



p-ISSN 1859-4794 * e-ISSN 2615-9929

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

B

Tập 64 - Số 10ĐB - Tháng 10 năm 2022

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Châu Văn Minh - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trương Nam Hải - Viện Công nghệ Sinh học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Trần Thanh Hải - Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục, Đại học Quốc gia Hà Nội
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Lê Quan Nghiêm - Trường Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trần Hữu Phúc - Hội đồng GS Nhà nước
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hương Giang

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ

Vũ Văn Hưng

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Chau Van Minh - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology
Tran Tho Dat - National Economics University
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology, VNU, Hanoi
Vu Minh Giang - VNU, Hanoi
Truong Nam Hai - Institute of Biotechnology, Vietnam Academy of Science and Technology
Tran Thanh Hai - Hanoi University of Mining and Geology
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Dac Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, VNU, Hanoi
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City
Mai Trong Nhuan - VNU, Hanoi
Tran Huu Phuc - The State Council for Professorship
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology, VNU, Hanoi
Pham Hung Viet - University of Science, VNU, Hanoi

EDITOR-IN-CHIEF

Nguyen Thi Huong Giang

DEPUTY EDITOR

Nguyen Thi Hai Hang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

HEAD OF E-JOURNAL BOARD

Vu Van Hung

HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

ART DIRECTOR

Đinh Thị Luận

TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khoahocvacongnghevietnam@most.gov.vn
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khoahocvacongnghevietnam@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 459/GP-BTTTT ngày 20/7/2021

Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No. 459/GP-BTTTT 20th July 2021

LỜI NÓI ĐẦU

Trải qua quá trình hình thành và phát triển từ năm 1984 đến nay, Viện Ứng dụng Công nghệ (tiền thân là Viện Nghiên cứu Công nghệ Quốc gia) thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ đã có nhiều đóng góp tích cực trong nghiên cứu, chuyển giao, ứng dụng các công nghệ mới, công nghệ tiên tiến vào phục vụ an ninh - quốc phòng và phát triển kinh tế - xã hội. Các lĩnh vực như: laser, vi điện tử, quang điện tử, công nghệ sinh học, công nghệ vật liệu... đã được các thế hệ cán bộ, viên chức và người lao động thuộc Viện tâm huyết xây dựng, khẳng định được vị trí và uy tín trong nền khoa học của nước nhà.



Những năm gần đây, tác động của đại dịch Covid-19 cùng với việc đang từng bước thích ứng với cơ chế hoạt động tự chủ là những yếu tố gây ảnh hưởng không nhỏ đến các hoạt động nghiên cứu, chuyển giao công nghệ của Viện. Mặc dù vậy, với truyền thống kiên cường, đoàn kết, sáng tạo và sự ủng hộ to lớn của các thế hệ đi trước, thế hệ hôm nay đã và đang nỗ lực vượt qua khó khăn, từng bước tiếp tục khẳng định vai trò, vị trí của Viện thông qua nghiên cứu, chuyển giao, triển khai ứng dụng công nghệ vào thực tiễn.

Nhân dịp kỷ niệm 38 năm thành lập, tập thể cán bộ, viên chức của Viện xin được chia sẻ và giới thiệu một số kết quả nghiên cứu gần đây tới quý vị độc giả. Chúng tôi hy vọng, những chia sẻ này sẽ được đón nhận và tiếp tục nhận được các ý kiến góp ý để các nghiên cứu đang triển khai được hoàn thiện hơn. Qua đây, chúng tôi xin được gửi lời cảm ơn đến các nhà khoa học đã phối hợp triển khai, góp ý, phản biện cho các công trình nghiên cứu đăng tải trong tuyển tập lần này, đồng thời cũng mong muốn hợp tác sâu rộng hơn nữa trong các lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng của Viện.

Trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ, chỉ đạo của Lãnh đạo Bộ Khoa học và Công nghệ, các đơn vị quản lý và đặc biệt là sự phối hợp của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

VIỆN ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ
VIỆN TRƯỞNG



PGS.TS Nguyễn Phú Hùng

Phát hiện một số bệnh gia cầm dựa trên hình ảnh thu nhận từ camera bằng mạng nơ-ron tích chập

Đoàn Hồng Quang*, Nguyễn Huy Công, Lê Hồng Minh, Phạm Vũ Ban, Nguyễn Huy Hưng, Nguyễn Tuấn Hùng

Trung tâm Công nghệ Vi điện tử và Tin học, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 11/7/2022; ngày chuyển phản biện 14/7/2022; ngày nhận phản biện 28/7/2022; ngày chấp nhận đăng 3/8/2022

Tóm tắt:

Bài viết giới thiệu một số kết quả trong việc nghiên cứu xây dựng hệ thống tự động phát hiện sớm một số bệnh gia cầm bằng công nghệ thị giác máy sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để phân tích các hình ảnh từ camera giám sát chuồng nuôi. Hệ thống thử nghiệm sử dụng mạng nơ-ron học sâu RepVGG làm mô hình suy diễn phát hiện bệnh gia cầm. Dữ liệu để huấn luyện và đánh giá mô hình đối với 3 loại bệnh là ORT, CRD, MAREK gồm 500 ảnh cho mỗi bệnh, được thu thập từ camera giám sát chuồng nuôi và sưu tầm trên internet. Quá trình huấn luyện sử dụng 80% số ảnh mẫu, mô hình đạt sai số là 0,02 sau 5000 vòng huấn luyện. Đánh giá mô hình với 10% số mẫu còn lại đạt độ chính xác 99,94%. Trong thử nghiệm thực tế với camera giám sát chuồng nuôi (độ phân giải 1902x1080 pixels), hệ thống có thể phát hiện và phân loại đúng trên 90%, đặc biệt với bệnh có hình ảnh có nhiều đặc điểm phân biệt rõ thì độ chính xác đạt hơn 98%. Kết quả đạt được cho thấy, có thể sử dụng hệ thống để hỗ trợ cảnh báo sớm bệnh cho gia cầm nuôi. Hệ thống hoàn toàn có thể huấn luyện tiếp để phát hiện các bệnh cho gia cầm khác như: Newcastle, đậu gà (bánh trái gà), bạch lý, thương hàn...

Từ khóa: mạng nơ-ron học sâu, mạng nơ-ron tích chập, phát hiện sớm bệnh gia cầm.

Chỉ số phân loại: 1.2

Mở đầu

Ngành chăn nuôi nói chung, chăn nuôi gia cầm nói riêng ngày càng phát triển cả về số lượng và chất lượng, góp phần tạo việc làm, tăng thu nhập cho người lao động, tạo thế mạnh kinh tế của nhiều địa phương. Tuy nhiên, sự phát triển về số lượng của chăn nuôi gia cầm hiện nay cũng gặp nhiều khó khăn trong quá trình chăm sóc, phòng bệnh, chữa bệnh, đặc biệt là phát hiện bệnh để điều trị kịp thời còn rất khó khăn.

Hiện nay, nhiều trại chăn nuôi, hộ chăn nuôi quy mô vừa và nhỏ chưa đủ nguồn lực để phát hiện sớm dịch bệnh trên đàn gia cầm, do đó dịch bệnh vẫn thường xuyên xảy ra. Dịch bệnh sẽ làm ảnh hưởng đến năng suất, chất lượng sản phẩm gia cầm, đặc biệt còn ảnh hưởng đến tính mạng người chăn nuôi và tiêu thụ sản phẩm gia cầm. Do thời tiết khắc nghiệt ở các miền trong cả nước, nóng lạnh bất thường ở miền Bắc, nắng nóng ở các tỉnh phía Nam, nguy cơ dịch bệnh trên gia cầm là rất cao. Phát hiện sớm một số bệnh trên gia cầm và thông báo kịp thời đến người chăn nuôi sẽ làm giảm nguy cơ lây nhiễm ra cả đàn, giảm nguy cơ chết, giảm chi phí điều trị, hạn chế thiệt hại kinh tế cho các hộ chăn nuôi, trại chăn nuôi.

Deep learning [1, 2] là một phương pháp của học máy, các máy tính sẽ học và cải thiện chính nó thông qua các thuật toán, nó được xây dựng dựa trên các khái niệm phức tạp, chủ yếu hoạt động với các mạng nơ-ron nhân tạo để bắt chước khả năng tư duy và suy nghĩ của bộ não con người. Các hệ thống deep learning có thể giải quyết mọi nhu cầu nhận dạng mẫu (nhận

diện hình ảnh, giọng nói, xử lý ngôn ngữ tự nhiên...) mà không cần đến sự can thiệp của con người với độ chính xác cao.

Mạng nơ-ron tích chập (Convolutional neural network - CNN) [3-5] là một trong những mô hình để nhận dạng và phân loại dựa trên quá trình phân tích hình ảnh đầu vào. Mỗi hình ảnh đầu vào sẽ được chuyển qua các lớp tích chập với các bộ lọc, được tổng hợp bởi các lớp kết nối đầy đủ và sử dụng hàm Softmax để nhận dạng, phân loại với độ chính xác cao hơn các mô hình học máy truyền thống [6-9].

Những mô hình mạng học sâu [3, 4, 10-12] hiện nay đã đạt được những thành công lớn trong lĩnh vực phân loại hình ảnh với kiến trúc gồm các lớp Conv, ReLU và Pooling. Những mô hình phức tạp này tuy mang lại độ chính xác cao nhưng cũng tồn tại một số bất lợi do sự phức tạp của thiết kế nhiều nhánh khiến cho việc xây dựng mô hình trở nên khó khăn hơn, đồng thời khiến cho việc suy luận chậm hơn và giảm sự tận dụng bộ nhớ hay một số mô hình làm tăng cost của việc truy cập bộ nhớ nên không phù hợp trên một số thiết bị. Trong khi đó, RepVGG [9] có lợi thế cấu trúc đơn giản (không có nhánh và đầu ra của lớp trước sẽ trở thành đầu vào của lớp sau), chỉ sử dụng lớp Conv3x3, lớp kích hoạt ReLU, không cần những thiết kế phức tạp như tìm kiếm tự động hay sàng lọc thủ công [3, 4].

Bài viết trình bày ứng dụng mô hình CNN - RepVGG để xây dựng hệ thống nhận dạng và tự động phát hiện một số bệnh trên gia cầm từ hình ảnh được thu nhận trực tiếp của các camera giám sát chuồng nuôi.

*Tác giả liên hệ: Email: daohaoquang@gmail.com

Identification of some avian diseases based on images obtained from a camera by convolutional neural networks

Hong Quang Doan*, Huy Cong Nguyen, Hong Minh Le, Vu Ban Pham, Huy Hung Nguyen, Tuan Hung Nguyen

Center for Microelectronics and Information Technology,
National Center for Technological Progress

Received 11 July 2022; accepted 3 August 2022

Abstract:

The research paper introduced several results achieved in the research and construction of an automatic system for early detection of various poultry diseases by computer vision technology, using artificial intelligence to analyse images from surveillance cameras. The experimental system used the deep learning neural network RepVGG as an inference model for detecting poultry diseases. Training data set and model evaluation for 3 diseases ORT, CRD, MAREK, including 500 images for each disease, were directly collected from surveillance cameras and from the internet. The training process used 80% of the sample images; the model reached an error of 0.02 after 5000 rounds of training. Evaluation of the model with the remaining 10% of samples achieved an accuracy of 99.94%. In the actual test with the surveillance camera (resolution 1902x1080 pixels), the system can detect and classify correctly diseases over 90%, especially for diseases with images involving multiple distinguishing symptoms, the accuracy was more than 98%. The obtained results showed that the system can be used to support early warning of diseases for poultry. The system can be trained to detect other poultry diseases such as Newcastle disease, fowl pox, pullorum disease, typhoid...

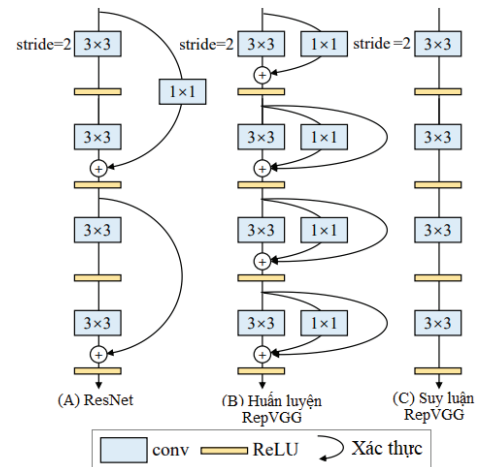
Keywords: convolutional neural network, deep learning neural network, early detection for poultry disease.

Classification number: 1.2

Mạng nơ-ron - RepVGG

Kiến trúc mạng

Hình 1 trình bày một mô hình mạng RepVGG, với kiến trúc được tách thành hai phần riêng biệt đơn nhánh khi suy luận và đa nhánh khi huấn luyện mô hình, mô hình có 5 giai đoạn. Tất cả các khối đầu tiên mỗi giai đoạn đều có stride bằng 2 để giảm số mẫu, các khối khác thì có stride bằng 1. Mô hình chỉ sử dụng tích chập có kernel 3x3 và Relu (nhánh xác thực và 1x1 chỉ dùng khi huấn luyện mô hình), loại bỏ hoàn toàn lớp Pooling trong mô hình VGG.

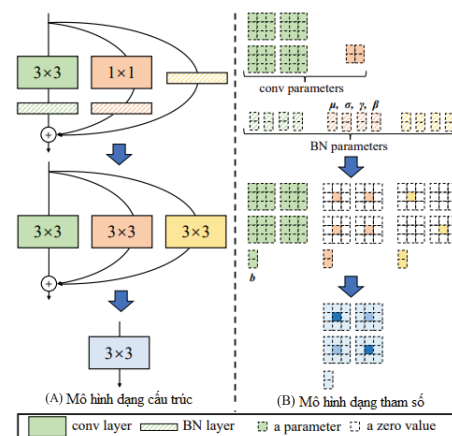


Hình 1. Mô hình mạng RepVGG. (A) Mạng ResNet; (B) Kiến trúc mạng RepVGG trong giai đoạn huấn luyện; (C) Mô tả mạng RepVGG trong giai đoạn suy luận.

Khi huấn luyện mô hình (hình 1B), đầu vào sẽ đi qua đồng thời 2 lớp Conv3x3 và Conv1x1 với stride=2 của một tiến trình; đầu ra của 2 lớp này sẽ được cộng lại với nhau và đi qua lớp kích hoạt ReLU.

Đầu ra của khối đầu tiên là đầu vào cho các khối tiếp theo, từ khối thứ 2 cấu trúc các khối trong mỗi tiến trình là giống nhau, bao gồm các nhánh: Conv3x3 với stride=1, Conv1x1 với stride=1, là một nhánh xác thực sử dụng Batch normalization (BN) - phương pháp chuẩn hóa đầu ra của mỗi lớp sau khi đi qua lớp kích hoạt. Đầu ra của các nhánh được cộng lại với nhau trước khi đưa qua 1 lớp kích hoạt ReLU.

Trong suy luận (hình 1C), cấu trúc của RepVGG có sự thay đổi, đầu ra đi qua mô hình sẽ chỉ còn đi qua các lớp Conv3x3 và hàm kích hoạt ReLU liên tiếp. Đây là điểm phức tạp khi xây dựng mô hình, vì các Conv3x3 không chỉ đơn giản là một Conv3x3 với trọng số được lấy ngẫu nhiên. Trọng số của các Conv3x3 trong suy luận là tổng các trọng số của các nhánh Conv3x3, Conv1x1 và xác thực trong huấn luyện. Phương pháp này được gọi là Re-Parameterization (hình 2).



Hình 2. Mô hình dạng cấu trúc và tham số.

Đơn nhánh và đa nhánh

Trong huấn luyện, mô hình đa nhánh thường dễ hội tụ và đạt độ chính xác cao hơn so với đơn nhánh, nhưng trong quá trình suy luận thì lại có một số nhược điểm sau: tốc độ suy luận chậm hơn so với đơn nhánh; chiếm nhiều bộ nhớ (đa nhánh không hiệu quả trong sử dụng bộ nhớ do kết quả của tất cả các nhánh phải được lưu trữ cho đến khi thực hiện ghép các nhánh đó vào lại với nhau, còn với đơn nhánh thì bộ nhớ được giải phóng ngay khi tính toán xong, do đó tối ưu được bộ nhớ hơn); trong việc thiết kế kiến trúc mô hình, cấu trúc đa nhánh thường kém linh hoạt hơn so với mô hình đơn nhánh.

Để sử dụng được ưu điểm của cả hai mô hình (đa nhánh trong quá trình huấn luyện, đơn nhánh trong quá trình suy luận) thì cần đến một kỹ thuật để chuyển đổi các tham số của mô hình này sang mô hình khác, đây là kỹ thuật chính tạo nên sự khác biệt cho mô hình Re-Parameterization.

Chuyển đa nhánh sang đơn nhánh

Huấn luyện mô hình: Một khối của mô hình RepVGG sẽ có 3 nhánh gồm các convolution có kernel 3x3, 1x1 và nhánh xác thực.

Quá trình suy luận: Một khối RepVGG chỉ có 1 convolution 3x3, tất cả sau lớp convolution 3x3, 1x1 hay xác thực thì dùng thêm lớp BN để chuyển tham số của mô hình khi huấn luyện sang suy luận [9]. BN được tính như sau:

Với $\forall 1 \leq i \leq C_2$

$$bn(M, \mu, \sigma, \gamma, \beta)_{:,i,:} = (M_{:,i,:} - \mu_i) \frac{\gamma_i}{\sigma_i} + \beta_i$$

$$\text{Đặt } W'_{:,i,:} = \frac{\gamma_i}{\sigma_i} W_{:,i,:}; b'_{:,i,:} = -\frac{\mu_i \gamma_i}{\sigma_i} + \beta_i$$

Ta có:

$$\begin{aligned} M^{(2)} &= bn(M * W, \mu, \sigma, \gamma, \beta)_{:,i,:} \\ &= (M_{:,i,:} * W_{:,i,:} - \mu_i) \frac{\gamma_i}{\sigma_i} + \beta_i \\ &= M^{(1)} * W'_{:,i,:} + b'_i \\ &= M^{(1)} * W' + b' \end{aligned}$$

Quá trình huấn luyện: Đầu ra của khối RepVGG sẽ được tính như sau:

$$M^{(2)} = bn(M^{(1)} * W^{(3)}, \mu^{(3)}, \sigma^{(3)}, \gamma^{(3)}, \beta^{(3)}) \quad (1)$$

$$+ bn(M^{(1)} * W^{(1)}, \mu^{(1)}, \sigma^{(1)}, \gamma^{(1)}, \beta^{(1)})$$

$$+ bn(M^{(1)}, \mu^{(0)}, \sigma^{(0)}, \gamma^{(0)}, \beta^{(0)}) M^{(2)}$$

$$= M(M^{(1)} * W^{(3)})_{:,i,:} + b'_i \quad (2)$$

$$+ (M^{(1)} * W^{(1)})_{:,i,:} + b'_i$$

$$\begin{aligned} &+ (M^{(1)} * W^{(0)})_{:,i,:} + b'_i \\ \Rightarrow M^{(2)} &= M^{(1)} * (W^{(1)} + W^{(3)} W^{(0)}) \end{aligned}$$

Trong quá trình chuyển tham số, BN giữa hai kiến trúc đa nhánh và đơn nhánh phải tương đồng, do đó kích thước của $W^{(1)}$, $W^{(3)}$, $W^{(0)}$ phải giống nhau để có thể thực hiện phép cộng tương ứng.

Do $W^{(1)}$, $W^{(3)}$, $W^{(0)}$ có kích thước 1x1, 3x3, 1x1, để cùng kích thước cần phải gán các giá trị 0 vào $W^{(1)}$, $W^{(0)}$ cùng kích thước với $W^{(3)}$. Cuối cùng, ta có:

Huấn luyện:

$$M^{(2)} = M^{(1)} * W^{(1+3+0)} + b^{(1+3+0)} \quad (3)$$

Suy luận:

$$M^{(2)} = M^{(1)} * W' + b' \quad (4)$$

$$M^{(1)} = W^{(1+3+0)} \text{ và } b' = b^{(1+3+0)}$$

trong đó: C_1 : kênh đầu vào; C_2 : kênh đầu ra; $M^{(1)} \in \mathbb{R}^{N \times C_1 \times H_1 \times W_1}$: đầu vào; $M^{(2)} \in \mathbb{R}^{N \times C_2 \times H_2 \times W_2}$: đầu ra; $W^{(3)} \in \mathbb{R}^{C_2 \times C_1 \times 3 \times 3}$: nhân của conv3x3; $W^{(1)} \in \mathbb{R}^{C_2 \times C_1}$: nhân của conv1x1; $\mu^{(3)}, \delta^{(3)}, \gamma^{(3)}, \beta^{(3)}$: trung bình, độ lệch chuẩn, độ phóng đại, độ lệch của lớp BN sau lớp conv3x3; $\mu^{(1)}, \delta^{(1)}, \gamma^{(1)}, \beta^{(1)}$: trung bình, độ lệch chuẩn, độ phóng đại, độ lệch của lớp BN sau lớp conv1x1; $\mu^{(0)}, \delta^{(0)}, \gamma^{(0)}, \beta^{(0)}$: trung bình, độ lệch chuẩn, độ phóng đại, độ lệch của lớp BN của nhánh xác thực; [*]: phép tích chập; bn: Batch Normalization.

