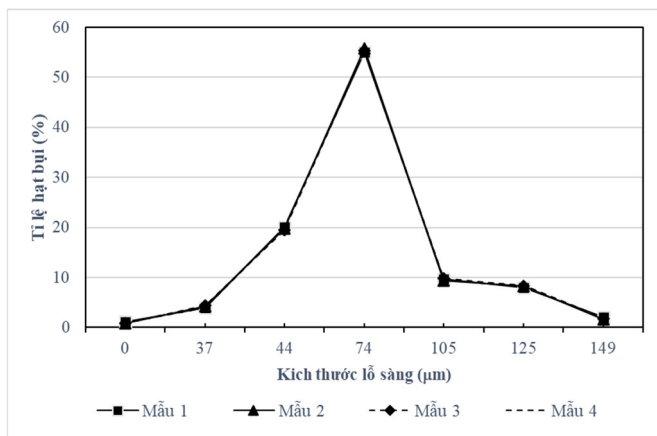
3.1.2. Kết quả xác định khối lượng riêng của bột vỏ tôm

Khối lượng riêng của vật liệu cần lắng là một trong những thông số ảnh hưởng trực tiếp đến trở lực và hiệu suất lắng của cyclone. Khi khối lượng riêng của bụi càng lớn thì lực ly tâm tác dụng lên hạt bụi trong cyclone càng lớn và do đó làm cho trở lực và hiệu suất lắng của cyclone tăng lên [12]. Trong nghiên cứu này, bột vỏ tôm được nén trong khuôn ép có kích thước $D \times R = 30 \times 20 \text{mm}$ với lực ép 23 tấn cho đến khi chiều cao của khối bột không thay đổi. Sau đó, khối lượng và chiều cao của khối bột tôm được đo để tính toán khối lượng riêng theo công thức (2).

Kết quả cho thấy bột vỏ tôm có khối lượng riêng nằm trong khoảng từ 1,09 đến 1,11g/cm³. Như vậy, với ẩm độ trung bình là 13% thì khối lượng riêng trung bình của bột vỏ tôm là 1,1g/cm³.

3.1.3. Kết quả xác định thành phần kích thước của bột vỏ tôm

Kết quả phân tích thành phần kích thước của bột vỏ tôm (hình 1) cho thấy, phần lớn bột vỏ tôm có kích thước nằm trong khoảng từ trên 37µm đến dưới 125µm, chiếm tỉ lệ 89%. Trong đó, 55,35% bột vỏ tôm có kích thước nằm trong khoảng 74 - 105µm. Lượng bột có kích thước lớn hơn 149µm chỉ chiếm 1,83%, và lượng bột có kích thước nhỏ hơn 37µm chiếm tỉ lệ khoảng 1%. Kết quả cũng cho thấy không có sự khác biệt lớn về sự phân bố kích thước bột vỏ tôm được lấy từ các cơ sở sản xuất khác nhau. Điều này là do các cơ sở sản xuất tôm khô ở Trà Vinh đều sử dụng máy bóc (đập) vỏ tôm với nguyên lý cấu tạo và hoạt động giống nhau. Do đó khả năng bóc vỏ tôm cũng như lượng bụi sinh ra của máy là tương đối giống nhau.