Xây dựng mô hình mạng

Cấu trúc RepVGG ứng dụng vào bài toán tự động nhận dạng một số bệnh gia cầm trong quá trình chăn nuôi được mô tả ở hình 3, hình ảnh gia cầm đưa vào mô hình được thu nhận trực tiếp từ camera trong chuồng nuôi.



Hình 3. Kiến trúc mạng RepVGG.

Kiến trúc mạng được thiết kế gồm 22 lớp tích chập và một lớp kết nối đầy đủ, với tổng tham số trong mô hình là 8.303.888 và tổng bộ nhớ 1.329.542 K. Tham số và bộ nhớ của từng lớp trong mô hình được mô tả như sau:

Đầu vào: ảnh với kích thước $224 \times 224 \times 3 = 147 \text{ K}$

- *Lớp conv1:*
 + Số bộ lọc: 48
 + Bộ lọc: (48,3,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $48 \times 112 \times 112$
 + Bộ nhớ: 15,876 K
 + Số lượng tham số: $(3 \times 3 \times 3) \times 48 = 1.296$
 - *Lớp conv2:*
 + Số bộ lọc: 48
 + Bộ lọc: (48,48,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $48 \times 56 \times 56$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(48 \times 3 \times 3) \times 48 = 20.736$
 - *Lớp conv3:*
 + Số bộ lọc: 48
 + Bộ lọc: (48,48,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $48 \times 56 \times 56$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(48 \times 3 \times 3) \times 48 = 20.736$
 - *Lớp conv4:*
 + Số bộ lọc: 96
 + Bộ lọc: (48,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $96 \times 28 \times 28$
 + Bộ nhớ: 31,752 K
 + Số lượng tham số: $(48 \times 3 \times 3) \times 96 = 41.472$
 - *Lớp conv5:*
 + Số bộ lọc: 96
 + Bộ lọc: (96,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $96 \times 28 \times 28$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(96 \times 3 \times 3) \times 96 = 82.944$
 - *Lớp conv6:*
 + Số bộ lọc: 96
 + Bộ lọc: (96,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $96 \times 28 \times 28$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(96 \times 3 \times 3) \times 96 = 82.944$
 - *Lớp conv7:*
 + Số bộ lọc: 96
 + Bộ lọc: (96,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $96 \times 28 \times 28$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(96 \times 3 \times 3) \times 96 = 82.944$
 - *Lớp conv8:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (96,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 31,752 K
 + Số lượng tham số: $(96 \times 3 \times 3) \times 192 = 165.888$
 - *Lớp conv9:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv10:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$

+ Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv11:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv12:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv13:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv14:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv15:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv16:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv17:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv18:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv19:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)
 + Kích thước đầu ra: $192 \times 14 \times 14$
 + Bộ nhớ: 63,504 K
 + Số lượng tham số: $(192 \times 3 \times 3) \times 192 = 331.776$
 - *Lớp conv20:*
 + Số bộ lọc: 192
 + Bộ lọc: (192,3,3)

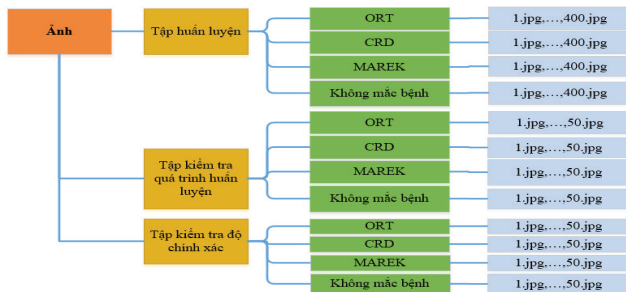
- + Kích thước đầu ra: 192x14x14
- + Bộ nhớ: 63,504 K
- + Số lượng tham số: (192x3x3)x192=331.776
- Lớp conv21:
- + Số bộ lọc: 192
- + Bộ lọc: (192,3,3)
- + Kích thước đầu ra: 192x14x14
- + Bộ nhớ: 63,504 K
- + Số lượng tham số: (192x3x3)x192=331.776
- Lớp conv22:
- + Số bộ lọc: 1280
- + Bộ lọc: (192,3,3)
- + Kích thước đầu ra: 1280x7x7
- + Bộ nhớ: 105,840 K
- + Số lượng tham số: (192x3x3)x1280=2.211.840
- Lớp FC (kết nối đầy đủ):
- + Số bộ lọc: 21
- + Kích thước đầu ra: 1280
- + Bộ nhớ: 26 K
- + Số lượng tham số: 21x1280=26.88

Thu thập dữ liệu và huấn luyện mạng

Thu thập dữ liệu

Quá trình thu thập nguồn dữ liệu bệnh gia cầm dùng huấn luyện mô hình thử nghiệm được chụp bằng camera màu lập trực tiếp trong chuồng nuôi gia cầm và thu thập trên internet.

Chúng tôi sử dụng một số phương pháp làm tăng dữ liệu cho mô hình (lật, cắt ngẫu nhiên, chuyển đổi màu, thay đổi độ tương phản...), với số tập mẫu: hình ảnh bệnh ORT (500 mẫu), CRD (500 mẫu), MAREK (500 mẫu) và hình ảnh gia cầm không bị bệnh (500 mẫu). Dữ liệu hình ảnh bệnh gia cầm được phân loại và gán nhãn, mỗi loại mẫu bệnh được đặt trong một thư mục loại bệnh tương ứng để sử dụng cho quá trình huấn luyện mô hình (hình 4).



Hình 4. Cấu trúc thư mục dữ liệu.

Huấn luyện

Nguồn dữ liệu hình ảnh bệnh gia cầm dùng huấn luyện mô hình thử nghiệm được thu thập từ các camera trong chuồng nuôi và trên internet.

Khởi tạo các tham số để huấn luyện:

- | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| + net: "RepVGG.prototxt" | + momentum: 0,9 | + gamma: 0,001 |
| + test_iter: 100 | + weight_decay: 0.0005 | + stepsiz: 1000 |
| + test_interval: 100 | + snapshot: 500 | + display: 10 |
| + base_lr: 0,0001 | + snapshot_prefix: "RepVGG" | + max_iter: 450000 |
| + learnRate: "step" | + solver_mode: GPU | |

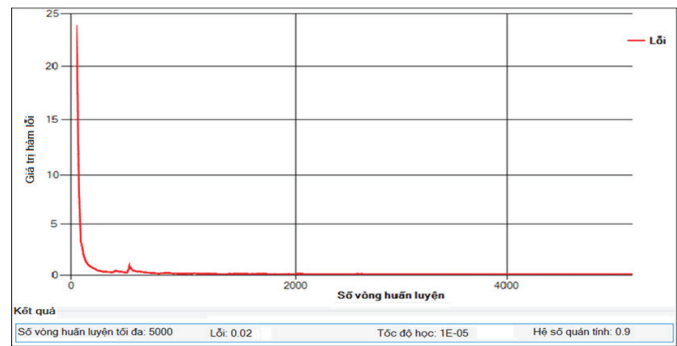
Môi trường được sử dụng để huấn luyện mô hình là Windows server 2012, ngôn ngữ Python phiên bản 3.7.1 với framework dùng cho huấn luyện mô hình là Caffe [13], card đồ họa Nvidia Quadro P2200, trong khoảng 5 ngày huấn luyện.

Huấn luyện mạng: Chúng tôi sử dụng 1600 mẫu bệnh (80% mẫu) để huấn luyện mô hình và sử dụng hàm lỗi "cross-entropy loss" trong công thức (5) để đánh giá sai số.

$$L_i = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \frac{e^{W_j^T x_i + b_j}}{e^{\sum_j W_j^T x_i + b_j}} \quad (5)$$

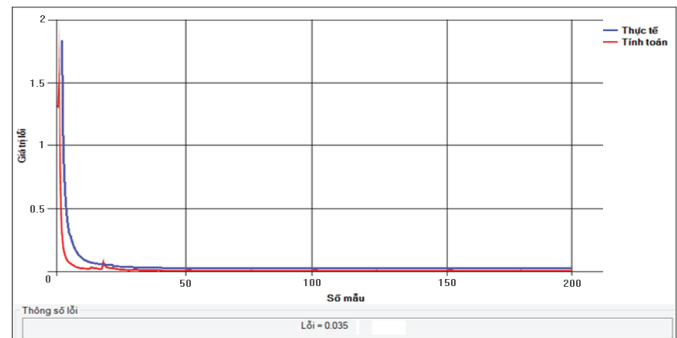
trong đó: x_i là vector thuộc $\mathbb{R}^d$; $W_j \in \mathbb{R}^d$ là cột thứ j của ma trận trọng số $W_j \in \mathbb{R}^{d \times n}$; N và n là kích thước và số lớp trong tập dữ liệu.

Sau 5000 vòng huấn luyện bằng các tham số được khai báo với giá trị sai số là 0,02, kết quả huấn luyện mô hình được trình bày ở hình 5.



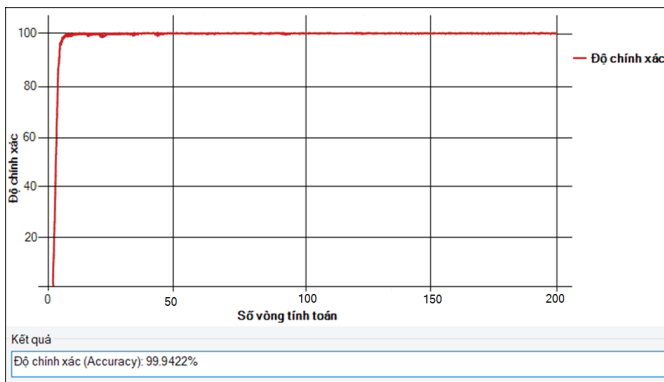
Hình 5. Đồ thị lỗi huấn luyện với mẫu dữ liệu.

Kiểm tra hoạt động của mô hình: Chúng tôi sử dụng 200 mẫu (10% mẫu) để kiểm tra mô hình mạng với các bộ trọng số đã được huấn luyện, kết quả kiểm tra với giá trị trung bình hàm lỗi là 0,035, kết quả này được thể hiện trên đồ thị kiểm tra hoạt động của mô hình ở hình 6.



Hình 6. Đồ thị kiểm tra hoạt động của mô hình.

Kiểm tra độ chính xác của mô hình: Chúng tôi sử dụng 200 mẫu còn lại (10% mẫu) để kiểm tra độ chính xác của mô hình mạng, kết quả kiểm tra trên bộ trọng số của mô hình với độ chính xác 99,94%, kết quả này được thể hiện trên đồ thị ở hình 7.



Hình 7. Đồ thị kiểm tra độ chính xác của mô hình.

Kết quả thực nghiệm

Hệ thống thử nghiệm trên máy tính với cấu hình CPU Core i7 2.9 Ghz, RAM 8 GB, GPU Nvidia Quadro P2200; camera màu với độ phân giải 1902x1080 pixel được lắp đặt trực tiếp trong chuồng nuôi gia cầm, với mỗi giây hệ thống phân tích và xử lý trung bình được 4 khung hình.

Mô hình được thử nghiệm nhận dạng 3 loại bệnh (ORT, CRD, MAREK), thời gian thử nghiệm từ 8/4/2022 đến 11/5/2022 trong chuồng nuôi 400 m² với số lượng gần 700 con gà đang có biểu hiện mắc một số bệnh. Trong ngày đầu tiên gia cầm mắc bệnh thường ít biểu hiện, các đặc trưng bên ngoài không được rõ, hệ thống khó phát hiện bệnh, những ngày sau đó các đặc trưng của bệnh rõ hơn, hệ thống phát hiện với độ chính xác cao hơn. Kết quả phát hiện bệnh và phân loại bệnh được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thực nghiệm.

TT	Loại bệnh	Ngày	Hệ thống phát hiện	Số ảnh phát hiện đúng	Độ chính xác (%)
1	ORT	8/4/2022	100	93	93,18
2	ORT	8/4/2022	150	143	95,56
3	ORT	8/4/2022	200	196	98,02
4	ORT	9/4/2022	210	207	98,78
5	ORT	10/4/2022	220	215	97,95
6	CRD	20/4/2022	215	211	98,32
7	CRD	21/4/2022	180	171	95,14
8	CRD	22/4/2022	150	147	98,16
9	CRD	30/4/2022	160	154	96,03
10	CRD	30/4/2022	170	167	98,08
11	CRD	30/4/2022	120	118	98,07
12	MAREK	8/5/2022	90	83	92,09
13	MAREK	8/5/2022	95	93	98,11
14	MAREK	9/5/2022	100	96	96,21
15	MAREK	10/5/2022	150	147	98,27
16	MAREK	11/5/2022	170	166	97,65

Kết luận

Một hệ thống chăn nuôi gia cầm công nghệ cao, ngoài các phân hệ quản lý giám sát môi trường, chế độ dinh dưỡng, quá trình sinh trưởng thì phân hệ phát hiện sớm bệnh của gia cầm nuôi là rất quan

trọng. Bài viết đã trình bày kết quả đạt được về nội dung nghiên cứu xây dựng phân hệ “Tự động phát hiện sớm một số bệnh gia cầm bằng trí tuệ nhân tạo” - là một bộ phận trong hệ thống quản lý, giám sát nuôi gia cầm công nghệ cao cho quy mô vừa và nhỏ.

Hệ thống thử nghiệm sử dụng mạng RepVGG làm mô hình suy diễn phát hiện bệnh gia cầm. Dữ liệu để huấn luyện và đánh giá mô hình đối với 3 loại bệnh là ORT, CRD, MAREK gồm 500 ảnh cho mỗi bệnh, được trực tiếp thu thập từ camera giám sát chuồng nuôi và sưu tầm internet. Quá trình huấn luyện sử dụng 80% số ảnh mẫu; mô hình đã đạt đến sai số là 0,02 sau 5000 vòng huấn luyện. Đánh giá mô hình với 10% số mẫu còn lại đạt độ chính xác 99,94%. Trong thử nghiệm thực tế với camera giám sát chuồng nuôi (độ phân giải 1902x1080 pixels), hệ thống có thể phát hiện và phân loại đúng trên 90%, đặc biệt với bệnh có hình ảnh có nhiều đặc điểm phân biệt rõ thì độ chính xác đạt hơn 98%. Mô hình mạng RepVGG với kiến trúc đơn giản, tốc độ suy luận nhanh, tiết kiệm bộ nhớ và linh hoạt trong việc thiết kế kiến trúc là một lựa chọn hợp lý.

Kết quả đạt được cho thấy, có thể sử dụng hệ thống này để hỗ trợ cảnh báo sớm bệnh cho gia cầm nuôi. Hệ thống hoàn toàn có thể huấn luyện tiếp để phát hiện các bệnh khác cho gia cầm như: Newcastle, đậu gà (bệnh trái gà), bạch ly, thương hàn...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. LeCun, et al. (2015), “Deep learning”, *Nature*, **521**, pp.436-444.
- [2] A. Canziani, et al. (2016), “An analysis of deep neural network models for practical applications”, *arXiv*, DOI: 10.48550/arXiv.1605.07678.
- [3] Nguyễn Huy Công và cs (2021), “Phát hiện trứng gia cầm ứng dụng trong quy trình kiểm soát đồng gói tự động bằng mô hình mạng YOLO”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên*, **33**, tr.41-47.
- [4] Đoàn Hồng Quang (2020), “Phát hiện cháy rừng bằng mạng nơ-ron học sâu, dựa trên khối và lựa thu nhận được từ camera giám sát”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên*, **26**, tr.92-99.
- [5] Đoàn Hồng Quang, Lê Hồng Minh (2019), “Học chuyển giao và tính chính mô hình mạng nơ-ron học sâu ứng dụng trong nhận dạng khuôn mặt”, *Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng công nghệ cao trong phát triển kinh tế - xã hội*, tr.50-61.
- [6] Đoàn Hồng Quang, Lê Hồng Minh, Chu Anh Tuấn (2015a), “Nhận dạng bàn tay bằng mạng nơ-ron nhân tạo”, *Tuyển tập báo cáo Diễn đàn “Đổi mới - Chia khóa cho sự phát triển bền vững”*, tr.70-79.
- [7] Đoàn Hồng Quang, Lê Hồng Minh (2015b), “Dùng RFNN kết hợp khử mùa và khử xu hướng để dự báo chỉ số giá vàng trên thị trường”, *Tuyển tập báo cáo Diễn đàn “Đổi mới - Chia khóa cho sự phát triển bền vững”*, tr.126-136.
- [8] Nguyễn Quang Hoan, Đoàn Hồng Quang (2014b), “Dự báo chỉ số giá chứng khoán bằng RFNN”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên*, **1**, tr.52-56.
- [9] Nguyễn Quang Hoan, Dương Thu Trang, Đoàn Hồng Quang (2018), “Dự báo số học sinh nhập trường bằng mạng nơ-ron nhân tạo”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên*, **18**, tr.1-8.
- [10] Đoàn Hồng Quang, Lê Hồng Minh, Thái Doãn Nguyên (2020), “Nhận dạng khuôn mặt trong video bằng mạng nơ-ron tích chập”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **62(1)**, tr.8-12.
- [11] Đoàn Hồng Quang, Nguyễn Huy Công (2019), “Phân loại hoa quả bằng mạng nơ-ron học sâu”, *Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng công nghệ cao trong phát triển kinh tế - xã hội*, tr.132-142.
- [12] C. Ding, D. Tao (2016), “A comprehensive survey on pose-invariant face recognition”, *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, **7(3)**, DOI: 10.1145/2845089.
- [13] Y. Jia, et al. (2014), “Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding”, *arXiv*, DOI: 10.1145/2647868.2654889.

Ảnh hưởng của nhiệt độ và ánh sáng LED đến sinh trưởng, hàm lượng sắc tố và hoạt tính sinh học của sinh khối *Spirulina maxima* nuôi nước lợ

Trương Thị Chiên, Nguyễn Thị Hiền, Mai Vũ Hoàng Giang, Trần Văn Quảng, Vũ Xuân Tạo, Trần Bảo Trâm*

Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 4/7/2022; ngày chuyển phản biện 7/7/2022; ngày nhận phản biện 28/7/2022; ngày chấp nhận đăng 2/8/2022

Tóm tắt:

Nhiệt độ và ánh sáng là hai yếu tố quan trọng đối với sự sinh trưởng của các vi sinh vật quang tự dưỡng như *Spirulina maxima*. Do đó, việc quản lý tốt các điều kiện này trong nuôi trồng *S. maxima* sẽ giúp nâng cao hiệu quả sản xuất. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của điều kiện nhiệt độ (với các dải nhiệt độ khác nhau từ 15 đến 40°C), các loại đèn LED trắng và đỏ đến sinh trưởng, hàm lượng sắc tố và hoạt tính sinh học của sinh khối *S. maxima* được nuôi bằng nước lợ có độ mặn 10‰. Kết quả cho thấy, nhiệt độ thích hợp nhất cho nuôi trồng *S. maxima* là khoảng 25-30°C, việc chiếu sáng bằng đèn LED trắng hay đỏ đều cho sinh khối khô cao nhất sau 10 ngày nuôi trồng, tương ứng đạt 1,705 và 1,891 g/l. Tuy nhiên, khả năng tích lũy các sắc tố phycocyanin, chlorophyll, carotenoid trong sinh khối khô thu được từ dịch nuôi cấy *S. maxima* dưới đèn LED đỏ (tương ứng đạt 152, 6,6 và 3 mg/g) cao hơn so với đèn LED trắng (tương ứng 118, 5,5 và 2,9 mg/g). Đánh giá hoạt tính sinh học sinh khối *S. maxima* cho thấy, khả năng kháng các chủng vi khuẩn gây bệnh kiểm định là *Staphylococcus aureus* VTCC12275 và *Escherichia coli* VTCC12272 cũng như khả năng bắt gốc tự do DPPH của dịch chiết sinh khối nuôi dưới đèn LED đỏ cao hơn so với đèn LED trắng.

Từ khóa: DPPH, kháng khuẩn, LED, nhiệt độ, sắc tố, *Spirulina maxima*.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

S. maxima là một loài vi khuẩn lam thuộc chi *Arthrospira* (*Spirulina*) được ứng dụng phổ biến trong ngành công nghiệp thực phẩm, được mỹ phẩm do chứa hàm lượng protein cao (50-70%) và nhiều chất có hoạt tính sinh học như phycocyanin, carotenoid, chlorophyll. Trong đó có phycocyanin, một phức sắc tố protein thuộc họ phycobiliprotein chiếm khoảng 40% tổng số protein hòa tan của tế bào [1] đóng vai trò hấp thụ ánh sáng mặt trời. Phycobiliprotein tồn tại ở 3 dạng là C-phycocyanin (C-PC), allophycocyanin (APC) và phycoerythrin (PE) [2]. Trong đó, C-PC và PE đặc biệt có lợi cho sức khỏe con người nhờ tác dụng chống oxy hóa, kháng viêm và hỗ trợ điều trị ung thư [3]. Do có giá trị ứng dụng cao nên nhu cầu về các sản phẩm từ *Spirulina* trên thế giới ngày càng tăng, đặc biệt như phycocyanin đang được coi là hoạt chất rất có tiềm năng trong điều trị ung thư [4].

Nhiệt độ và ánh sáng là các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng cũng như thu nhận các sắc tố từ quá trình quang hợp của vi khuẩn lam nuôi ngoài tự nhiên [5, 6]. Ở quy mô công nghiệp, hầu hết việc nuôi sinh khối đều tận dụng nguồn năng lượng ánh sáng mặt trời. Tuy nhiên, để sản xuất các hoạt chất sinh học có giá trị như các loại sắc tố (phycocyanin, chlorophyll, carotenoid) thì việc sử dụng các nguồn sáng nhân tạo như đèn LED là cần thiết. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ánh sáng xanh và đỏ có ảnh hưởng quan trọng đối với quá trình quang hợp của thực vật [7]. So với các hệ thống chiếu sáng

khác, đèn LED có chi phí đầu tư không cao, thiết kế linh hoạt, hoạt động với điện áp thấp (<4 V) và dòng điện thấp hơn 700 mA [2]. Ngoài ra, chúng có phát xạ quang phổ hẹp có thể phát ra ở các bước sóng đã chọn cho hiệu quả hấp thụ ánh sáng tối đa. Diốt phát quang (đèn LED) là một công nghệ có tiềm năng cải thiện hiệu suất bức xạ, chất lượng ánh sáng và quang phổ ánh sáng để tăng năng suất và chất lượng của vi khuẩn lam [8]. Nghiên cứu của M.B. Bachchhav và cs (2017) [9] cho thấy, sử dụng nguồn sáng LED trong sản xuất phycocyanin từ *Spirulina* giúp tăng một cách đáng kể hàm lượng sắc tố phycocyanin so với ánh sáng trắng. Ánh sáng đỏ kích thích tăng trưởng, tăng hàm lượng sắc tố chlorophyll, phycocyanin trong nuôi sinh khối vi khuẩn lam. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên hầu hết đều tập trung trên đối tượng *S. platensis* nuôi nước ngọt, còn với loài *S. maxima* nuôi nước lợ thì những nghiên cứu về ảnh hưởng của các điều kiện nuôi trồng như nhiệt độ và ánh sáng LED tới sự sinh trưởng và chất lượng còn khá mới ở Việt Nam.

Việt Nam có đường bờ biển dài, chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa với số giờ nắng trong năm ở miền Bắc khoảng 1500-1700 giờ, miền Trung và miền Nam khoảng 2000-2600 giờ [10], đây là điều kiện khá phù hợp cho vi khuẩn lam sinh trưởng và phát triển. Việc đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và nguồn chiếu sáng đèn LED đến sinh trưởng và khả năng tích lũy hoạt chất (phycocyanin, carotenoid, chlorophyll) của *S. maxima* nuôi nước lợ được đặt ra với định hướng sử dụng nguồn nước biển sẵn có của nước ta cho nuôi trồng thương mại *Spirulina*.

*Tác giả liên hệ: Email: trantram_74@yahoo.com

Effect of temperature and LEDs on the growth, pigment content and biological activities of *Spirulina maxima* cultured in brackish water

Thi Chien Truong, Thi Hien Nguyen, Vu Hoang Giang Mai, Van Quang Tran, Xuan Tao Vu, Bao Tram Tran*

Center of Experimental Biology,
National Center for Technological Progress

Received 4 July 2022; accepted 2 August 2022

Abstract:

Temperature and light are important factors for the growth of photoautotrophic microorganisms such as *Spirulina maxima*; therefore, proper control of these conditions in *S. maxima*'s culture will help to enhance production efficiency. This study aims to determine the effect of temperature (in the range of 15-40°C) and LED lights (white and red) on the growth, pigment content and biological activities of *S. maxima* biomass. The findings showed that the most suitable temperature range for growing *S. maxima* was about 25-30°C. After ten days of cultivating with both white and red LEDs, the highest dry weight biomass reached 1.705 and 1.891 g/l, respectively. However, the ability to accumulate pigments like phycocyanin, chlorophyll, and carotenoids in the dry biomass cultured under the red LEDs was 152.0, 6.6, and 3.0 mg/g, respectively, which are higher than that under the white LEDs (118.0, 5.5, and 2.9 mg/g, respectively). In addition, *S. maxima* extracts from the biomass cultured under the red LEDs exhibited antibacterial activity against two pathogenic strains *Staphylococcus aureus* VTCC12275 and *Escherichia coli* VTCC12272, as well as the ability to scavenge free radicals by DPPH, are also better than those grown under the white LEDs.

Keywords: antibacterial activity, DPPH, LED, pigments, *Spirulina maxima*, temperature.

Classification number: 1.6

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Chủng vi khuẩn lam *S. maxima* SH chịu mặn và các chủng vi sinh vật kiểm định gồm *S. aureus* VTCC12275, *E. coli* VTCC12272 được lưu giữ tại Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện Ứng dụng Công nghệ.

Đèn chiếu sáng (kích thước 1200x17 mm, điện áp hoạt động là 150-250 V) do Trung tâm R&D chiếu sáng Rạng Đông

(Công ty Cổ phần bóng đèn phích nước Rạng Đông) cung cấp, gồm: đèn LED trắng công suất 16 W, phổ ánh sáng 420-660 nm (đỉnh 460 nm) và đèn LED đỏ công suất 25 W, phổ ánh sáng 580-720 nm (đỉnh 660 nm).

Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trong phòng thí nghiệm có kiểm soát nhiệt độ tại Trung tâm Sinh học Thực nghiệm (C6 Thanh Xuân Bắc, Thanh Xuân, Hà Nội). Thời gian từ tháng 4/2021 đến tháng 4/2022.

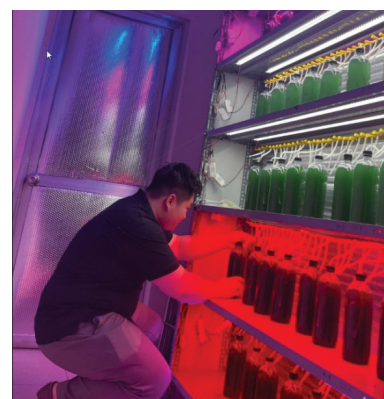
Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu

Máy quang phổ Hach DR2800 (Mỹ), máy đo cường độ ánh sáng Spectrum Technologies 3415FXSE (Mỹ), máy thổi khí Veratti GB-370 (Trung Quốc), cân phân tích độ ẩm BEL Engineering i-Thermo 163M (Ý), máy sấy bơm nhiệt Mactech MSL300 (Việt Nam), máy ly tâm lạnh Hettich MIKRO 220R (Đức), tủ lạnh âm sâu EVERmed LDF 270S (Ý), tủ ẩm Memmert INB400 (Đức).

Phương pháp nghiên cứu

Môi trường nuôi cấy: *S. maxima* được nuôi trong các chai nhựa PET 1 lít với mật độ giống (mật độ quang đo ở bước sóng 560 nm - OD₅₆₀) ban đầu là 0,2, sử dụng nước biển có độ mặn 10‰ bổ sung môi trường Zarrouk cải tiến (nước biển được xử lý bằng cách lọc và pha loãng với nước ngọt đến độ mặn 10‰).

Điều kiện chiếu sáng và sục khí: Giàn nuôi được bố trí từng tầng ánh sáng LED trắng và đỏ riêng biệt, khoảng cách từ nguồn sáng tới bình nuôi là 20 cm, cường độ sáng của mỗi tầng đạt 150-160 μmol.m⁻².s⁻¹. Thiết kế hệ điều khiển tự động sục khí và chiếu sáng cùng chu kỳ hoạt động 8 giờ/ngày với lưu lượng 5 lít/chai/phút (hình 1).

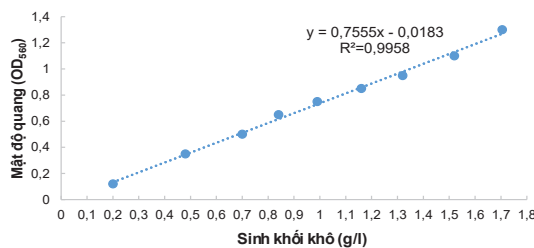


Hình 1. Sử dụng đèn LED trắng và đỏ trong nghiên cứu.

Bố trí thí nghiệm: (1) Đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ đến sinh trưởng của *S. maxima* ở các mức 15, 20, 25, 30, 35 và 40°C (±2°C) (ký hiệu là T1 đến T6) với từng loại đèn LED trắng và đỏ; (2) Đánh giá ảnh hưởng của ánh sáng LED trắng và đỏ đến chất lượng sinh khối của *S. maxima* (thu được ở ngưỡng nhiệt

độ cho sinh trưởng tốt nhất), thể hiện ở: (i) Khả năng tích lũy các sắc tố phycocyanin, chlorophyll và carotenoid trong sinh khối *S. maxima*; (ii) Hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn của dịch chiết từ sinh khối khô *S. maxima*.

Xác định tốc độ sinh trưởng và sinh khối khô của dịch nuôi cấy vi khuẩn lam *S. maxima*: tốc độ sinh trưởng của *S. maxima* được xác định bằng cách lấy mẫu dịch nuôi cấy hàng ngày và đo OD₅₆₀ [11]. Sinh khối khô được xác định bằng cân phân tích độ ẩm. Xác định mối tương quan giữa OD₅₆₀ và sinh khối khô bằng phương trình tuyến tính dạng $y = ax + b$ (với hệ số tương quan R) dựa trên đường chuẩn được xác lập giữa các giá trị OD₅₆₀ (ở các nồng độ pha loãng dịch nuôi khác nhau) với giá trị sinh khối khô (g/l) thu được tương ứng như ở hình 2.



Hình 2. Mối tương quan giữa mật độ quang OD₅₆₀ và sinh khối khô (g/l).

Thu hoạch sinh khối *S. maxima* khô: sau 10 ngày nuôi (thời điểm được xác định đạt OD₅₆₀ cao nhất), tiến hành thu sinh khối bằng cách lọc và sấy khô ở 40°C (đến độ ẩm đạt ≤8%).

Xác định hàm lượng các sắc tố:

Phycocyanin: Ngâm 1 g sinh khối *S. maxima* khô với 50 ml đệm photphat 0,05 M, pH 7, để qua đêm ở 4°C. Tiến hành ly tâm với tốc độ 10.000 vòng/phút trong 10 phút ở 4°C và thu dịch nổi. Hàm lượng phycocyanin (PC) trong mẫu được đo độ hấp thụ quang ở các bước sóng 620, 652 nm và xác định theo công thức sau [12]:

$$PC \text{ (mg/ml)} = [A_{620} - 0,474 \times A_{652}] / 5,34$$

Chlorophyll và carotenoid: 2 g sinh khối *S. maxima* khô được nghiền trong 15 ml hỗn hợp acetone và nước theo tỷ lệ thể tích 9:1, bổ sung 0,01% butylated hydroxytoluene, 1% Na₂SO₄ và 1% NaHCO₃. Dung dịch mẫu được đặt trong đá lạnh và phá bằng sóng siêu âm 3 lần, mỗi lần 2 phút và cách nhau 5 phút, sau đó ly tâm với tốc độ 6.000 vòng/phút ở 4°C trong 10 phút và thu dịch nổi. Hàm lượng Chl_a, Chl_b, carotenoid tổng số (C_t) trong mẫu được đo độ hấp thụ quang ở các bước sóng 645, 662, 470 nm và xác định theo các công thức sau [13]:

$$Chl_a \text{ (μg/ml)} = 11,24 \times OD_{662} - 2,04 \times OD_{645}$$

$$Chl_b \text{ (μg/ml)} = 20,13 \times OD_{645} - 4,19 \times OD_{662}$$

$$C_t \text{ (μg/ml)} = (1.000 \times OD_{470} - 1,90 \times Chl_a - 6,31 \times Chl_b) / 214$$

Hàm lượng Chl_a, Chl_b, C_t cuối cùng được quy đổi và tính theo lượng sinh khối khô (mg/g).

Ký hiệu các công thức mẫu xác định hàm lượng sắc tố của sinh khối vi khuẩn lam nuôi bằng đèn LED đỏ và trắng tương ứng là ST_d và ST_t.

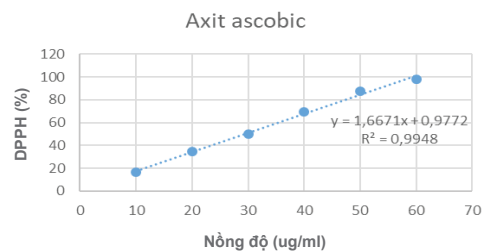
Xác định hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối *S. maxima*:

Chuẩn bị dịch chiết: 5 g sinh khối khô *S. maxima* được bổ sung 100 ml nước cất và làm lạnh đông ở -15°C trong 3 giờ. Sau đó nhiệt độ được nâng đột ngột lên 40°C trong thời gian 5 phút. Dịch chiết được ly tâm với tốc độ 10.000 vòng/phút trong 10 phút ở 4°C và thu dịch nổi [14]. Ký hiệu các công thức dịch chiết thu được từ sinh khối *S. maxima* nuôi bằng đèn LED đỏ và trắng tương ứng là DC_d và DC_t.

Hoạt tính chống oxy hóa được xác định bằng phương pháp DPPH [15]: Chuẩn bị dung dịch DPPH bằng cách hòa tan 23,66 mg DPPH với 100 ml ethanol và bảo quản ở 4°C trước khi sử dụng. Mẫu thử gồm 500 μl dịch chiết được bổ sung 500 μl dung dịch DPPH và 3 ml ethanol. Mẫu đối chứng gồm 500 μl dung dịch DPPH và 3 ml ethanol. Các mẫu sau đó được trộn đều và để trong tối 30 phút. Đo độ hấp thụ tại bước sóng 517 nm. Axit ascorbic với nồng độ 10-60 μg/ml được sử dụng làm chất chuẩn chống oxy hóa tham chiếu như ở hình 3. Xác định hoạt tính chống oxy hóa dựa trên đường chuẩn của axit ascorbic, DC_d, DC_t và nồng độ ức chế 50% (IC₅₀). Kết quả DPPH được tính theo công thức sau:

$$DPPH \text{ (%) } = \frac{A_{dc} - A_t}{A_{dc}} \times 100$$

trong đó: A_{dc} là độ hấp thụ của dịch chiết không chứa DPPH; A_t là độ hấp thụ của dịch chiết chứa DPPH.



Hình 3. Tương quan giữa khả năng kháng oxy hóa và nồng độ axit ascorbic.

Hoạt tính kháng khuẩn được xác định bằng phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch: vi khuẩn *E. coli*, *S. aureus* được nuôi cấy 18 giờ trong môi trường LB (pepton 10 g/l, nấm men 5 g/l, NaCl 5 g/l) ở điều kiện 30°C, lắc 150 vòng/phút. Cây trái đều 50 μl dịch nuôi vi khuẩn lên bề mặt đĩa chứa môi trường thạch LB. Bổ sung 50 μl dịch chiết vào giếng đã được khoan lỗ trên đĩa thạch, đĩa được giữ ở 4°C trong 2 giờ để dịch chiết khuếch tán đều vào môi trường, sau đó chuyển đĩa sang tủ nuôi cấy ở nhiệt độ 30°C để vi khuẩn phát triển trong 24 giờ. Khả năng kháng khuẩn được thể hiện qua đường kính vòng kháng khuẩn. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, mỗi lần thực hiện trên 3 đĩa khác

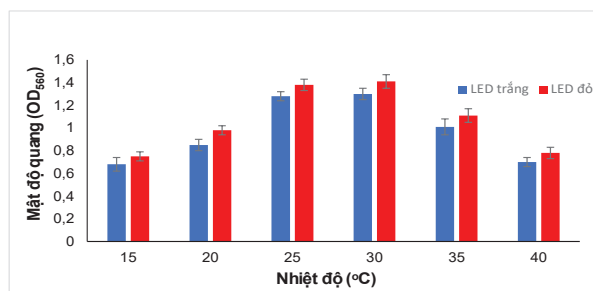
nau. Thí nghiệm được tiến hành tương tự với đối chứng âm (nước cất) và đối chứng dương (kháng sinh kanamycin nồng độ 30 µg/ml).

Kết quả và bàn luận

Ảnh hưởng của nhiệt độ và ánh sáng LED đến sinh trưởng của *S. maxima*

Nhiệt độ là một trong những yếu tố được quan tâm hàng đầu trong nuôi trồng vi khuẩn lam *Spirulina* [16]. Tuy nhiên, đối với mỗi chủng giống có nguồn gốc khác nhau lại có yêu cầu về điều kiện nuôi trồng như ánh sáng, nhiệt độ, dinh dưỡng khác nhau. Trong sản xuất sinh khối thương mại *Spirulina* trên thế giới hiện nay, hầu hết các mô hình vẫn sử dụng nuôi bể hở trong điều kiện tự nhiên nhằm giảm thiểu chi phí so với hệ thống quang sinh kín có kiểm soát [17].

Đối với chủng *S. maxima* SH, Trần Bảo Trâm và cs (2021) [18] đã xác định trong số các loại ánh sáng LED thử nghiệm, sử dụng đèn LED đơn sắc (trắng hoặc đỏ) đều hiệu quả đối với sinh trưởng (hàm lượng protein đạt $\geq 60\%$ sinh khối khô). Vì vậy trong nghiên cứu này, để lựa chọn được điều kiện nhiệt độ thích hợp trong nuôi trồng chủng *S. maxima* SH, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu nuôi cấy chủng *S. maxima* SH ở các dải nhiệt độ khác nhau với 2 loại đèn LED trắng và đỏ. Kết quả được thể hiện ở hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng nhiệt độ và ánh sáng LED đến sinh trưởng của *S. maxima* SH.

Kết quả hình 4 cho thấy, ở các ngưỡng nhiệt độ thí nghiệm 15, 20, 25, 30, 35 và 40°C, chủng *S. maxima* SH sinh trưởng dưới đèn LED trắng (OD₅₆₀ tương ứng đạt 0,68, 0,85, 1,28, 1,30, 1,01 và 0,7) đều kém hơn so với đèn LED đỏ (OD₅₆₀ tương ứng đạt 0,75, 0,98, 1,38, 1,41, 1,11 và 0,78). Đồng thời có thể thấy, trong cùng điều kiện chiếu sáng LED trắng hoặc đỏ, chủng *S. maxima* SH đều phát triển tốt nhất ở nhiệt độ 25-30°C (OD₅₆₀ tương ứng đạt 1,30 và 1,41), ở các ngưỡng nhiệt độ thấp hoặc cao hơn khoảng nhiệt độ trên, chủng *S. maxima* SH sinh trưởng đều kém hơn.

Ở khoảng nhiệt độ thích hợp 25-30°C, mật độ sinh trưởng của chủng *S. maxima* SH OD₅₆₀ đạt cao nhất khi nuôi dưới đèn LED đỏ là 1,41, tương đương với sinh khối khô đạt 1,891 g/l ở

ngày nuôi thứ 10. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của R.A. Soni và cs (2019) [19] là sinh khối *S. platensis* đạt cao nhất vào cuối mùa xuân và đầu mùa hè với nhiệt độ dao động trong khoảng 25-30°C. So sánh với các nghiên cứu trên thế giới như Thái Lan và Mexico là những nước nằm ở vĩ độ thấp, có nhiệt độ tương tự như Việt Nam việc sản xuất *Spirulina* tập trung vào thời gian có nhiệt độ dao động trong khoảng 25-35°C, còn những tháng có nhiệt độ cao hơn có thể tạm dừng sản xuất để vệ sinh khu nuôi trồng [20]. Kết quả thu được của nghiên cứu cũng tương tự như công bố của Nguyễn Đức Bách và cs (2021) [21] khi nuôi *S. platensis* trong bể hở dưới đèn LED đỏ vào thời gian khoảng tháng 3-4 và tháng 10-11 ở miền Bắc cũng cho hiệu quả thu hoạch tốt nhất.