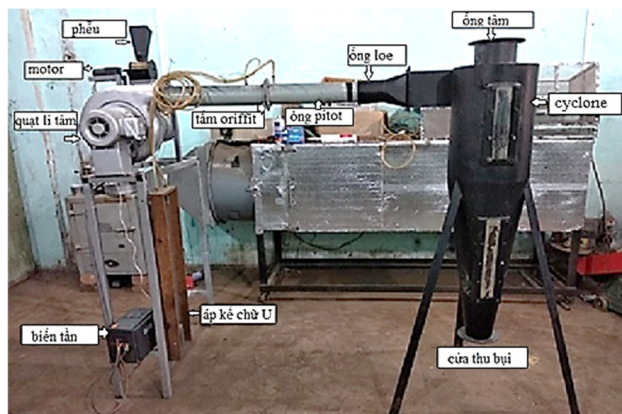
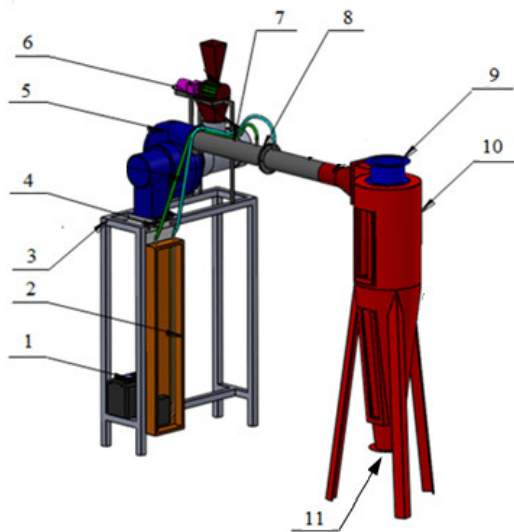
Hình 1. Tỷ lệ kích thước bột vỏ tôm

3.2. Thiết kế và chế tạo mô hình hệ thống khảo nghiệm cyclone thu bột vỏ tôm

Để khảo nghiệm xác định khả năng thu bột vỏ tôm của cyclone cũng như xác định sự phụ thuộc hiệu suất lắng và trở lực của cyclone theo lưu lượng/vận tốc khí và nồng độ bụi vào cyclone, một mô hình hệ thống thu bụi bằng cyclone được thiết kế và chế tạo như hình 2.

Biến tần (1) dùng điều khiển tốc độ quay của quạt ly tâm (5) nhằm điều chỉnh lưu lượng/vận tốc gió vào cyclone; bộ phận tạo bụi (6) bao gồm một phễu chứa bụi và một van cánh bướm; thiết bị đo lưu lượng khí bao gồm ống dẫn khí (7), tấm orifice (8), áp kế chữ U (2), và ống nối (4); cyclone (10) được thiết kế để thu bột vỏ tôm.

Khi hệ thống hoạt động, quạt (5) sẽ cung cấp một lượng không khí với lưu lượng phù hợp cho cyclone (10). Hệ thống tạo bụi (6) sẽ định lượng bụi tôm để cung cấp cho dòng khí từ quạt (5) nhằm tạo ra hỗn hợp khí - bụi với nồng độ phù hợp. Lượng bụi tôm được định lượng bằng việc điều chỉnh số vòng quay của van cánh bướm, van này được dẫn động bằng một động cơ 30W có thể điều chỉnh tốc độ quay thông qua một biến trở. Hỗn hợp khí - bụi này sẽ đi qua ống dẫn khí (7) và đi vào cyclone để lắng bụi. Bụi được lắng sẽ thu gom tại cửa ra (11), khí sạch sẽ theo ống (9) đi ra ngoài.



Hình 2. Mô hình thực nghiệm xác định hiệu suất lắng của cyclone

1. Biến tần; 2. Áp kế chữ U; 3. Giá đỡ; 4. Ống nối; 5. Quạt ly tâm; 6. Bộ phận cung cấp bụi tôm; 7. Ống dẫn khí; 8. Tấm orifice; 9. Cửa thoát khí sạch; 10. Thân cyclone; 11. Cửa thu bụi.