Như vậy, nghiên cứu này đã xác định được nhiệt độ thích hợp cho sinh trưởng của chủng *S. maxima* SH nuôi nước lợ là khoảng 25-30°C. Sinh khối thu được từ dịch nuôi cấy chủng *S. maxima* SH ở khoảng nhiệt độ này ở điều kiện chiếu sáng LED trắng và đỏ được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của ánh sáng LED đến hàm lượng các sắc tố trong sinh khối *S. maxima*

Ánh sáng không những tác động đến sinh trưởng mà còn ảnh hưởng đến quá trình quang hợp cũng như sự tích lũy các loại sắc tố của tế bào vi khuẩn lam *Spirulina* [18]. Trong nghiên cứu này, 2 loại đèn LED đơn sắc trắng và đỏ được sử dụng nhằm đánh giá ảnh hưởng của ánh sáng LED đến khả năng tích lũy một số loại sắc tố chính trong sinh khối *S. maxima* gồm phycocyanin, chlorophyll và carotenoid. Kết quả thu được được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của ánh sáng LED đến khả năng tích lũy sắc tố trong sinh khối *S. maxima*.

Sắc tố	Đơn vị	ST _t	ST _d
Phycocyanin	mg/g khô	118±2,5	152±3,1
Chlorophyll	mg/g khô	5,5±1,3	6,6±1,8
Carotenoid	mg/g khô	2,9±0,5	3,0±0,58

Ở vi khuẩn lam, phycocyanin là một hoạt chất quan trọng với nhiều tiềm năng ứng dụng [3], do vậy hàm lượng phycocyanin được coi là một chỉ tiêu để đánh giá chất lượng sinh khối trong nuôi trồng *Spirulina*. Kết quả cho thấy, sinh khối chủng *S. maxima* SH được nuôi cấy bằng đèn LED đỏ có hàm lượng phycocyanin cao hơn 28,81% so với LED trắng. Các loại sắc tố chlorophyll và carotenoid khác biệt không nhiều so với được nuôi bằng đèn LED trắng. Sự khác biệt này có thể liên quan tới loại ánh sáng có tác dụng kích thích sinh tổng hợp phycocyanin do sắc tố này hấp thụ ánh sáng ở bước sóng 620 và 652 nm - là các bước sóng nằm trong phổ sáng và gần với bước sóng của ánh sáng đỏ ($\lambda=660$ nm). Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của F. Tian và cs (2018) [7] khi sử

dùng ánh sáng LED đỏ để tăng khả năng tích lũy phycocyanin ở *Spirulina*. Nghiên cứu của C.Y. Wang và cs (2007) [22] cũng đã cho thấy đèn LED đỏ thúc đẩy tốc độ tăng trưởng sinh khối *S. platensis*.

Đánh giá hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối *S. maxima*

Trong nghiên cứu này, dịch chiết được chuẩn bị bằng phương pháp sốc nhiệt có tác dụng phá vỡ thành tế bào vi khuẩn lam, khi đó toàn bộ các hợp chất trong màng tế bào được giải phóng ra ngoài và thu được tối đa các thành phần có hoạt chất do không hoặc ít bị biến tính ở nhiệt độ thấp. Dịch sau ly tâm loại cặn và thu được dịch chiết tổng có chứa các thành phần có hoạt tính sinh học trong sinh khối *S. maxima* như hỗn hợp các loại sắc tố, các hợp chất phenol [23]. Dữ liệu về khả năng chống oxy hóa và kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối *S. maxima* là cơ sở cho việc định hướng ứng dụng phát triển các sản phẩm chăm sóc sức khỏe từ sinh khối *Spirulina*. Kết quả đánh giá hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối *S. maxima* được thể hiện ở bảng 2 và hình 5.

Bảng 2. Khả năng chống oxy hóa DPPH (%) của dịch chiết sinh khối *S. maxima*.

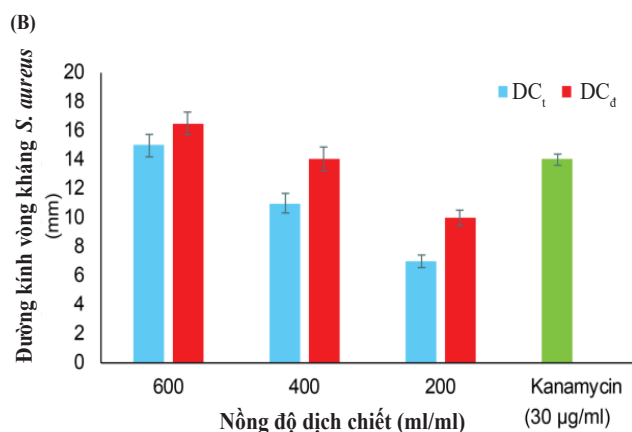
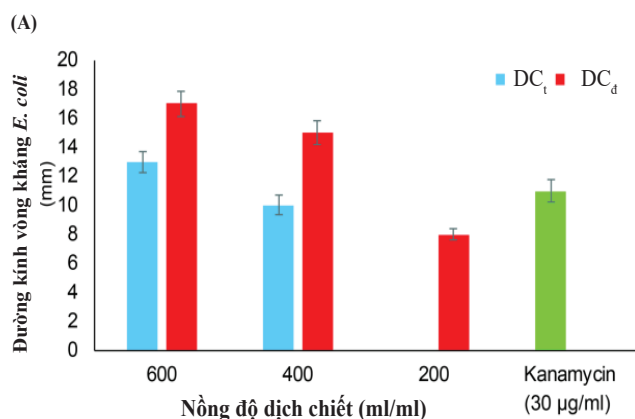
Mẫu	Nồng độ (μl/ml)				
	20	40	60	80	100
DC _t	3,09±0,11	18,49±0,92	40,47±1,61	53,75±2,22	82,90±3,98
DC _d	12,04±0,32	23,37±0,98	43,57±1,93	62,79±2,98	89,82±4,02
IC ₅₀ DC _t	69,21±1,56				
IC ₅₀ DC _d	63,78±1,12				
IC ₅₀ axit ascorbic	29,40±0,84				

Kết quả bảng 2 cho thấy, dịch chiết sinh khối *S. maxima* được nuôi dưới đèn LED trắng và đỏ đều thể hiện hoạt tính chống oxy hóa với giá trị IC₅₀ lần lượt là 63,78 và 69,21 μl/ml. Khả năng quét gốc oxy hóa tự do của dịch chiết sinh khối *S. maxima* được nuôi với ánh sáng LED đỏ cao hơn so với ánh sáng LED trắng, nhưng đều thấp hơn đối chứng dương là axit ascorbic khoảng 2,2-2,4 lần. Nghiên cứu của R. Safari và cs (2020) [24] cũng cho thấy dịch chiết từ sinh khối *S. platensis* thể hiện khả năng kháng oxy hóa tốt.

Khả năng kháng các chủng vi khuẩn gây bệnh là *S. aureus* (gram dương) và *E. coli* (gram âm) của dịch chiết sinh khối *S. maxima* được thể hiện ở hình 5 cho thấy, dịch chiết sinh khối *S. maxima* nuôi trồng sử dụng đèn LED đỏ thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh hơn so với dịch chiết sinh khối được nuôi với đèn LED trắng. Có sự khác nhau này là do các sắc tố phycocyanin, carotenoid, chlorophyll trong dịch chiết sinh khối khi nuôi bằng ánh sáng LED đỏ cao hơn LED trắng. Tuy các nghiên cứu trước đã đề cập tới khả năng kháng khuẩn của dịch chiết *Spirulina* [25, 26], nhưng nghiên cứu này đã cho thấy rõ hơn việc sử dụng đèn LED đỏ trong nuôi trồng *S. maxima* giúp làm tăng hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối vi khuẩn lam. Kết quả bước đầu này cho thấy tiềm năng của việc ứng dụng ánh sáng LED đỏ giúp tăng hiệu quả tích lũy các hoạt tính sinh học trong nuôi trồng sinh khối *S. maxima*.

Kết luận

Với điều kiện nuôi nước lợ sử dụng ánh sáng LED đỏ ở nhiệt độ 25-30°C, chủng *S. maxima* SH sinh trưởng và thu được hàm lượng các sắc tố cao hơn so với LED trắng. Sau 10 ngày nuôi dưới đèn LED đỏ, sinh khối khô đạt 1,891 g/l, hàm lượng các sắc tố phycocyanin, chlorophyll, carotenoid tích lũy trong sinh khối khô tương ứng đạt 152, 6,6 và 3 mg/g. Dịch chiết sinh khối *S. maxima* thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông



Hình 5. Khả năng kháng khuẩn của dịch chiết sinh khối *S. maxima*. (A) Khả năng kháng *E. coli* VTCC12272; (B) Khả năng kháng *S. aureus* VTCC12275.

qua khả năng loại bỏ gốc tự do (IC_{50}) và có khả năng kháng lại các chủng vi khuẩn gây bệnh là *S. aureus* VTCC12275 và *E. coli* VTCC12272.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Bộ năm 2021-2022: “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ chiếu sáng đèn LED và thiết bị đo sinh khối ứng dụng công nghệ xử lý ảnh trong nhân nuôi tảo *Spirulina maxima* nhằm nâng cao năng suất và chất lượng” của Viện Ứng dụng Công nghệ. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Sekar, M. Chandramohan (2008), “Phycobiliproteins as a commodity: Trends in applied research, patents and commercialization”, *Journal of Applied Phycology*, **20**(2), pp.113-136.
- [2] G. Markou (2014), “Effect of various colors of light-emitting diodes (LEDs) on the biomass composition of *Arthrospira platensis* cultivated in semi - continuous mode”, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **172**(5), pp.2758-2768.
- [3] H. Khatoon, et al. (2018), “Effects of different light source and media on growth and production of phycobiliprotein from freshwater cyanobacteria”, *Bioresource Technology*, **249**, pp.652-658.
- [4] L. Jiang, et al. (2018), “C-Phycocyanin exerts anti-cancer effects via the MAPK signaling pathway in MDA-MB-231 cells”, *Cancer Cell International*, **18**(1), DOI: 10.1186/s12935-018-0511-5.
- [5] G. Torzillo, A. Vonshak (1994), “Effect of light and temperature on the photosynthetic activity of the cyanobacterium *Spirulina platensis*”, *Biomass and Bioenergy*, **6**(5), pp.399-403.
- [6] R. Chaiklahan, et al. (2007), “Response of *Spirulina platensis* C1 to high temperature and high light intensity”, *Kasetsart Journal - Natural Science*, **41**, pp.123-129.
- [7] F. Tian, et al. (2018), “Effect of red and blue LEDs on the production of phycocyanin by *Spirulina platensis* based on photosynthetically active radiation”, *Journal of Science and Technology in Lighting*, **41**, DOI: 10.2150/jstl.IEIJ160000597.
- [8] A. Amoozgar, et al. (2017), “Impact of light - emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. Grizzly”, *Photosynthetica*, **55**(1), pp.85-95.
- [9] M.B. Bachchhav, et al. (2017), “Enhanced phycocyanin production from *Spirulina platensis* using light emitting diode”, *Journal of the Institution of Engineers (India)*, **98E**(1), pp.41-45.
- [10] Nhà xuất bản Thống kê (2020), *Niên giám thống kê 2020*.
- [11] Nguyễn Đức Bách và cs (2020), “Nghiên cứu ảnh hưởng của đèn LED đến sinh trưởng, hàm lượng sắc tố và khả năng thích ứng của một số chủng tảo xoắn *Arthrospira platensis* trong mùa đông ở miền Bắc Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, **18**(8), tr.637-648.
- [12] H.H. Abd El-Baky, G.S. El-Baroty (2012), “Characterization and bioactivity of phycocyanin isolated from *Spirulina maxima* grown under salt stress”, *Food & Function*, **3**(4), pp.381-388.
- [13] W.S. Park, et al. (2018), “Two classes of pigments, carotenoids and C-phycocyanin, in *Spirulina* powder and their antioxidant activities”, *Molecules*, **23**(8), DOI: 10.3390/molecules23082065.
- [14] B.H. Han, et al. (2003), *Denatured Spirulina and Manufacturing Method Thereof*, <https://patents.google.com/patent/WO2003080811A1/en>.
- [15] Viện Dược liệu (2006), *Phương pháp nghiên cứu tác dụng dược lý của thuốc từ dược thảo*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, tr.279-293.
- [16] K.H. Ogbonda, et al. (2007), “Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina* sp.”, *Bioresource Technology*, **98**(11), pp.2207-2211.
- [17] A.E.K. El-Sayed, E.S. Mostafa (2018), “Outdoor cultivation of *Spirulina platensis* for mass production”, *Notulae Scientia Biologicae*, **10**(1), pp.38-44.
- [18] Trần Bảo Trâm và cs (2021), “Ảnh hưởng của ánh sáng LED đến sinh trưởng và chất lượng sinh khối tảo *Spirulina maxima*”, *Báo cáo khoa học Hội nghị Công nghệ sinh học toàn quốc 2021*, tr.1088-1093.
- [19] R.A. Soni, et al. (2019), “Influence of temperature and light intensity on the growth performance of *Spirulina platensis*”, *International Journal on Emerging Technologies*, **10**(2), pp.19-22.
- [20] A. Vonshak (1997), *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*, 252pp, Taylor & Francis.
- [21] Nguyễn Đức Bách và cs (2021), “Nghiên cứu ứng dụng đèn LEDs để kéo dài nuôi tảo xoắn *Spirulina (Arthrospira platensis)* ở miền Bắc Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **63**(7), tr.57-64.
- [22] C.Y. Wang, et al. (2007), “Effects of using light-emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis*”, *Biochemical Engineering Journal*, **37**(1), pp.21-25.
- [23] H.H. Abd El-Baky, et al. (2009), “Production of phenolic compounds from *Spirulina maxima* microalgae and its protective effects”, *African Journal of Biotechnology*, **8**(24), pp.7059-7067.
- [24] R. Safari, et al. (2020), “Antioxidant and antibacterial activities of C-phycocyanin from common name *Spirulina platensis*”, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **19**(4), pp.1911-1927.
- [25] Y.S. Mohite, et al. (2015), “Antimicrobial activity of C- phycocyanin from *Arthrospira platensis* isolated from extreme haloalkaline environment of Lonar lake”, *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, **1**(4), pp.40-45.
- [26] M. Muthulakshmi, et al. (2012), “Extraction, partial purification, and antibacterial activity of phycocyanin from *Spirulina* isolated from fresh water body against various human pathogens”, *Journal of Algal Biomass Utilization*, **3**(3), pp.7-11.

Trichoderma asperellum T10 - Chủng vi sinh tiềm năng đối kháng với nấm *Neoscytalidium dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên thanh long ở Bình Thuận

Lê Thanh Bình*, Trương Minh Ngọc, Hồ Thị Nguyệt, Lê Thị Huyền

Chi nhánh Viện Ứng dụng Công nghệ tại TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 4/7/2022; ngày chuyển phản biện 7/7/2022; ngày nhận phản biện 29/7/2022; ngày chấp nhận đăng 4/8/2022

Tóm tắt:

Chủng *Trichoderma asperellum* T10 được phân lập từ đất trồng thanh long ở tỉnh Bình Thuận có khả năng đối kháng mạnh với nấm *Neoscytalidium dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên thanh long. Kết quả nghiên cứu cho thấy, *T. asperellum* T10 có hiệu suất đối kháng cao với nấm bệnh là 100%, đường kính vòng vô khuẩn đạt 28,00 mm ở điều kiện phòng thí nghiệm. *T. asperellum* T10 có hiệu quả phòng trị bệnh đốm trắng ở điều kiện nhà màng, giảm tỷ lệ bệnh 28-40% và giảm chỉ số bệnh 23-33% so với đối chứng. *T. asperellum* T10 được đề nghị là chủng vi sinh tiềm năng để làm chế phẩm vi sinh phòng trị bệnh đốm trắng trên thanh long.

Từ khóa: bệnh đốm trắng, Bình Thuận, *Neoscytalidium dimidiatum*, thanh long, *Trichoderma asperellum*.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

Thanh long là một trong những cây ăn quả cho giá trị xuất khẩu cao của tỉnh Bình Thuận. Trên cây thanh long, bệnh đốm trắng do nấm *N. dimidiatum* gây ra được xem là bệnh nguy hiểm [1]. Nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng để phòng trị nấm *N. dimidiatum*. Phương pháp điều trị bằng hóa học là hiệu quả nhất, nhưng mang lại nhiều tác dụng phụ gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người và tăng nguy cơ xuất hiện các mầm bệnh kháng thuốc. Do đó, việc kiểm soát bệnh bằng phương pháp sinh học như sử dụng vi sinh vật đối kháng là biện pháp phù hợp [1-3].

Nhiều nghiên cứu cho thấy, một số chủng *Trichoderma* có khả năng kiểm soát vi sinh vật gây bệnh trên cây trồng [4, 5]. Trong số đó, chủng *T. asperellum* được đánh giá là chủng có tiềm năng phòng trị một số bệnh, khả năng sinh trưởng nhanh và hình thành số lượng bào tử lớn [6]. Chủng *T. asperellum* có khả năng đối kháng cao với nấm *Penicillium digitatum* và *Colletotrichum gloeosporioides* [7], phòng trị vi khuẩn *Ralstonia solanacearum* trên gừng [8], giảm 74% tỷ lệ nấm *Sclerotium cepivorum* trên cây hành trong điều kiện nhà kính, giảm tỷ lệ bệnh thối trắng 3,41 và 3,61% so với cây hành được xử lý bằng thuốc diệt nấm hóa học [9], có khả năng đối kháng mạnh với *Fusarium oxysporum* trên cà chua [10].

Hiện nay chưa có nghiên cứu nào công bố về chủng *T. asperellum* đối kháng với nấm *N. dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên thanh long ở tỉnh Bình Thuận. Trong nghiên cứu này, chủng nấm *T. Asperellum* được phân lập, định danh và xác định hiệu quả đối kháng với *N. dimidiatum* được thực hiện.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

Chủng nấm *N. dimidiatum* MB1 (từ Chi nhánh Viện Ứng dụng Công nghệ tại TP Hồ Chí Minh [11]) được phân lập từ mẫu thanh

long bệnh tại tỉnh Bình Thuận, có độc lực gây nhiễm bệnh là 100% và được định danh sinh học phân tử đến loài. Chủng *Trichoderma* spp. được phân lập từ các mẫu đất vườn trồng thanh long và đất rừng Tà Cú ở tỉnh Bình Thuận được dùng để tuyển chọn khả năng đối kháng *N. dimidiatum* MB1.

Phương pháp nghiên cứu

Phân lập và sàng lọc các chủng có khả năng là nấm Trichoderma từ mẫu đất: Pha loãng mẫu đất và cây trái trên môi trường: PGA (thành phần: 200 g khoai tây, 20 g glucose, 20 g agar, 1.000 ml nước), ủ ở nhiệt độ 22-25°C, quan sát khuẩn lạc trên môi trường PGA sau 48-72 giờ, phân lập vi nấm từ những khuẩn lạc riêng lẻ trên đĩa thạch sau khoảng thời gian 4-10 ngày. Xác nhận dòng vi nấm *Trichoderma* spp. dựa trên các đặc điểm hình thái và vi thể [6].

Nghiên cứu khả năng đối kháng N. dimidiatum của các chủng vi sinh tuyển chọn ở điều kiện phòng thí nghiệm:

- Phương pháp đối kháng trực tiếp: Cây nấm bệnh và các chủng vi nấm tiềm năng trên 2 điểm đối xứng nhau qua tâm đĩa petri, các điểm cấy cách mép đĩa 1,5 cm. Đối chứng là đĩa chỉ được cấy riêng nấm bệnh, ủ ở nhiệt độ phòng trong điều kiện tối. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả là giá trị trung bình của 3 lần lặp. Quan sát và ghi nhận kết quả sau 2, 4 và 6 ngày. Tính hiệu quả ức chế nấm bệnh theo công thức sau [5]:

$$H = (Ddc - D)/Ddc * 100$$

trong đó: H: hiệu quả ức chế (%); Ddc: đường kính khuẩn lạc nấm bệnh trung bình trên đĩa đối chứng (mm); D: đường kính khuẩn lạc nấm bệnh trung bình trên đĩa đối kháng (mm).

- Phương pháp khuếch tán qua lỗ thạch: Nuôi cấy chủng vi nấm tiềm năng trên môi trường PGA lỏng trong 48 giờ. Sau đó ly tâm (8.000 vòng/phút trong 5 phút) để loại bỏ sinh khối thu dịch nổi. Nuôi cấy nấm bệnh *N. dimidiatum* trên đĩa môi trường PGA,

*Tác giả liên hệ: thanhbinhbiogg@gmail.com

***Trichoderma asperellum* T10 - A potential microbial strain against the *Neoscytalidium dimidiatum* causes white spot disease on dragon fruit in Binh Thuan province**

Thanh Binh Le*, Minh Ngoc Truong,
Thi Nguyet Ho, Thi Huyen Le

National Center for Technological Progress - Ho Chi Minh Branch

Received 4 July 2022; accepted 4 August 2022

Abstract:

The *Trichoderma asperellum* T10 isolated from soil for dragon fruit growth in Binh Thuan province, has a strong antagonistic ability against the *Neoscytalidium dimidiatum*, causing the white spot disease on dragon fruit. The results showed that *T. asperellum* T10 had a high antagonistic effect against fungal pathogens of 100%, and the inhibitory zone diameter reached 28.00 mm in laboratory conditions. *T. asperellum* T10 has been influential in the prevention and treatment of white spot disease in greenhouse conditions and reducing disease rates by 28-40% and disease index by 23-33% compared to the control. *T. asperellum* T10 is proposed as a potential strain of a microbial product for the prevention and treatment of white spot disease on dragon fruit.

Keywords: Binh Thuan, dragon fruit, *Neoscytalidium dimidiatum*, *Trichoderma asperellum*, white spot disease.

Classification number: 1.6

thu lấy bào tử, pha loãng để đạt nồng độ 10^5 CFU/ml. Phương pháp thu bào tử và pha loãng xác định nồng độ bào tử nấm: Nấm được nuôi cấy trên đĩa môi trường PGA ở 25-28°C khoảng 4 ngày, dùng gạt thủy tinh vô trùng cạo lớp bào tử, cho thêm vào 5 ml nước cất vô trùng, tiến hành lọc qua màng lọc Miracloth (Calbiochem, Đức), tiếp tục thu bào tử bằng cách ly tâm 4000 vòng/phút trong 10 phút, sau đó rửa bào tử 2 lần bằng nước cất vô trùng, dung dịch bào tử được xác định số lượng bào tử dưới kính hiển vi bằng buồng đếm hồng cầu, pha loãng dung dịch bào tử bằng nước cất vô trùng đạt 10^7 CFU/ml, để trong tủ mát -4°C, khi sử dụng pha loãng với nước cất vô trùng đạt 10^5 CFU/ml. Hút 0,1 ml dung dịch chứa bào tử *N. dimidiatum* trải đều trên đĩa petri chứa môi trường PGA. Tạo những giếng nhỏ có đường kính 8 mm. Nhỏ 0,1 ml dịch nuôi cấy các chủng vi nấm đối kháng đã loại sinh khối. Ủ đĩa ở 4°C trong 15 phút cho dịch trong giếng khuếch tán. Sau đó ủ ở nhiệt độ phòng trong 24-48 giờ cho vi nấm *N. dimidiatum* phát triển. Chủng vi nấm nếu có khả năng sinh ra chất kháng khuẩn để ức chế *N. dimidiatum* sẽ xuất hiện vòng kháng khuẩn xung quanh

lỗ thạch. Đo kích thước vòng vô khuẩn xung quanh giếng. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần đối với mỗi chủng cần chọn lọc, kết quả là giá trị trung bình cộng của các lần lặp lại. Tính kích thước vòng vô khuẩn = D-d. Trong đó, D: đường kính vòng đối kháng (mm); d: đường kính lỗ (mm).

Từ phương pháp đối kháng trực tiếp và khuếch tán qua lỗ thạch, tuyển chọn chủng *Trichoderma* có khả năng đối kháng mạnh với nấm bệnh *N. dimidiatum* để tiến hành định danh đến loài. Các chủng vi nấm được định danh đến loài bằng phương pháp giải trình tự vùng ITS-rDNA tại Trung tâm Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.

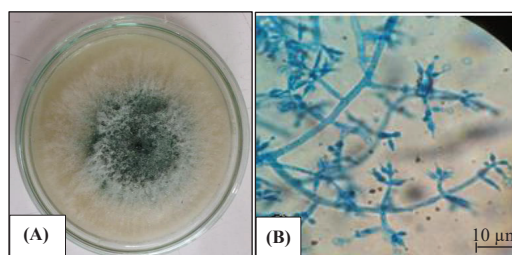
Nghiên cứu khả năng phòng trị bệnh đốm trắng trên cây thanh long của chủng *Trichoderma* ở điều kiện nhà màng: Đối với thí nghiệm phòng bệnh, phun kết hợp tưới gốc *Trichoderma*, sau 10 ngày tiến hành phun kết hợp tưới gốc bào tử vi nấm *N. dimidiatum* lên toàn bộ cây thí nghiệm với nồng độ phun 10^5 CFU/ml (đối với thí nghiệm trị bệnh, phun *N. dimidiatum* trước, sau đó phun xử lý *Trichoderma*). Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên hoàn toàn theo khối, mỗi ô gồm 5 cây với 5 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Theo dõi tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh đốm trắng sau 10, 20 và 30 ngày sau khi xử lý vi nấm.

Phương pháp xử lý số liệu: Các số liệu thí nghiệm được đánh giá bằng các phương pháp thống kê phân tích biến lượng (Analysis of Variance - ANOVA), so sánh trung bình theo phương pháp trắc nghiệm Duncan. Các số liệu ghi nhận được xử lý bằng phần mềm SPSS phiên bản 19.

Kết quả

Phân lập và sàng lọc các chủng nấm có khả năng là *Trichoderma*

Từ 20 mẫu đất thu ở tỉnh Bình Thuận, phân lập được 69 chủng có khả năng là *Trichoderma* qua quan sát các đặc điểm hình dạng khuẩn lạc trên thạch, nhuộm và quan sát đặc điểm tơ nấm, bào tử dưới kính hiển vi quang học ở vật kính x40 và x100. Các khuẩn lạc ban đầu có màu trắng, khi sinh bào tử thì chuyển sang xanh đậm, xanh vàng hoặc lục trắng (hình 1A và 1B). Trong đó, mẫu đất vườn phân lập được 40 chủng (57,97%), đất rừng Tà Cú phân lập được 29 chủng 42,03% (bảng 1).



Hình 1. Hình dạng khuẩn lạc của chủng ĐV8T1 (A); tơ nấm, thể binh và bào tử chủng ĐV8T1 dưới kính hiển vi quang học ở vật kính x100 (B).

Bảng 1. Kết quả sàng lọc các chủng *Trichoderma* từ 20 mẫu đất tỉnh Bình Thuận.

TT	Mẫu đất vườn		Mẫu đất rừng Tà Cú	
	Ký hiệu	Số chủng	Ký hiệu	Số chủng
1	ĐV1	2	ĐR1	4
2	ĐV2	8	ĐR2	9
3	ĐV3	4	ĐR3	0
4	ĐV4	2	ĐR4	1
5	ĐV5	2	ĐR5	1
6	ĐV6	0	ĐR6	0
7	ĐV7	1	ĐR7	0
8	ĐV8	10	ĐR8	1
9	ĐV9	9	ĐR9	1
10	ĐV10	2	ĐR10	12
Tổng		40		29

Nghiên cứu khả năng đối kháng vi nấm *N. dimidiatum* của các chủng *Trichoderma*

Kết quả đối kháng được xác định thông qua hiệu quả ức chế và đường kính vòng kháng khuẩn. Kết quả đối kháng của 19 chủng *Trichoderma* có hiệu quả đối kháng mạnh trong 69 chủng phân lập được thể hiện ở bảng 2 và 3.

Bảng 2. Khả năng ức chế nấm *N. dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên cây thanh long của 19 chủng *Trichoderma* spp. đối kháng mạnh (phương pháp đối kháng trực tiếp).

TT	Phương pháp đối kháng trực tiếp		
	Tên chủng	Hiệu quả ức chế sau 4 ngày (%)	Hiệu quả ức chế sau 6 ngày (%)
1	ĐV8T1	71,85 ^a	100,00 ^a
2	ĐR10T6	68,52 ^{abc}	100,00 ^a
3	ĐV4T2	63,70 ^{abcd}	100,00 ^a
4	ĐV4T1	61,85 ^{abcd}	100,00 ^a
5	ĐR2T5	59,63 ^{abcd}	100,00 ^a
6	ĐR2T9	59,26 ^{abcd}	100,00 ^a
7	ĐR2T4	61,85 ^{abcd}	98,89 ^{ab}
8	ĐV3T2	66,67 ^{abcd}	95,19 ^{abc}
9	ĐR2T7	57,04 ^{bcd}	94,81 ^{abc}
10	ĐR9T1	65,56 ^{abcd}	94,44 ^{abc}
11	ĐV8T7	65,19 ^{abcd}	93,70 ^{abc}
12	ĐR2T6	61,48 ^{abcd}	93,70 ^{abc}
13	ĐR2T3	57,78 ^{bcd}	93,70 ^{abc}
14	ĐV9T5	57,41 ^{bcd}	93,33 ^{abc}
15	ĐV2T6	66,67 ^{abcd}	92,59 ^{abcd}
16	ĐV9T3	58,52 ^{abcd}	92,59 ^{abcd}
17	ĐV8T5	61,85 ^{abcd}	91,85 ^{abcd}
18	ĐV7T1	60,37 ^{abcd}	91,48 ^{abcd}
19	ĐV5T2	60,37 ^{abcd}	90,74 ^{abcd}

Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị trung bình có ký tự theo sau khác nhau có sự khác biệt về mặt thống kê ($p < 0,05$).

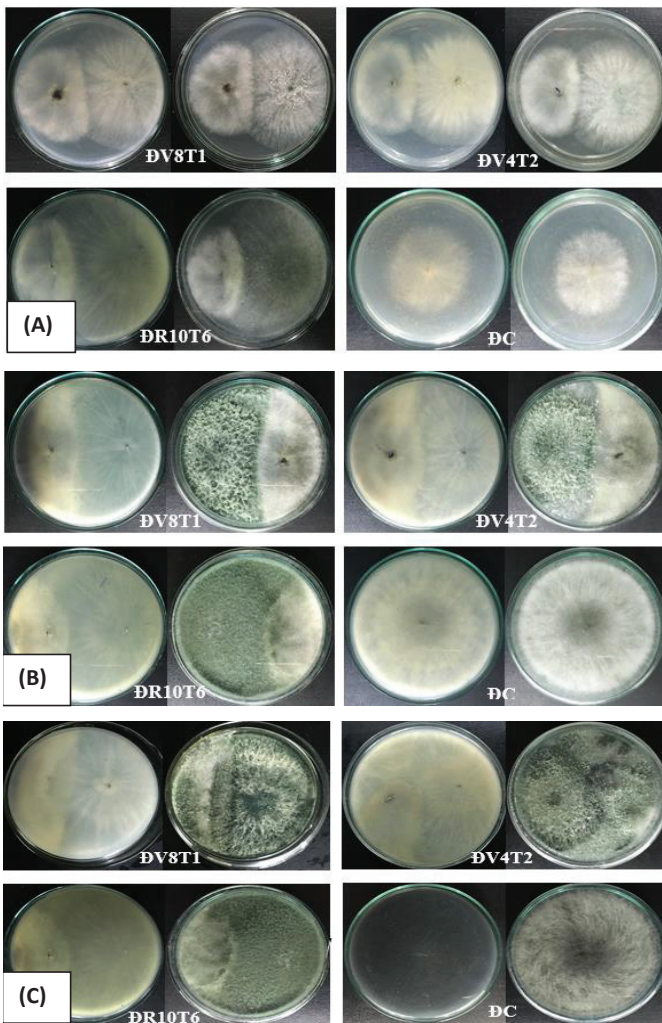
Bảng 3. Khả năng ức chế nấm *N. dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên cây thanh long của 19 chủng *Trichoderma* spp. đối kháng mạnh (phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch).

TT	Phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch	
	Tên chủng	(D-d) (mm)
1	ĐV8T1	28,0 ^a ±2,27
2	ĐV9T4	27,5 ^{ab} ±1,93
3	ĐR10T5	25,5 ^{abc} ±0,96
4	ĐV7T1	25,0 ^{abcd} ±2,48
5	ĐV3T4	23,5 ^{abcde} ±3,10
6	ĐV2T1	23,5 ^{abcde} ±1,71
7	ĐV8T2	22,8 ^{abcde} ±2,81
8	ĐV9T8	22,3 ^{abcde} ±2,32
9	ĐR10T7	20,0 ^{abcde} ±1,18
10	ĐV8T7	19,8 ^{abcde} ±2,29
11	ĐV2T4	19,8 ^{abcde} ±3,71
12	ĐV2T2	19,8 ^{abcde} ±2,56
13	ĐV9T2	19,8 ^{abcde} ±1,18
14	ĐV9T1	18,8 ^{bcd} ±0,48
15	ĐV8T10	18,8 ^{bcd} ±2,17
16	ĐV9T3	18,5 ^{cde} ±3,84
17	ĐR9T1	18,5 ^{cde} ±2,02
18	ĐV9T5	18,3 ^{cde} ±2,06
19	ĐV9T6	18,0 ^{cde} ±3,19

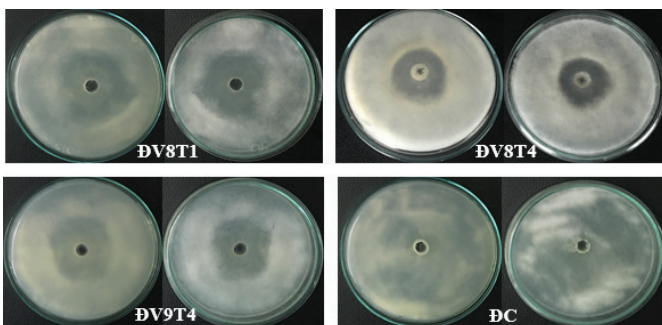
Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị trung bình có ký tự theo sau khác nhau có sự khác biệt về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Qua quan sát sau khi cấy 2 ngày (hình 2 và bảng 2) cho thấy, cả 2 loại nấm *Trichoderma* và *N. dimidiatum* đều phát triển và lan nhanh trên môi trường, giữa vùng nấm bệnh và nấm đối kháng hình thành một đường ranh giới rõ. Sau 2 ngày, tất cả các chủng thử nghiệm đều bắt đầu ghi nhận có khả năng đối kháng *N. dimidiatum*. Sau 4 ngày, hiệu quả ức chế nấm bệnh lớn hơn 57%. Sau 6 ngày, hiệu quả đối kháng ghi nhận rất cao, trong đó có 6 chủng là ĐV8T1, ĐR10T6, ĐV4T2, ĐV4T1, ĐR2T5, ĐR2T9 ức chế hoàn toàn nấm *N. dimidiatum* (hiệu quả đối kháng 100%).

Kết quả bảng 3 và hình 3 cho thấy, sau 4 ngày nuôi cấy, tất cả các chủng thử nghiệm đều có khả năng sinh ra chất kháng khuẩn kháng nấm *N. Dimidiatum* chiếm tỷ lệ 100% với đường kính vòng vô khuẩn lớn hơn 18 mm. Trong đó, chủng ĐV8T1 cho kết quả đối kháng mạnh nhất với (D-d)=28,00 mm.



Hình 2. Chủng *Trichoderma* spp. đối kháng nấm *N. dimidiatum* bằng phương pháp đối kháng trực tiếp. (A) Sau 2 ngày; (B) Sau 4 ngày; (C) Sau 6 ngày. Mũi tên vàng chỉ chủng nấm *N. dimidiatum*; ĐC là chủng nấm *N. dimidiatum* đối chứng; chủng không có mũi tên là nấm *Trichoderma* spp.

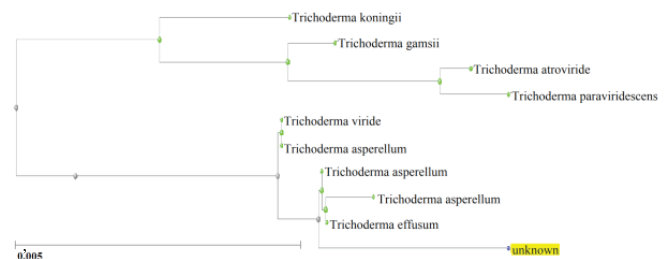


Hình 3. Chủng *Trichoderma* spp. đối kháng nấm *N. dimidiatum* bằng phương pháp khuếch tán qua lỗ thạch.

Từ 2 phương pháp thí nghiệm khảo sát khả năng đối kháng nấm *N. dimidiatum* của các chủng *Trichoderma* cho thấy, DV8T1 là chủng có khả năng đối kháng mạnh nhất ở cả 2 phương pháp. Chủng nấm DV8T1 được định danh đến

loài bằng phương pháp phân tích trình tự vùng ITS-rDNA, so sánh trình tự DNA của chủng DV8T1 với những dòng *Trichoderma* trên cơ sở dữ liệu NCBI.

Qua cây phát sinh chủng loại (hình 4), chủng DV8T1 có quan hệ gần nhất với chủng *T. asperellum* FT101. Tiếp tục so sánh trình tự DV8T1 và chủng *T. asperellum* FT101 (hình 5), kết quả cho thấy có 14 nucleotide khác nhau trong số 1114 nucleotide, chiếm gần 1%. Qua đặc điểm đại thể vi nấm và đặc điểm vi thể, trong nghiên cứu này xác định chủng DV8T1 là loài *T. asperellum* T10.



Hình 4. Cây phát sinh chủng loại của chủng DV8T1 (unknown là chủng DV8T1).

Score	Identities	Gaps	Strand
1940 bits (1050)	1095/1114 (98%)	14/1114 (1%)	Plus/plus
Query 12	AACCC-ATGTG-ACGTTACCAAACTGTTGCTCGGGGGGTCACGCCCGGGTGCCTC	69	
Sbjct 2037153	AACCCAAATGTGAACGTTAAACAACTGTTGCTCGGGGGGTCACGCCCGGGTGCCTC	2037212	
Query 70	AGCCCCGGAACAGGCGCCGCCGGAGGAACCAACAACTCTTCTGTAGTCCCTCG	129	
Sbjct 2037213	AGCCCCGGAACAGGCGCCGCCGGAGGAACCAACAACTCTTCTGTAGTCCCTCG	2037272	
Query 130	GGAGTATTTCTTTACAGCTCTGAGCAAAAAATCAAAATGAATCAAACTTTCAACAG	189	
Sbjct 2037273	GGAGTATTTCTTTACAGCTCTGAGCAAAAAATCAAAATGAATCAAACTTTCAACAG	2037332	
Query 190	GATCTCTTGGTCTGCGATCGATGAAGAACGAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTG	249	
Sbjct 2037333	GATCTCTTGGTCTGCGATCGATGAAGAACGAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTG	2037392	
Query 250	CAGAAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTCGCCCGCAGTATTCGGCGG	309	
Sbjct 2037393	CAGAAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTCGCCCGCAGTATTCGGCGG	2037452	
Query 310	GCATGCTGTGCGAGCGTCAATTCACACCTCGGAACCCCTCGGGGATCGGCGTTGGGGA	369	
Sbjct 2037453	GCATGCTGTGCGAGCGTCAATTCACACCTCGGAACCCCTCGGGGATCGGCGTTGGGGA	2037512	
Query 370	TCGGGACCCCTCACAGGGTGGCGCCCGCTAAATACAGTGGCGGCTCGCCGACGCTCT	429	
Sbjct 2037513	TCGGGACCCCTCACAGGGTGGCGCCCGCTAAATACAGTGGCGGCTCGCCGACGCTCT	2037572	
Query 430	CCTGCGAGTAGTGTGCAACACTCGACCGGGAGCGCGCGCTGCAAGTCCGTAAGCA	489	
Sbjct 2037573	CCTGCGAGTAGTGTGCAACACTCGACCGGGAGCGCGCGCTGCAAGTCCGTAAGCA	2037632	
Query 490	CCCAACTTTCTGAAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCGCTGAATTAAGCATA	549	
Sbjct 2037633	CCCAACTTTCTGAAATGTTGACCTCGGATCAGGTAGGAATACCGCTGAATTAAGCATA	2037692	
Query 550	TCAATAAGCGGAGGAAAGAAACCAAGGGATTGCCCAAGTAAAGGCGAGTGAAGCGG	609	
Sbjct 2037693	TCAATAAGCGGAGGAAAGAAACCAAGGGATTGCCCAAGTAAAGGCGAGTGAAGCGG	2037752	
Query 610	AACAGCTCAAAATTTGAAATCTGGCCCCCTCGGGTCCGAGTTGTAATTTGAGAGGATGCT	669	
Sbjct 2037753	AACAGCTCAAAATTTGAAATCTGGCCCCCTCGGGTCCGAGTTGTAATTTGAGAGGATGCT	2037812	
Query 670	TTTGGTGAGGTGCCGCCGAGTTCCTGGAAAGGGAGCCACAGAGGGTGAGAGCCCCGT	729	
Sbjct 2037813	TTTGGTGAGGTGCCGCCGAGTTCCTGGAAAGGGAGCCACAGAGGGTGAGAGCCCCGT	2037872	
Query 730	CTGGCTGGCCACCGAGCTCTGTAAAGCTCTTCAAGAGTCTGAGTGTGGGAATGCT	789	
Sbjct 2037873	CTGGCTGGCCACCGAGCTCTGTAAAGCTCTTCAAGAGTCTGAGTGTGGGAATGCT	2037932	
Query 850	CAAGTAGAGTGATCGAAAGATGAAAGACCTTGAAGAGAGGGTTAAACAGTACGTGAAA	909	
Sbjct 2037993	CAAGTAGAGTGATCGAAAGATGAAAGACCTTGAAGAGAGGGTTAAACAGTACGTGAAA	2038052	
Query 910	TTGTTGAAAGGGGAGCGCTTGTGACAGACCTTGGGCGCGGGATCATCCGGGGTCTTC	969	
Sbjct 2038053	TTGTTGAAAGGGGAGCGCTTGTGACAGACCTTGGGCGCGGGATCATCCGGGGTCTTC	2038111	
Query 970	TCCGGTGCACTTCGC-CCGTTTCAG-CCAGCATCAGGTTCTGTCGGGGGAAAAAGACTT	1027	
Sbjct 2038112	TCCGGTGCACTTCGC-CCGTTTCAG-CCAGCATCAGGTTCTGTCGGGGGAAAAAGACTT	2038169	
Query 1028	CGGGA-CGTGGCTCCCTCCCGGAGTGTATAGGCGCTGTGATAATACC-TGCCGGATGA	1085	
Sbjct 2038170	CGGGA-CGTGGCTCCCTCCCGGAGTGTATAGGCGCTGTGATAATACC-TGCCGGATGA	2038226	
Query 1086	CTGA-GACCGCGCATCTGCAAG-ATGCGTGGCGTA 1117		
Sbjct 2038227	CTGA-GACCGCGCATCTGCAAG-ATGCGTGGCGTA 2038260		

Hình 5. Kết quả so sánh vùng trình tự ITS của chủng DV8T1 và chủng *T. asperellum* FT101.