Cyclone 10 được thiết kế với các thông số đầu vào là các số liệu thực nghiệm về tính chất cơ lý của bột vỏ tôm và các thông số dựa vào điều kiện thực tế tại xưởng bóc vỏ tôm tại cơ sở sản xuất tôm khô Tiến Hải: Khối lượng riêng của bụi vỏ tôm là 1100kg/m^3 ; Khối lượng riêng của không khí là $1,165\text{kg/m}^3$ [9]; Độ nhớt động lực học của không khí là $25,1 \cdot 10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{s}$ [4]; Lưu lượng khí cần làm sạch là $0,16\text{m}^3/\text{s}$; Vận tốc trung bình dòng khí qua mặt cắt ngang của cyclone là $2,3\text{m/s}$ [6]. Dựa vào các thông số này, một cyclone Stairmand C.J loại hiệu quả lọc cao đã được thiết kế với đường kính cyclone $D = 300\text{mm}$, chiều cao thân hình trụ = $1,5D$, kích thước ống dẫn vào cao x rộng = $0,5D \times 0,2D$, chiều cao thân hình nón = $2,5D$, đường kính cửa ra bụi = $0,375D$, đường kính ống thoát khí sạch = $0,5D$ [6]. Dựa trên các thông số tính toán của cyclone, quạt ly tâm (5) đã được tính toán và lựa chọn để cung cấp khí với lưu lượng và cột áp phù hợp cho hệ thống khảo nghiệm là quạt VIHEM P7/340/90 của Công ty Cổ phần chế tạo Máy điện Việt Nam - Hungari với công suất $P = 0,55\text{kW}$; vận tốc $n = 2850\text{rpm}$; lưu lượng gió $Q = 400 - 700\text{m}^3/\text{h}$; áp suất tĩnh $\Delta P_q = 1100 - 1900\text{Pa}$.

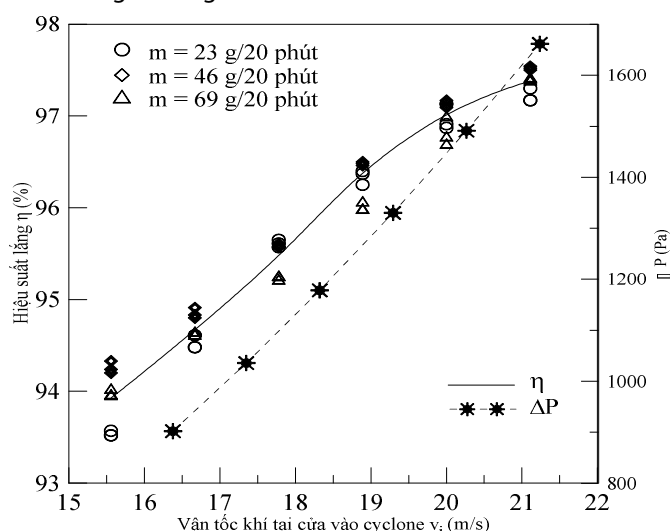
3.3. Khảo nghiệm hệ thống thu bụi tôm bằng cyclone

Trên mô hình cyclone đã được thiết kế và chế tạo, tiến hành khảo nghiệm để xác định hiệu suất lắng bụi bột tôm. Vật liệu dùng trong khảo nghiệm là bụi vỏ tôm khô thu được từ một số cơ sở sản xuất tôm khô tại huyện Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh có các tính chất như đã trình bày trong mục 3.1. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng làm việc của cyclone, trong nghiên cứu này, hai thông số là nồng độ bụi và vận tốc khí tại cửa vào cyclone được chọn để khảo sát sự ảnh hưởng của chúng đến khả năng làm việc của cyclone.

Theo khảo sát tại các xưởng bóc vỏ tôm thì thời gian để bóc vỏ tôm cho mỗi mẻ là 20 phút. Trong thời gian này, mỗi máy bóc vỏ tôm sẽ phát sinh một lượng bụi tôm vào không khí là khoảng 23g (không tính lượng bột tôm rơi trực tiếp xuống nền nhà). Tùy vào số lượng máy bóc vỏ hoạt động mà lượng bụi phát sinh sẽ khác nhau. Trong xưởng bóc vỏ tôm của cơ sở sản xuất tôm Tiến Hải trang bị 03 máy bóc vỏ tôm. Do đó trong nghiên cứu này nồng độ bụi của khí vào cyclone

được khảo nghiệm tại các mức tương ứng với lượng bụi phát sinh của 1, 2 và 3 máy đập vỏ tôm hoạt động trong 1 mẻ: 23g/20 phút, 46g/20 phút và 69g/20 phút. Vận tốc khí vào cyclone được khảo nghiệm ở 6 mức khác nhau thông qua việc điều chỉnh lưu lượng khí vào cyclone ở 6 mức 0,14m³/s; 0,15m³/s; 0,16m³/s; 0,17m³/s; 0,18m³/s, và 0,19m³/s, tương ứng với vận tốc gió của vào cyclone là 15,56m/s; 16,67m/s; 17,78m/s; 18,89m/s; 20m/s; và 21,11m/s. Giới hạn này nằm trong khoảng từ 6 - 25m/s nhằm đảm bảo khả năng làm việc tối ưu của cyclone [6]. Các khảo nghiệm được thực hiện với 3 lần lặp lại.