Nghiên cứu khả năng phòng bệnh đốm trắng trên cây thanh long của chủng *T. asperellum* T10 ở điều kiện nhà màng

Tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh đốm trắng do *N. dimidiatum* gây ra trên các cây thanh long thí nghiệm sau 10, 20 và 30 ngày được thể hiện ở (bảng 4). Kết quả bảng 4 cho thấy, tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh đốm trắng ở các công thức có chiều hướng tăng dần qua các thời điểm theo dõi, công thức xử lý *T. asperellum* T10 có tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh tăng với chiều hướng thấp hơn so với công thức đối chứng chỉ sử dụng nước lã với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh ở công thức này tại thời điểm 30 ngày giảm tương ứng là 40 và 33% có sự khác biệt thống kê so với công thức đối chứng. Trong nghiên cứu này, *T. asperellum* T10 có hiệu quả phòng bệnh đốm trắng do nấm *N. dimidiatum* gây ra trên cây thanh long so với đối chứng có khác biệt thống kê.

Bảng 4. Tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh khi sử dụng *T. asperellum* T10 để phòng bệnh đốm trắng trên thanh long trong nhà màng.

Công thức	Tỷ lệ bệnh (%)		
	10 ngày	20 ngày	30 ngày
CT1: nước lã	60,0 ^b	80,0 ^b	100,0 ^b
CT2: <i>T. asperellum</i> T10	28,0 ^a	32,0 ^a	60,0 ^a
Công thức	Chỉ số bệnh (%)		
	10 ngày	20 ngày	30 ngày
CT1: nước lã	21,0 ^b	32,0 ^b	52,0 ^b
CT2: <i>T. asperellum</i> T10	7,0 ^a	9,0 ^a	19,0 ^a

Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị trung bình có ký tự theo sau khác nhau có sự khác biệt về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Nghiên cứu khả năng trị bệnh đốm trắng trên cây thanh long của chủng vi nấm đối kháng *T. asperellum* T10 ở điều kiện nhà màng

Tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh đốm trắng khi phun kết hợp với tưới gốc chủng *T. asperellum* T10 trên các cây thanh long đã được nhiễm bệnh nhân tạo trong nhà màng được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Tỷ lệ bệnh và chỉ số bệnh khi sử dụng *T. asperellum* T10 để trị bệnh đốm trắng thanh long trong nhà màng.

Công thức	Tỷ lệ bệnh (%)		
	10 ngày	20 ngày	30 ngày
CT1: nước lã	100,0 ^a	100,0 ^b	100,0 ^b
CT2: <i>T. asperellum</i> T10	92,0 ^a	80,0 ^a	72,0 ^a
Công thức	Chỉ số bệnh (%)		
	10 ngày	20 ngày	30 ngày
CT1: nước lã	44,0 ^a	56,0 ^b	59,0 ^b
CT2: <i>T. asperellum</i> T10	39,0 ^a	34,0 ^a	36,0 ^a

Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị trung bình có ký tự theo sau khác nhau có sự khác biệt về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả bảng 5 cho thấy, qua các thời điểm theo dõi tỷ lệ bệnh ở công thức đối chứng không có dấu hiệu giảm trong suốt 30 ngày (tỷ lệ bệnh 100%). Công thức xử lý *T. asperellum* T10 cho tỷ lệ bệnh giảm 28% có khác biệt thống kê so với đối chứng. Chỉ số bệnh của cây ở các nghiệm thức này sau 20 đến 30 ngày thử nghiệm cũng thấp hơn từ 22 đến 23% có khác biệt thống kê so với công thức đối chứng.

Bàn luận

Chủng *T. asperellum* T10 được phân lập từ đất vườn thanh long tại Bình Thuận, có khả năng thích nghi, định vị và tạo quần thể lớn xung quanh rễ thanh long, giúp phòng trừ lâu dài một số nấm bệnh khác gây hại thanh long [9]. Chủng *T. asperellum* T10 có khả năng cạnh tranh môi trường sống, sử dụng sinh khối nấm bệnh làm dinh dưỡng để tiếp tục phát triển và tiêu diệt nấm bệnh, tiết ra các hoạt chất kháng khuẩn giúp phòng trị bệnh đốm trắng trên cây thanh long từ bên ngoài lẫn bên trong, đặc biệt là tiêu diệt nấm bệnh ẩn náu trên cây thanh long ở vị trí mà thuốc bảo vệ thực vật không tiếp xúc được [8]. Chủng *T. asperellum* T10 có hiệu quả phòng trị bệnh đốm trắng ở điều kiện nhà màng, không ảnh hưởng xấu đến sự sinh trưởng cây thanh long thí nghiệm, *T. asperellum* T10 tiêu diệt trực tiếp và gián tiếp nấm bệnh trong đất và trên cây thanh long, giúp ức chế được sự phát triển và gây hại của nấm bệnh trên cây thanh long nên rất phù hợp cho việc tiếp tục nghiên cứu sản xuất chế phẩm vi sinh phòng trị bệnh đốm trắng trên cây thanh long.

Sau 4 ngày đối kháng, hiệu quả đối kháng *N. dimidiatum* của chủng *T. asperellum* T10 là 71,85%, cao hơn so với hiệu quả đối kháng *N. dimidiatum* của 5 chủng *Trichoderma* spp. do Nguyễn Như Nhút và cs (2019) [12] đã công bố là 59,94-63,02%; cao hơn so với hiệu quả đối kháng *N. dimidiatum* của 3 chủng *Trichoderma* HL135, FJ069 và 2325-2 do D. Chen và cs (2020) [13] đã công bố là 67,60±0,85%. Sau 4 ngày đối kháng, hiệu quả đối kháng *N. dimidiatum* của chủng *T. asperellum* T10 lại thấp hơn so với hiệu quả đối kháng *N. dimidiatum* của 3 chủng *Trichoderma* sp. do Trương Minh Tường và Trần Ngọc Hùng (2012) [5] đã công bố là 100%. Đường kính vòng vô khuẩn sau 4 ngày đối kháng *N. dimidiatum* của chủng *T. asperellum* T10 là 28,0 mm, thấp hơn so với đường kính vòng vô khuẩn sau 5 ngày đối kháng *N. dimidiatum* của chủng *Streptomyces griseorubens* (BCA3) là 48,01±2,07 mm do B.M.A. Hamad và cs (2021) [14] công bố. Nghiên cứu này đóng góp thêm về cơ sở ứng dụng chủng *T. Asperellum* T10 để phòng trị bệnh đốm trắng trên thanh long ngoài đồng ruộng, góp phần giảm thiểu việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật phòng trị

bệnh đốm trắng trên thanh long.

KẾT LUẬN

Chủng *T. asperellum* T10 có hiệu quả đối kháng cao nhất với *N. dimidiatum*, với hiệu quả đối kháng là 100% sau 6 ngày và đường kính vòng vô khuẩn là 28 mm sau 4 ngày đối kháng.

Chủng *T. asperellum* T110 có khả năng phòng trị bệnh đốm trắng trên thanh long ở điều kiện nhà màng, giúp giảm tỷ lệ bệnh 28-40% và chỉ số bệnh 23-33% so với đối chứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chi cục Bảo vệ Thực vật Bình Thuận (2020), *Cẩm nang hướng dẫn về phòng trừ sâu bệnh hại chính trên cây thanh long*.
- [2] Z. Wan, et al. (2017), "Identification of *Trichoderma harzianum* T3.13 and its interaction with *Neoscytalidium dimidiatum* U1, a pathogenic fungus isolated from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia", *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, **3**(3), pp.3205-3228.
- [3] R.H. Yi, et al. (2015), "Fruit internal brown rot caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on pitahaya in Guangdong province China", *Australasian Plant Disease Notes*, **10**(13), pp.1-4.
- [4] Trần Thị Thu Hà, Phạm Thanh Hòa (2012), "Khả năng đối kháng của nấm *Trichoderma* với nấm bệnh hại cây trồng *Sclerotium rolfsii* Sacc trong điều kiện *in vitro*", *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, **75A**(6), tr.49-55.
- [5] Trương Minh Tường, Trần Ngọc Hùng (2012), "Nghiên cứu khả năng phòng, trị một số bệnh ở thanh long bằng *Trichoderma*", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Thủ Dầu Một*, **4**(6), tr.21-28.
- [6] Nguyễn Đức Huy và cs (2017), "Phân lập và đánh giá khả năng đối kháng của *Trichoderma asperellum* đối với tác nhân gây bệnh cây có nguồn gốc trong đất", *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, **15**(12), tr.1593-1604.
- [7] T.X. Vu, et al. (2021), "Potential of *Trichoderma asperellum* as a bio-control agent against citrus diseases caused by *Penicillium digitatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*", *International Journal of Agricultural Technology*, **17**(5), pp.2005-2020.
- [8] S.M.N. Islam, et al. (2020), "Inhibitory effect of *Trichoderma asperellum* isolate against *Ralstonia solanacearum* causing Brinjal wilt", *Ann. Bangladesh Agric.*, **24**(2), pp.107-120.
- [9] W.R. Méndez, et al. (2020), "*Trichoderma asperellum* biocontrol activity and induction of systemic defenses against *Sclerotium cepivorum* in onion plants under tropical climate conditions", *Biological Control*, **141**, pp.104-145.
- [10] M.H.E. Komy, et al. (2015), "Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium wilt*", *Plant Pathol. J.*, **31**(1), pp.50-60.
- [11] Đỗ Thị Thanh Dung và cs (2018), "Khả năng đối kháng của vi khuẩn *Bacillus* sp. với vi nấm *Neoscytalidium dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên thanh long", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh*, **15**(12), tr.32-42.
- [12] Nguyễn Như Nhứt, Nguyễn Thị Ngọc Bích, Nguyễn Thanh Trường, Võ Thị Xuyến (2019), "Phân lập nấm bệnh *Neoscytalidium dimidiatum* trên cây thanh long và nghiên cứu kiểm soát bằng vi sinh vật", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ (Khoa học tự nhiên)*, *Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh*, **3**(4), tr.286-293.
- [13] D. Chen, et al. (2020), "Antagonistic effects of seven *Trichoderma* strains on three pathogens of Pitaya", *Chinese Journal of Tropical Crops*, **41**(12), pp.2501-2506.
- [14] B.M.A. Hamad, et al. (2021), "Effectiveness of augmentative biological control of *Streptomyces griseorubens* UAE2 depends on 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase activity against *Neoscytalidium dimidiatum*", *J. Fungi*, **(7)**, DOI: 10.3390/jof7110885.

Đánh giá một số hoạt tính sinh học của dịch chiết Nghệ trắng (*Curcuma aromatica* Salisb.) thu thập tại Yên Bái

Hà Thị Dung¹, Phan Xuân Bình Minh¹, Trần Bảo Trâm¹, Nguyễn Phương Lan¹, Nguyễn Minh Nam², Vũ Xuân Tạo^{1*}

¹Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện Ứng dụng Công nghệ

²Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 5/7/2022; ngày nhận phản biện 25/7/2022; ngày chấp nhận đăng 29/7/2022

Tóm tắt:

Nghệ trắng (*Curcuma aromatica* Salisb.) là một loại dược liệu quý với nhiều công dụng đã được chứng minh như khả năng kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng viêm, kháng ung thư... Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng kháng khuẩn và chống oxy hóa của dịch chiết từ thân rễ (củ) Nghệ trắng được thu thập ngoài tự nhiên tại Yên Bái. Kết quả cho thấy, dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh với 3 chủng vi khuẩn gây bệnh là *Staphylococcus aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070 và *Escherichia coli* VTCC12272. Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol với các chủng vi khuẩn kiểm định tương ứng đạt 7, 6 và 9 µl/ml. Ngoài ra, dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol cũng thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng ức chế gốc tự do (IC₅₀). Với kết quả thu được bước đầu cho thấy, Nghệ trắng là nguồn nguyên liệu tiềm năng của Việt Nam trong việc phát triển các sản phẩm từ dược liệu.

Từ khóa: chống oxy hóa, dịch chiết, kháng khuẩn, Nghệ trắng (*Curcuma aromatica* Salisb.).

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

Nghệ trắng còn có tên gọi khác là nghệ rừng, ngải trắng, là một loài trong chi nghệ (*Curcuma*), thuộc họ gừng (*Zingiberaceae*). Nghệ trắng phân bố ở một số quốc gia như Ấn Độ, Sri Lanka, Trung Quốc, Myanma, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam [1]. Đây là một loại dược liệu đã được sử dụng phổ biến trong nhiều bài thuốc cổ truyền điều trị các bệnh về đường tiêu hóa, đau khớp, viêm nhiễm, nhiễm trùng da và côn trùng cắn. Nhiều nghiên cứu về thành phần hóa học, hoạt tính sinh học của Nghệ trắng cho thấy đây là một loại dược liệu quý, nhiều tiềm năng ứng dụng. Thân rễ là bộ phận được sử dụng phổ biến nhất của cây Nghệ trắng để làm dược liệu. Chiết xuất thân rễ Nghệ trắng bằng dung môi ethyl acetate đã xác định được các hợp chất như: germacrone, curdione, dehydrocurdione, furanodienone, zederone, curzerenone, curzeone, comosone II, gweicurculactone, curcumenol... [2]. Các hoạt chất trong cây Nghệ trắng đã được khẳng định có khả năng chống ung thư, kháng oxy hóa, chống viêm, kháng khuẩn, chống ho, giảm đau, chữa lành vết thương... [3-6]. Từ các kết quả nghiên cứu trên thế giới cho thấy, Nghệ trắng là nguồn nguyên liệu rất tiềm năng cho ngành dược phẩm và hóa mỹ phẩm. Tuy nhiên, các hoạt chất cũng như hoạt tính sinh học của các cây dược liệu thường khác nhau khá nhiều giữa các vùng phân bố. Vì vậy, việc đánh giá để có thêm các dữ liệu về hoạt tính sinh học của nguồn dược liệu Nghệ trắng ở Việt Nam là rất cần thiết.

Ở Việt Nam, Nghệ trắng phân bố tại một số địa phương như Lai Châu, Yên Bái, Cao Bằng, Hòa Bình... [1]. Nghệ trắng cũng được sử dụng trong một số bài thuốc y học cổ truyền của người Việt Nam. Tuy nhiên, các nghiên cứu về hoạt tính sinh học của nguồn dược liệu Nghệ trắng tại Việt Nam còn hạn chế. Nghiên cứu này bước đầu đưa ra dữ liệu về hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa của dịch chiết từ cây Nghệ trắng tự nhiên thu thập tại Yên Bái. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở khoa học cho việc ứng dụng dịch chiết từ nguồn Nghệ trắng Việt Nam trong việc phát triển các sản phẩm dược liệu và mỹ phẩm.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Các chủng vi sinh vật kiểm định bao gồm: *S. aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070, *E. coli* VTCC12272 được lưu giữ tại Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện Ứng dụng Công nghệ.

Mẫu Nghệ trắng thu tại huyện Trạm Tấu (Yên Bái) được giám định tên khoa học là *Curcuma aromatica* Salisb. bởi Phòng Thực vật, Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật. Sử dụng phần thân rễ Nghệ trắng (củ) để chiết dịch chiết.

Phương pháp chiết dịch chiết Nghệ trắng

Thân rễ Nghệ trắng (củ) thu thập ngoài tự nhiên được rửa sạch, cắt lát, sấy khô và nghiền nhỏ, ngâm chiết mẫu trong dung môi nước và ethanol 99,8% với tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/6 trong 48 giờ (lặp lại 3 lần). Thu toàn bộ dịch chiết và tiến hành loại dung môi bằng thiết bị cô quay

*Tác giả liên hệ: Email: taovx.tsa@gmail.com

Evaluation of biological activities of the extracts from *Curcuma aromatica* Salisb. collected in Yen Bai province

Thi Dung Ha¹, Xuan Binh Minh Phan¹,
Bao Tram Tran¹, Phuong Lan Nguyen¹,
Minh Nam Nguyen², Xuan Tao Vu^{1*}

¹Center for Experimental Biology,
National Center for Technological Progress

²National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 29 July 2022

Abstract:

Curcuma aromatica Salisb. is a precious medicinal herb with proven uses such as antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer abilities, etc. This study aims to evaluate the effects of extracts from the rhizome of *C. aromatica* Salisb. collected in Yen Bai province for antibacterial and antioxidant activities. The results showed that the ethanol extracts of *C. aromatica* Salisb. had strong antibacterial activity against three strains *Staphylococcus aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070, and *Escherichia coli* VTCC12272. The minimum inhibitory concentration (MIC) of the ethanol extracts of *C. aromatica* Salisb. against the three strains achieved 7, 6, and 9 µl/ml, respectively. Besides that, the extracts also proved antioxidant activity by the ability to scavenge free radicals (IC₅₀). The initial findings suggested that *C. aromatica* Salisb. was a potential medicinal herb of Vietnam for developing medicinal products.

Keywords: antibacterial ability, antioxidant activity, *Curcuma aromatica* Salisb, extracts.

Classification number: 1.6

chân không ở nhiệt độ 60°C. Dịch cô chiết thu được được bảo quản ở 4°C để sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo [7].

Xác định hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết Nghệ trắng bằng phương pháp khuếch tán qua đĩa thạch

Chuẩn bị đĩa thạch chứa chủng vi khuẩn thử nghiệm bằng cách trải 100 µl dịch vi khuẩn (10⁶ tế bào/ml) lên đĩa thạch chứa môi trường nuôi cấy vi sinh - LB (peptone 20 g/l, cao nấm men 5 g/l, NaCl 5 g/l, agar 20 g/l). Dùng khoan lỗ thạch để tạo các giếng trên đĩa thạch (đường kính 9 mm). Bỏ sung 50 µl dịch chiết Nghệ trắng (được pha loãng bằng DMSO về các nồng độ khác nhau), sau đó đưa đĩa vào tủ lạnh trong 4 giờ để dịch khuếch tán đều vào môi trường, tiếp theo chuyển sang tủ nuôi cấy ổn nhiệt ở 30°C để vi khuẩn

phát triển. Quan sát và đánh giá kết quả sau 24 giờ nuôi cấy. Thí nghiệm đối chứng sử dụng DMSO bổ sung vào lỗ thạch thay cho dịch chiết. Hoạt tính kháng khuẩn được xác định theo công thức: $D - d$ (mm), với D là đường kính vòng trong không có vi khuẩn; d là đường kính giếng thạch [6].