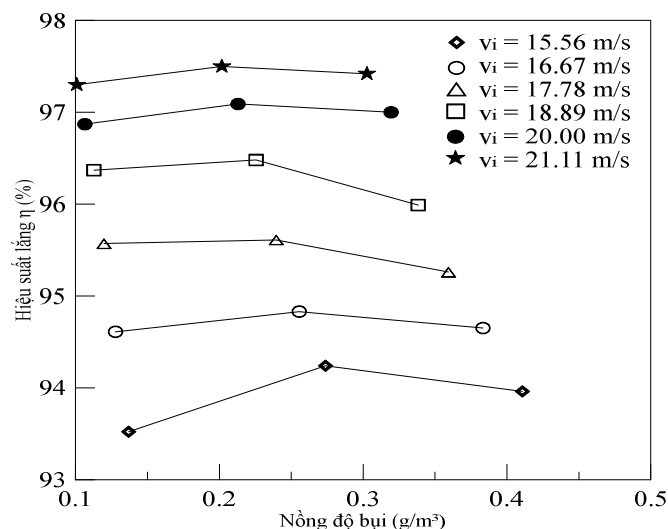
Kết quả khảo nghiệm (hình 3) cho thấy khi vận tốc khí vào cyclone tăng thì hiệu suất lắng cũng tăng theo, hiệu suất lắng tăng từ 93,5% ở mức vận tốc 15,5m/s lên 97,4% khi vận tốc tăng lên 21,11m/s. Điều này là do khi vận tốc tăng lên thì lực ly tâm của dòng khí khi chuyển động xoáy trong cyclone sẽ tăng lên, các hạt bụi sẽ ma sát với thành cyclone nhiều hơn và mất động năng dẫn đến lượng bụi thu được sẽ tăng. Ở mức vận tốc nhỏ hơn 19m/s thì tốc độ tăng của hiệu suất sẽ lớn dần khi vận tốc tăng (từ 0,8% lên 1,0%). Tuy nhiên tốc độ tăng của hiệu suất thu bụi giảm nhanh khi vận tốc lớn hơn 19m/s (từ 1,0% xuống còn 0,66% và 0,38% khi vận tốc tăng từ 19m/s lên 20m/s và 21,11m/s). Kết quả cũng cho thấy, theo tính toán lý thuyết thì tổn áp sẽ tăng lên rất nhanh khi vận tốc khí vào cyclone tăng, từ 902Pa lên 1661Pa khi vận tốc tăng từ 15,56m/s lên 21,11m/s. Đây chính là lý do cần cân nhắc khi lựa chọn chế độ làm việc của cyclone để làm sao cho vừa đạt hiệu suất lắng cao lại vừa có tổn áp thấp nhằm tiết kiệm năng lượng cho hệ thống. Theo kết quả này thì khi vận hành hệ thống cyclone thu bụi tôm, vận tốc dòng khí vào nên ở mức từ 17 - 19m/s, ở mức vận tốc này hiệu suất lắng sẽ nằm trong khoảng từ 94,6 - 96,7% và tổn thất áp suất nằm trong khoảng từ 1178 - 1330 Pa.



Hình 3. Hiệu suất và tổn áp của cyclone

Hình 4 trình bày kết quả về hiệu suất lắng của cyclone theo nồng độ bụi tương ứng với mức phát thải bụi của từ 1 đến 3 máy đập vỏ tôm. Kết quả cho thấy khi vận tốc gió vào tăng lên thì hiệu suất thu bụi sẽ tăng; ở cùng mức vận tốc gió vào thì khi nồng độ bụi thay đổi sẽ làm cho hiệu suất thu

bụi thay đổi, tuy nhiên sự thay đổi là không đáng kể (nhỏ hơn 1%). Điều này cho thấy, trong phạm vi khảo nghiệm với mức phát thải bụi thì hiệu suất thu bụi của cyclone không có sự thay đổi đáng kể. Do đó, việc thiết kế cyclone thu bụi cho xưởng bóc vỏ tôm có thể sử dụng giá trị nồng độ bụi của phát sinh trung bình của 3 máy đập vỏ tôm cùng hoạt động mà không làm ảnh hưởng nhiều đến hiệu suất lắng của cyclone.



Hình 4. Hiệu suất của cyclone theo nồng độ bụi

4. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm đo lường một vài thông số nhiệt vật lý của bột vỏ tôm cho thấy các mẫu bột vỏ tôm được lấy từ một số cơ sở sản xuất tôm tại tỉnh Trà Vinh có độ ẩm trung bình là 13%, khối lượng riêng trung bình là 1100kg/m³, 89% bột vỏ tôm có kích thước nằm trong khoảng từ trên 37μm đến dưới 125μm.

Kết quả khảo nghiệm khả năng thu bụi bột vỏ tôm bằng cyclone cho thấy hiệu suất lắng và tổn thất áp suất qua cyclone tăng khi vận tốc khí vào cyclone tăng. Bên cạnh đó, trong khoảng thí nghiệm của nghiên cứu này thì hiệu suất lắng phụ thuộc rất ít vào nồng độ bụi. Để cyclone làm việc vừa đạt hiệu suất lắng cao lại vừa có tổn áp thấp thì vận tốc dòng khí vào cyclone nên ở mức từ 17 - 19m/s, khi đó hiệu suất lắng bụi sẽ đạt từ 94,6 - 96,7% và tổn thất áp suất nằm trong khoảng từ 1178 - 1330Pa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://dangcongsan.vn/kinh-te/mot-nam-thang-loi-cua-nganh-thuy-san-630072.html>
- [2]. Nirmal N.P., Santivarangkna C., Rajput M.S., Benjakul S., "Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective," *Trends in Food Science & Technology*, 103, 20-35, 2020.
- [3]. Tran Ngoc Chan, *O nhiễm không khí và xử lý khí thải - tập 2*. Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2001.
- [4]. Tran Ngoc Chan, *Kỹ thuật thông gió*. Construction Publishing House, Hanoi, 1998.

- [5]. Rajdeep S., Jinho O., Mirae K., Jung E.L., Seungho K., Kyung C.K., "The effect of inlet velocity, gas temperature and particle size on the performance of double cyclone separator," *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 191, 109469, 2023.
- [6]. Selami D., "A practical model for estimating pressure drop in cyclone separators: An experimental study," *Powder Technology*, 268, 329-338, 2014.
- [7]. Chen J.Y., Shi M.X., "A universal model to calculate cyclone pressure drop," *Powder Technology*, 171 (3), 184-191, 2007.
- [8]. Raf D., Jan B., Bart C., "CFB cyclones at high temperature: Operational results and design assessment," *Particuology*, 6 (3), 149-156, 2008.
- [9]. Tran Van Phu, *Tính toán và thiết kế hệ thống say*. Vietnam Education Publishing House, Hanoi, 2001.
- [10]. Svarovsky L., *Solid-gas separation*. In D. Geldart (Ed.), Gas fluidization technology. New York: John Wiley and Sons Ltd., 1986.
- [11]. Lin L., Dou H.S., Chen X.P., "Effect of particle diameter and injection position on the separation performance of cyclone separators," *The Journal of Computational Multiphase Flows*, 8 (1), 40-47, 2018.
- [12]. Li E., Wang Y., "A New Collection Theory of Cyclone Separators," *AIChE Journal*, 35, 666-669, 1989.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Duc Khuyen, Nguyen Huy Bich, Dang Vinh Quang,
Nguyen Van Cong Chinh**

Nong Lam University, Vietnam