Xác định MIC vi khuẩn của dịch chiết Nghệ trắng

Môi trường LB được khử trùng và để nguội xuống dưới 50°C, tiến hành trộn đều dịch chiết Nghệ trắng vào môi trường ở các nồng độ từ 1, 2, 3... đến 10 µl/ml, đối chứng sử dụng là DMSO trộn vào môi trường thay vì dịch chiết. Tiến hành đổ môi trường ra các đĩa petri (10 ml/đĩa). Từ ống dịch vi khuẩn (10⁶ tế bào/ml) pha loãng thành các nồng độ 10⁴ và 10⁵ tế bào/ml. Tại mỗi đĩa môi trường, chia đĩa thành 3 hàng, 3 cột (tức lặp lại thí nghiệm 3 lần/đĩa). Nhỏ 5 µl mỗi nồng độ của mỗi loại dịch vi khuẩn vào một cột từ 10⁶, 10⁵ xuống 10⁴, tương đương với số tế bào vi khuẩn lần lượt là 5000, 500 và 50. Sau đó đĩa được chuyển vào tủ nuôi cấy ổn nhiệt ở 30°C. Quan sát và đánh giá kết quả sau 48-72 giờ nuôi. Giá trị MIC là nồng độ dịch chiết mà tại đó 5000 tế bào vi khuẩn bị ức chế sinh trưởng hoàn toàn [8].

Xác định hoạt tính bắt gốc tự do DPPH

DPPH là phương pháp được sử dụng để kiểm tra khả năng chống oxy hóa của mẫu dịch chiết Nghệ trắng. Các bước tiến hành gồm: hút 500 µl dịch chiết được pha loãng bằng DMSO ở các nồng độ khác nhau thêm 3 ml methanol vào ống nghiệm, tiếp tục bổ sung 500 µl dung dịch DPPH (TCI, Nhật Bản) (pha trong methanol) ở nồng độ 0,3 mM sao cho nồng độ dịch chiết đạt được trong phản ứng là 150, 200, 250, 300 và 350 µg/ml. Lắc đều và để trong tối 30 phút, tiến hành đo mẫu ở bước sóng 517 nm. Sử dụng vitamin C (Merck, Mỹ) làm mẫu đối chứng so sánh [9]. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Hiệu suất làm sạch gốc tự do DPPH được tính theo công thức sau:

$$\% \text{ Ức chế DPPH} = [(A_c - A_s)/A_c] \times 100\%$$

trong đó: A_c là giá trị hấp thụ của DPDH không chứa mẫu thử; A_s là giá trị hấp thụ của mẫu thử.

Kết quả hoạt tính chống oxy hóa được thể hiện bằng giá trị IC₅₀. Xây dựng đường chuẩn $y = ax + b$ với phần trăm ức chế DPPH ở các nồng độ khác nhau. Từ đó, tính giá trị IC₅₀ của axit L-ascorbic (vitamin C) hay mẫu thử.

Phương pháp xử lý số liệu

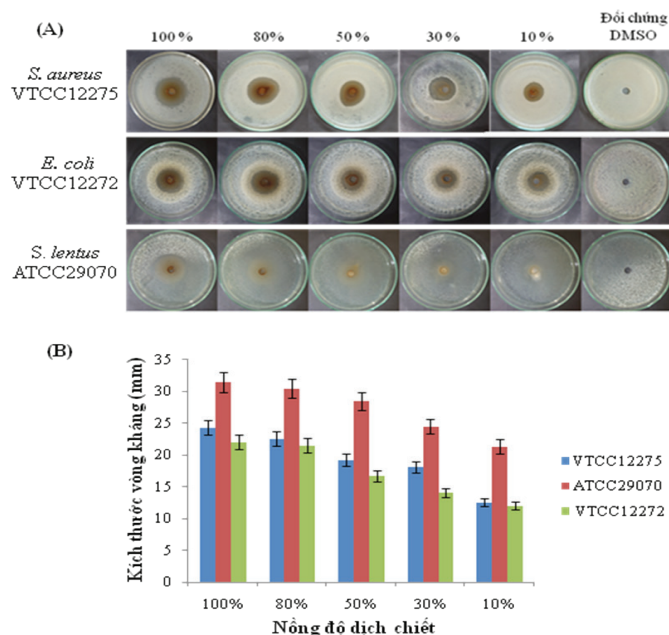
Số liệu thí nghiệm được xử lý thống kê sinh học bằng phần mềm Excel 2007.

Kết quả và bàn luận

Khả năng kháng khuẩn của dịch chiết Nghệ trắng

Nhằm định hướng sử dụng nguồn dịch chiết Nghệ trắng làm nguyên liệu cho việc phát triển các sản phẩm dược liệu kháng khuẩn, nghiên cứu đã tiến hành đánh giá khả

năng kháng khuẩn của dịch chiết Nghệ trắng đối với 3 loài vi khuẩn gây bệnh phổ biến là *S. aureus*, *S. lentus* và *E. coli*. Kết quả cho thấy, dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi là nước thể hiện hoạt tính kháng khuẩn yếu (kháng yếu với *S. aureus* VTCC12275, *E. coli* VTCC12272 và không kháng với *S. lentus* ATCC29070), trong khi đó dịch chiết bằng dung môi là ethanol thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh đối với cả 3 chủng vi khuẩn nêu trên. Khả năng kháng khuẩn giảm đi khi dịch chiết được pha loãng. Tuy nhiên, khi pha loãng 10 lần (nồng độ dịch chiết là 10%), dịch chiết Nghệ trắng vẫn thể hiện khả năng kháng tốt với cả 3 chủng vi khuẩn thử nghiệm (hình 1).



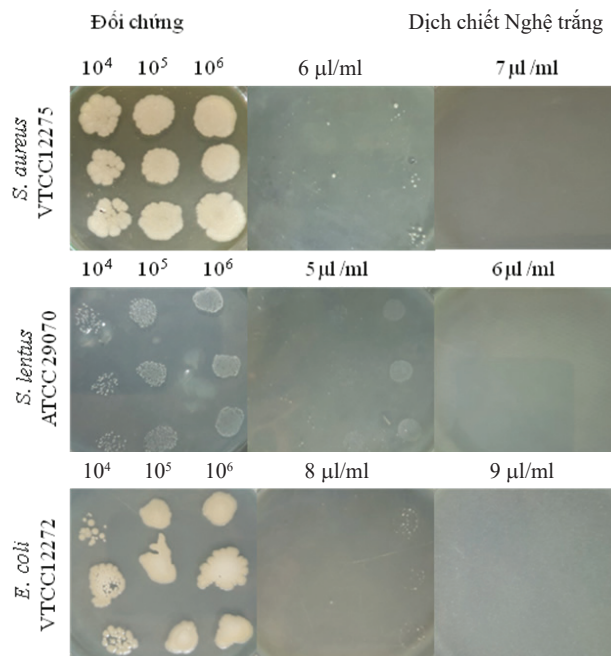
Hình 1. Khả năng kháng khuẩn của dịch chiết Nghệ trắng. (A) Vòng kháng khuẩn trên đĩa môi trường; **(B)** Kích thước vòng kháng.

Các hợp chất germacrone, curcumin, curdione và xanthorrhizol có trong dịch chiết Nghệ trắng đã được nghiên cứu và khẳng định là thành phần có hoạt tính kháng khuẩn mạnh [3]. Nghiên cứu của S. Revathi và N.S. Malathy (2013) [6] thử dịch chiết bằng dung môi hexane mẫu Nghệ trắng thu tại Kerala (Ấn Độ) trên 10 chủng vi khuẩn gây bệnh phân lập ở bệnh viện (gồm 7 chủng gram dương và 3 gram âm) cho kích thước vòng kháng đạt 9-18 mm. Trong khi đó, dịch chiết bằng dung môi ethanol mẫu Nghệ trắng của Việt Nam cho kích thước vòng kháng với *S. aureus*, *S. lentus* và *E. coli* đạt 12-31,5 mm. Đây là kết quả khả quan về hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết ethanol Nghệ trắng Việt Nam. Do vậy, dịch chiết ethanol Nghệ trắng tiếp tục được đánh giá sâu hơn.

MIC và khuẩn kiểm định của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol

Để có thể ứng dụng các hoạt chất từ thực vật trong các sản phẩm dược liệu thì việc nghiên cứu xác định giá trị MIC

là hết sức cần thiết. Kết quả xác định MIC của các chủng vi khuẩn *S. aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070 và *E. coli* VTCC12272 của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol tương ứng là 7, 6 và 9 μ l/ml (hình 2).



Hình 2. MIC vi khuẩn kiểm định của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol.

Đây là nghiên cứu mới xác định giá trị MIC của dịch chiết Nghệ trắng Việt Nam bằng dung môi ethanol với các chủng vi khuẩn gây bệnh là *S. aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070 và *E. coli* VTCC12272. So sánh với các nghiên cứu khác trên các chủng *S. aureus* ATCC25923, *E. coli* ATCC25922 cho thấy, giá trị MIC của dịch chiết Nghệ trắng ở Bangladesh và Ấn Độ đều thấp hơn của dịch chiết Nghệ trắng tại Việt Nam [6, 10]. Kết quả này cho thấy, chất lượng dịch chiết từ Nghệ trắng trong các nghiên cứu cũng có sự khác biệt, điều này có thể được giải thích là do thành phần hoạt chất của Nghệ trắng ở các vùng phân bố khác nhau sẽ khác nhau, hoặc do ảnh hưởng của điều kiện chiết (loại dung môi, thời gian chiết) đến chất lượng dịch chiết Nghệ trắng. Tuy nhiên, với MIC các chủng vi khuẩn gây bệnh kiểm định trong nghiên cứu về dịch chiết Nghệ trắng Việt Nam đạt 6-9 μ l/ml cũng cho thấy đây là nguồn dược liệu tự nhiên rất có tiềm năng ứng dụng trong các sản phẩm kháng khuẩn.

Khả năng chống oxy hóa của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol

Khả năng chống oxy hóa là một trong các đặc tính sinh học quan trọng của các hoạt chất từ thực vật định hướng trong phát triển các sản phẩm hóa mỹ phẩm. Kết quả xác định khả năng chống oxy hóa của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol cho thấy, ở nồng độ 200 μ g/ml, dịch

chiết Nghệ trắng thể hiện khả năng ức chế trên 50% gốc tự do DPPH. Giá trị IC_{50} của dịch chiết Nghệ trắng trong nghiên cứu này đạt 183,80 $\mu\text{g/ml}$ (bảng 1).

Bảng 1. Khả năng chống oxy hóa của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol.

Nồng độ dịch chiết ($\mu\text{g/ml}$)	% khả năng bắt gốc tự do DPPH	Nồng độ vitamin C ($\mu\text{g/ml}$)	% khả năng bắt gốc tự do DPPH
150	45,30 $\pm$ 0,63	20	34,61 $\pm$ 0,63
200	51,49 $\pm$ 0,75	30	50,24 $\pm$ 1,28
250	60,21 $\pm$ 0,55	40	69,46 $\pm$ 1,72
300	66,32 $\pm$ 0,84	50	87,38 $\pm$ 1,94
350	71,47 $\pm$ 0,76	60	97,7 $\pm$ 2,14
IC_{50} dịch chiết Nghệ trắng ($\mu\text{g/ml}$)	183,80 $\pm$ 0,130	IC_{50} Vitamin C ($\mu\text{g/ml}$)	29,05 $\pm$ 0,60

Nghiên cứu của Y.L. Lee và cs (2007) [9] trên cao chiết ethanol thân rễ Nghệ trắng của Nhật Bản có giá trị IC_{50} là 0,27 $\pm$ 0,01 mg/ml (lớn hơn nhiều so với giá trị IC_{50} trong nghiên cứu này) cho thấy, dịch chiết thân rễ Nghệ trắng tại Việt Nam có khả năng chống oxy hóa khá tốt. Một nghiên cứu khác của A. Pintatum và cs (2020) [2] về khả năng chống oxy hóa của dịch chiết Nghệ trắng thu thập tại Thái Lan cho kết quả IC_{50} giao động từ 102,4 đến 127 $\mu\text{g/ml}$. Các hợp chất Curcumene, xanthorrhizol, germacrone và diarylheptanoid được chiết xuất từ thân rễ Nghệ trắng thể hiện hoạt tính oxy hóa mạnh với giá trị IC_{50} là 78,77 $\pm$ 0,01 $\mu\text{g/ml}$ [11]. Nghiên cứu của C. Chen và cs (2022) [12] cũng cho thấy, 8 hợp chất diarylheptanoids có trong thân rễ Nghệ trắng đều thể hiện hoạt tính chống oxy hóa tốt. Điều đó cho thấy, dịch chiết Nghệ trắng là một nguồn chất chống oxy hóa tự nhiên, có tiềm năng ứng dụng làm nguyên liệu cho phát triển các sản phẩm hóa mỹ phẩm.

Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá được hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa của dịch chiết Nghệ trắng tự nhiên thu thập tại tỉnh Yên Bái. Kết quả cho thấy, dịch chiết thân rễ Nghệ trắng bằng dung môi ethanol thể hiện hoạt tính kháng mạnh với 3 chủng vi khuẩn gây bệnh là *S. aureus* VTCC12275, *S. lentus* ATCC29070 và *E. coli* VTCC12272. MIC của dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol với các chủng vi khuẩn kiểm định tương ứng là 7, 6 và 9 $\mu\text{l/ml}$. Đồng thời, dịch chiết Nghệ trắng bằng dung môi ethanol cũng thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng loại bỏ gốc tự do (IC_{50}). Kết quả nghiên cứu cho thấy, Nghệ trắng là nguồn nguyên liệu tiềm năng của Việt Nam trong việc phát triển các sản phẩm dược liệu và hóa mỹ phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quốc Bình (2017), *Họ Gừng - Zingiberaceae Lindl, Thực vật chí Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, tr.259-260.
- [2] A. Pintatum, et al. (2020), “In vitro anti-inflammatory, anti-oxidant, and cytotoxic activities of four *Curcuma* species and the isolation of compounds from *Curcuma aromatica* rhizome”, *Biomolecules*, **10(5)**, DOI: 10.3390/biom10050799.
- [3] M.U. Nura, et al. (2020), “Phytochemical and pharmacological properties of *Curcuma aromatica* Salisb. (wild turmeric)”, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **10(10)**, pp.180-194.
- [4] N. Pant, et al. (2013), “Phytochemical investigation of ethyl acetate extract from *Curcuma aromatica* Salisb.”, *Arabian Journal Chemistry*, **6(3)**, pp.279-283.
- [5] T.P. Preethi, et al. (2010), “Micropropagation and chemical profiling of *Curcuma aromatica*”, *Journal of Tropical Medicinal Plants*, **11(1)**, pp.65-69.
- [6] S. Revathi, N.S. Malathy (2013), “Antibacterial activity of rhizome of *Curcuma aromatica* and partial purification of active compounds”, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **75(6)**, pp.732-735.
- [7] S. Yaohui, et al. (2021), “Ethanol extracts from twelve *Curcuma* species rhizomes in China, antimicrobial, antioxidative and anti-inflammatory activities”, *South African Journal of Botany*, **140**, pp.167-172.
- [8] R. Lambert, J. Pearson (2000), “Susceptibility testing: Accurate and reproducible minimum inhibitory concentration (MIC) and non-inhibitory concentration (NIC) values”, *Journal of Applied Microbiology*, **88(5)**, pp.784-790.
- [9] Y.L. Lee, et al. (2007), “Antioxydant properties of ethanolic and hot water extracts from the rhizome of *Curcuma aromatica*”, *Journal of Food Biochemistry*, **31(6)**, pp.757-771.
- [10] K.S. Shamina, et al. (2013), “Micropropagation and antimicrobial activity of *Curcuma aromatica* Salisb., a threatened aromatic medicinal plant”, *Turkish Journal of Biology*, **37**, pp.698-708.
- [11] W. Pabuprapap, et al. (2022), “*Curcuma aromatica* and *Curcuma comosa* extracts and isolated constituents provide protection against UVB-induced damage and attenuate matrix metalloproteinase-1 expression in HaCaT cells”, *Cosmetics*, **9(23)**, pp.1-18.
- [12] C. Chen, et al. (2022), “Antioxidant effects of diarylheptanoids from two *Curcuma* species”, *Natural Product Research*, **36(3)**, pp.1-8.

Hệ thống đèn tín hiệu đường sắt sử dụng công nghệ LED

Đặng Quang Thạch^{1*}, Nguyễn Bá Thi¹, Nguyễn Quang Hải¹, Cồ Như Văn²

¹Viện Ứng dụng Công nghệ

²Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 6/7/2022; ngày chuyển phản biện 11/7/2022; ngày nhận phản biện 2/8/2022; ngày chấp nhận đăng 5/8/2022

Tóm tắt:

Hiện nay, hệ thống tín hiệu đèn màu đường sắt chủ yếu sử dụng nguồn sáng là bóng đèn sợi đốt. Trong khi đó, các đèn này hoạt động ở chế độ bật - tắt thường xuyên và chịu dao động khi có tàu chạy qua, đây đều là những yếu tố bất lợi làm giảm tuổi thọ của đèn sợi đốt. Do vậy, thời gian làm việc định mức của bóng đèn sợi đốt thường ngắn, kéo theo các yêu cầu về điều kiện bảo trì, thay thế vật tư với tần suất cao. Bài báo trình bày giải pháp sử dụng công nghệ LED thay thế bóng sợi đốt nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên. Ngoài ra, bài báo cũng đề cập đến giải pháp tích hợp công nghệ IoT giúp thu thập dữ liệu trạng thái của từng bóng đèn theo thời gian thực, phục vụ triển khai các giải pháp bảo trì thông minh, nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động và khả năng vận hành tin cậy, ổn định cho hệ thống.

Từ khóa: IoT, LED, tín hiệu đường sắt.

Chỉ số phân loại: 2.1

Giới thiệu

Tín hiệu đèn màu đường sắt

Đèn tín hiệu trên đường sắt được sử dụng để thông báo cho lái tàu trạng thái và chế độ vận hành của khu vực đoạn đường ray phía trước. Theo quy định trong TCCS 10:2014/VNRA [1], đèn tín hiệu gồm nguồn sáng kết hợp với kính màu và thấu kính. Bóng đèn tín hiệu có một dây tóc chính và một dây tóc dự phòng đặt song song, cách nhau $2,5 \pm 0,5$ mm, vị trí tương đối của sợi đốt với kính màu và thấu kính tạo thành hệ quang học đảm bảo góc khuếch tán ánh sáng thuận tiện nhất cho lái tàu quan sát.

Ở trạng thái bình thường, khi cần thấp sáng bóng đèn, sợi đốt chính được cấp điện, nếu sợi đốt chính đứt, mạch điều khiển sẽ tự động cấp nguồn cho sợi đốt dự phòng, đồng thời gửi tín hiệu cảnh báo về trung tâm điều khiển. Nếu cả 2 sợi đốt đều đứt, mạch điều khiển sẽ gửi tín hiệu báo động về trung tâm điều khiển, trong trường hợp này, hoạt động chạy tàu trong phạm vi liên quan sẽ bị ảnh hưởng, tàu phải chạy ở tốc độ thấp theo sự hướng dẫn trực tiếp của người điều hành thậm chí phải dừng lại tùy thuộc vị trí của cột hiệu có bóng đèn gặp sự cố.

Về nguyên lý hoạt động, đèn tín hiệu sử dụng bóng đèn sợi đốt có một số nhược điểm sau:

- Điện trở nguội của sợi đốt khoảng $0,5 \Omega$, tại thời điểm khởi động, dòng điện xung kích lên đến trên 10 A có thể làm đứt sợi đốt và hỏng mạch điều khiển.

- Bóng đèn hoạt động ở chế độ bật - tắt thường xuyên và phải chịu dao động cơ học khi có tàu chạy qua, đây là các yếu tố làm giảm tuổi thọ của đèn sợi đốt.

- Tuổi thọ trung bình của đèn sợi đốt thường khá ngắn, với loại bóng đèn sử dụng khí halogen, thời gian làm việc khoảng 2.000-5.000 giờ.

- Tùy thuộc vai trò, một cột đèn có một hoặc nhiều cơ cấu đèn (hộp đèn), mỗi cơ cấu có một hoặc nhiều đèn màu khác nhau. Mỗi cơ cấu đèn được kết nối với trung tâm thông qua một tuyến cáp riêng, năng lượng và tín hiệu điều khiển, giám sát đều được truyền qua tuyến cáp này. Với thiết kế như trên, hệ thống giám sát chỉ có khả năng phát hiện sự cố khi nó đã xảy ra do không có khả năng thu thập thông tin về các dấu hiệu bất thường cho phép chẩn đoán và dự báo sớm sự cố.

Ưu điểm của đèn LED

So với đèn sợi đốt, đèn LED có một số ưu điểm chính như sau:

- **Hiệu suất phát quang:** được đo bằng đơn vị lumen trên mỗi watt (lm/W). Theo báo cáo [2], hiệu suất trung bình của các đèn LED thương mại phổ biến ở mức 102 lm/W. Đặc biệt, theo thông báo của CREE (Hoa Kỳ) [3], kết quả thử nghiệm bóng đèn LED do CREE sản xuất đạt hiệu suất lên đến 303 lm/W. Như vậy, hiệu suất phát quang của LED vượt xa bóng đèn sợi đốt (khoảng 15 lm/W).

- **Tuổi thọ:** đèn LED không bị ảnh hưởng khi làm việc ở chế độ bật - tắt thường xuyên và môi trường rung động. Đèn LED có dòng khởi động không quá lớn so với dòng làm việc nên không xuất hiện dòng xung kích tại thời điểm khởi động, nhờ đó giảm thiểu hư hại cho đèn và mạch điều khiển. Đèn LED không hỏng đột ngột như tình huống đứt sợi đốt mà chỉ giảm dần cường độ sáng theo thời gian. Chip LED có tuổi thọ 30.000-100.000 giờ. Hầu hết các đèn LED thương mại có tuổi thọ 30.000-50.000 giờ, như vậy nếu sáng liên tục 24 giờ/ngày, đèn LED thương mại có thể sử dụng liên tục 3-5 năm. Để cung cấp thông tin về mức độ suy hao của chip LED, các nhà sản xuất sử dụng hệ số LLMF (Lamp lumen maintenance

*Tác giả liên hệ: Email: dangquangthach@gmail.com

Railway signal light system using LED technology

Quang Thach Dang^{1*}, Ba Thi Nguyen¹,
Quang Hai Nguyen¹, Nhu Van Co²

¹National Center for Technological Progress
²University of Transport and Communications

Received 6 July 2022; accepted 5 August 2022

Abstract:

The railway signal light system mainly uses incandescent light sources. Meanwhile, these lights operate in regular ON and OFF mode and suffer from fluctuations when a train passes by, these are all unfavourable factors that reduce the life of incandescent lamps. Therefore, the rating working time of incandescent bulbs is often short, leading to the requirements for maintenance conditions and replacement of supplies with a high frequency. This paper presents the solution of using LED technology to replace incandescent bulbs to solve the above problems. In addition, the article also mentions a solution that integrates IoT technology to help collect status data of each lamp in real time and support the deployment of smart maintenance solutions to improve operational efficiency and reliable and stable operation of the system.

Keywords: IoT, LED, railway signal.

Classification number: 2.1

factor - hệ số duy trì quang thông) được định nghĩa trong chuẩn CIE 154:2003 [4] do Ủy ban quốc tế về chiếu sáng công bố. Hệ số LLMF mô tả lượng quang thông còn lại sau một thời gian hoạt động của chip LED và tỷ lệ thiết bị đạt được chỉ tiêu đó. Ví dụ, L80B20 50.000 giờ có nghĩa là: sau thời gian 50.000 giờ, thiết bị vẫn có khả năng tạo quang thông bằng 80% quang thông ban đầu (ký hiệu L80) và chỉ có 20% thiết bị không đạt được chỉ tiêu này (ký hiệu B20).

Trên thế giới, một số quốc gia đã sử dụng nguồn sáng LED trong hệ thống đèn tín hiệu đường sắt. Hệ thống đèn tín hiệu LED với thương hiệu LED Signals EU chính thức được chấp thuận sử dụng ở Áo, Slovakia và Đức [5].

Ở Việt Nam, công nghệ LED mới được sử dụng trong các hệ thống đường ngang cảnh báo tự động, ở đó đèn tín hiệu dùng công nghệ LED được dùng để điều khiển phương tiện giao thông chạy trên đường bộ giao cắt với đường sắt.

Thiết kế đèn tín hiệu sử dụng công nghệ LED

Giải pháp

Để tạo ra sản phẩm đèn tín hiệu khai thác các ưu điểm của nguồn sáng LED đồng thời phù hợp với hạ tầng và các quy định hiện hành của ngành đường sắt, giải pháp được đề xuất trong nghiên cứu này như sau:

Một là, sử dụng 2 chip LED thay thế 2 sợi đốt của bóng đèn trên cơ sở đảm bảo các thông số để hình thành hệ quang học tương đương hệ thống hiện có: lựa chọn chip LED tạo ánh sáng trắng có cường độ và quang phổ tương tự bóng đèn sợi đốt, kích thước 1 chip LED, khoảng cách giữa 2 chip LED tương đương kích thước và khoảng cách giữa 2 sợi đốt, khoảng cách từ các chip LED đến kính màu và thấu kính tạo góc khuếch tán ánh sáng tương đương góc tạo bởi bóng đèn sợi đốt.

Hai là, thiết kế mạch điều khiển giám sát thực hiện các chức năng cấp nguồn, giám sát cường độ sáng của chip LED, phát hiện, cảnh báo khi chip LED có cường độ sáng thấp hơn ngưỡng cho phép; chuyển mạch cấp nguồn cho chip LED dự phòng khi cường độ sáng của chip LED chính thấp hơn ngưỡng cho phép; báo động khi phát hiện sự cố, ví dụ cường độ dòng điện qua cả 2 chip LED thấp hơn ngưỡng cho phép.

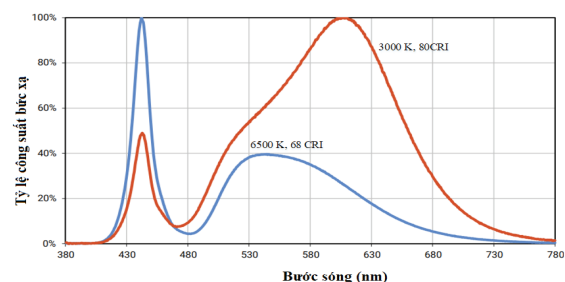
Ba là, tích hợp công nghệ IoT để cung cấp một số tính năng nâng cao cho hệ thống đèn tín hiệu đường sắt như:

- Bảo trì thông minh: Trạng thái hoạt động của từng bóng đèn trong hệ thống được cập nhật theo thời gian thực, các dữ liệu này được lưu trữ và phân tích để phát hiện các dấu hiệu bất thường, từ đó cho phép dự báo sớm sự cố và thời gian phù hợp để thực hiện các hoạt động bảo dưỡng, thay thế thiết bị.

- Chẩn đoán: Khi phát sinh trở ngại, các thông tin về vị trí sự cố, hình thức sự cố sẽ được gửi về trung tâm, hệ thống sẽ kết hợp các số liệu trước đó trong cơ sở dữ liệu để chẩn đoán nguyên nhân, phạm vi ảnh hưởng và chỉ dẫn phương án khắc phục giúp xử lý sự cố trong thời gian nhanh nhất để sớm đưa hệ thống về trạng thái hoạt động bình thường.

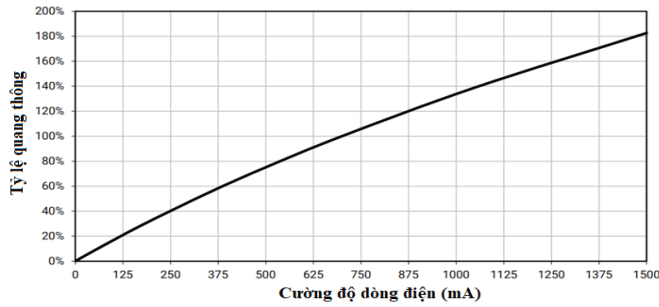
Chế tạo đèn LED

Chip LED được sử dụng trong nghiên cứu này là dòng sản phẩm Extreme High Power (XHP) của nhà sản xuất CREE (mã số XHP50) [6], được lựa chọn trên cơ sở đánh giá sự phù hợp của các thông số quang học của chip LED và các yêu cầu trong TCCS 10:2014/VNRA. Nguồn sáng LED được chế tạo từ loại chip này cho ánh sáng trắng, có cường độ phát sáng trên 8000 mcd và quang phổ có các đặc điểm sau: bước sóng 400-780 nm, nhiệt độ sáng 3000-6500 K, độ hoàn màu CRI 68-80%, quang lượng đạt cực đại ở bước sóng 560-650 nm và 440-450 nm (hình 1).



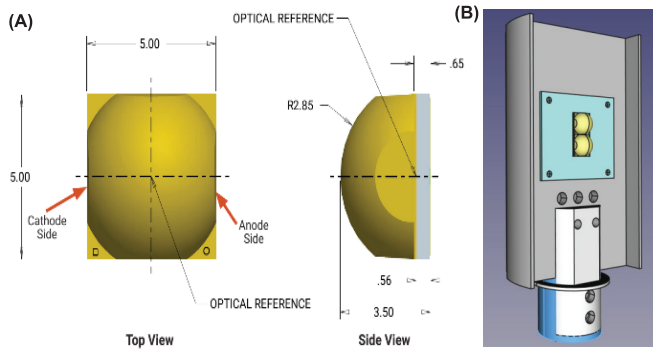
Hình 1. Phân bố quang lượng của nguồn sáng LED theo nhiệt độ sáng [6].

Cường độ sáng của chip LED XHP50 tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện đi qua bóng như đồ thị ở hình 2.



Hình 2. Quan hệ giữa cường độ dòng điện và cường độ sáng của nguồn sáng LED sử dụng chip XHP50 [6].

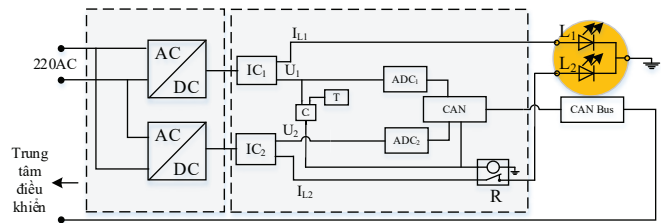
Đối với yêu cầu về góc khuếch tán ánh sáng, với kích thước của chip LED như minh họa ở hình 3A, thiết kế được đèn LED sử dụng làm nguồn sáng cho đèn tín hiệu đường sắt như ở hình 3B, trong đó: i) 2 chip LED đặt cạnh nhau, đóng vai trò của sợi đốt chính và sợi đốt dự phòng; tâm của 2 chip LED cách nhau 2 mm, khoảng cách này nhỏ hơn khoảng cách giữa 2 sợi đốt, thêm vào đó ánh sáng từ chip LED phân bố đều trong phạm vi bán kính 5 mm nên trong trường hợp chuyển sáng chip LED dự phòng, góc khuếch tán ánh sáng của đèn tín hiệu sẽ không thay đổi nhiều so với khi chip LED chính sáng; ii) Vị trí tương đối của các chip LED với kính màu và thấu kính tạo thành hệ quang học đảm bảo góc khuếch tán ánh sáng đáp ứng yêu cầu quy định trong TCCS 10:2014/VNRA.



Hình 3. Kích thước của chip LED (A) [6], bóng LED trong đèn tín hiệu đường sắt (B).

Mạch điều khiển, giám sát

Đèn LED không tắt đột ngột như tình huống đứt sợi đốt, thay vào đó cường độ sáng của đèn LED sẽ suy giảm dần theo thời gian, do đó nhiệm vụ của mạch điều khiển là giám sát cường độ sáng của chip LED chính, kích hoạt chip LED dự phòng làm việc thay thế chip LED chính trong trường hợp phát hiện cường độ sáng của chip LED chính thấp dưới ngưỡng xác định trước. Cấu tạo của mạch điều khiển giám sát được thể hiện ở hình 4. Trong đó, bóng đèn gồm chip LED chính L_1 và chip LED dự phòng L_2 , mỗi chip LED có một bộ nguồn riêng. IC_1 , IC_2 dùng đo cường độ dòng I_{L1} , I_{L2} cấp cho L_1 , L_2 , kết quả đo là tín hiệu U_1 , U_2 trong khoảng 0-5 V tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện chạy qua chip LED từ 0 đến I_{max} và cường độ sáng của chip LED là 0- L_{max} . U_1 được so sánh với ngưỡng T để kiểm tra điều kiện cường độ sáng của đèn lớn hơn mức tối thiểu cho phép, kết quả so sánh được dùng để lựa chọn chip LED L_2 làm việc thông qua điều khiển đóng/cắt tiếp điểm của các relay R.



Hình 4. Nguyên lý làm việc của mạch điều khiển giám sát đèn tín hiệu.

Trong nghiên cứu này, IC MAX4080TASA+T được sử dụng để đo cường độ dòng tiêu thụ của chip LED, IC này được tích hợp trong mạch đo cường độ dòng điện có các thông số làm việc như sau:

- Đầu vào: Cường độ dòng điện chạy qua chip LED, giá trị trong khoảng 0-2000 mA.

- Đầu ra: Điện áp tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện chạy qua chip LED, giá trị trong khoảng 0-5 V, tương ứng với dòng điện chạy qua chip LED 0-2000 mA và cường độ sáng của chip LED là 0- L_{max} .

Bộ nguồn chế tạo trong nghiên cứu này có khả năng cấp dòng cực đại $I_{max}=2000$ mA, điện áp một chiều 12 V, mỗi chip LED được trang bị một bộ nguồn riêng nhằm đảm bảo khả năng dự phòng.

Nguyên lý làm việc của mạch

Khi đèn được cấp nguồn, dòng điện I_{L1} được đo trị số bằng IC_1 , kết quả đo là điện áp U_1 tỷ lệ thuận với cường độ dòng I_{L1} , U_1 được so sánh với ngưỡng T, nếu U_1 lớn hơn T, tiếp điểm R sẽ mở, tương ứng với L_2 sẽ tắt đi sau khi L_1 sáng ổn định. Nếu U_1 nhỏ hơn ngưỡng T (tương ứng cường độ sáng L_1 thấp hơn mức yêu cầu), tiếp điểm R sẽ đóng để cấp điện thấp sáng L_2 , khi đó cả 2 chip LED đều sáng, đồng thời hệ thống giám sát sẽ gửi tín hiệu báo động về trung tâm, trong khoảng thời gian đợi thay thế sửa chữa, bóng đèn vẫn có thể hoạt động với cường độ sáng đáp ứng mức yêu cầu nhờ 2 chip LED cùng sáng bổ sung cho nhau.

Việc xác định ngưỡng T được thực hiện thông qua đo trị số U_1 tại cường độ sáng của L_1 thấp hơn mức yêu cầu. Giá trị ngưỡng T được xác định thông qua đặc tuyến tại hình 2 và thực nghiệm như ở bảng 1.

Bảng 1. Xác định ngưỡng cường độ sáng cho chip LED L_1 .

TT	Điện áp nguồn (V)	Vào đèn (V)	Dòng điện trên chip LED (mA)	Quang thông đèn tín hiệu (Lm)	U_1 (V)	Đầu ra ADC ₁	Ghi chú
1	12,4	12,15	1.120	1.820	2,55	0x201	
2	12,3	12,1	1.024	1.682	2,3	0x1D5	
3	12,1	11,9	822	1.416	1,9	0x178	
4	11,9	11,7	707	1.350	1,6	0x143	Vùng làm việc hiệu quả
5	11,7	11,6	600	1.081	1,4	0x111	
6	11,6	11,5	550	1.000	1,25	0x0FA	Ngưỡng chuyển chip LED

Kết quả thực nghiệm ở bảng 1 cho thấy, mức quang thông của đèn LED cao hơn yêu cầu trong TCCS 10:2014/VNRA khi $U_1 > 1,25$ V, vậy ta có thể chọn ngưỡng kích hoạt chip dự phòng là $T=1,25$ V. Để đảm bảo khả năng làm việc ổn định và tuổi thọ của bóng đèn, theo khuyến cáo từ nhà sản xuất cần duy trì dòng làm việc trong phạm

Ngoài dùng để đóng/cắt mạch cấp nguồn cho chip LED, điện áp U_1 , U_2 mang thông tin về cường độ sáng hiện tại của chip LED sẽ được chuyển đổi thành giá trị số bằng các bộ ADC₁, ADC₂ để truyền về trung tâm phục vụ giám sát, phát hiện các dấu hiệu bất thường, cảnh báo sớm sự cố, hỗ trợ chẩn đoán, bảo trì hệ thống. Trên cơ sở phân tích số liệu thu thập được về cường độ dòng điện tiêu thụ của chip LED theo thời gian, hệ thống giám sát có thể dự báo thời điểm cần bảo trì, thay thế bóng đèn tín hiệu nhằm hạn chế các tình huống hỏng hóc bất thường.

Dữ liệu trạng thái của các đèn được gửi về phòng điều khiển qua mạng Can, tại đây tín hiệu chuyển sợi đốt (nếu có) được cảnh báo trên màn hình HMI của trực ban chạy tàu, số liệu về cường độ sáng được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu cục bộ tại máy trạm kỹ thuật phục vụ chẩn đoán trong trường hợp có sự cố. Máy trạm kỹ thuật đồng thời đóng vai trò là gateway trong mô hình IoT thu thập số liệu trạng thái hoạt động của hệ thống phục vụ các chức năng bảo trì thông minh.

Sản phẩm đã được lắp đặt thử nghiệm tại 2 ga Âm Thượng và Đoàn Thượng từ đầu năm 2021. Quy mô thử nghiệm gồm 2 hệ thống đèn tín hiệu hoàn chỉnh lắp đặt trên 2 ga với tổng số 24 cột đèn tín hiệu, 72 đèn tín hiệu được bố trí trên mặt bằng ga và khu gian giữa 2 ga theo quy cách của ngành đường sắt (hình 5). Mục đích của việc thử nghiệm là đánh giá khả năng làm việc của hệ thống đèn tín hiệu sử dụng công nghệ LED trong điều kiện thực tế, bao gồm khả năng hoạt động ổn định, tin cậy, các chức năng giám sát cường độ sáng, cảnh báo sự cố, truyền thông với hệ thống liên khóa... Trong quá trình thử nghiệm, hệ thống thực hiện tốt các bài kiểm tra về khả năng vận hành theo các tình huống thực tế và quy trình nghiệp vụ của ngành đường sắt. Các đèn tín hiệu đáp ứng yêu cầu về cường độ sáng và chức năng giám sát, cảnh báo theo yêu cầu, đặc biệt đèn tín hiệu dùng bóng LED được thiết kế, chế tạo trong phạm vi nghiên cứu đã thể hiện được khả năng làm việc liên tục mà không cần thay thế trong thời gian hơn một năm thử nghiệm.

Sản phẩm đèn tín hiệu được phát triển trong nghiên cứu này khai thác các thế mạnh của công nghệ LED, đem lại các lợi ích và tính năng



Hình 5. Hệ thống đèn tín hiệu sử dụng công nghệ LED.

- Nâng cao độ tin cậy, ổn định cho hệ thống đèn tín hiệu nhờ giảm thiểu nguy cơ hỏng đột suất so với đèn sợi đốt do khắc phục được các điểm yếu của đèn sợi đốt như: loại bỏ dòng xung kích tại thời điểm khởi động, có khả năng làm việc ở chế độ bật/tắt thường xuyên, chịu được dao động cơ học.

- Có thể triển khai trên hạ tầng hiện có: Đèn LED được thiết kế để có thể lắp đặt trực tiếp vào các cơ cấu đèn hiện có, kết hợp với kính màu và thấu kính để tạo góc khuếch tán ánh sáng tương tự hệ thống đèn sợi đốt.

Công nghệ IoT được tích hợp trong hệ thống cho phép thu thập dữ liệu trạng thái từng thiết bị theo thời gian thực, lượng dữ liệu này cho phép triển khai các chức năng nâng cao như chẩn đoán sự cố, bảo trì thông minh, dự báo thời điểm cần thay thế, bảo trì thiết bị tính năng này góp phần nâng cao khả năng vận hành tin cậy, ổn định cho hệ thống.

Giải pháp giới thiệu trong bài báo này là một trong số các kết quả nghiên cứu thuộc nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp quốc gia mã số ĐTĐLCN.12/17 do Viện Ứng dụng Công nghệ chủ trì. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

[1] Cục Đường sắt Việt Nam (2014), *Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 10:2014/VNRA - Tiêu chuẩn vật tư, vật liệu, thiết bị, linh kiện sử dụng trong công tác bảo trì công trình Thông tin Tín hiệu đường sắt*.

- [2] U.S. Department of Energy (2019), *2019 Lighting R&D Opportunities*.
- [3] E.F. Schubert (2018), *Light - Emitting Diodes* (3rd Edition), 672pp, Cambridge University Press.
- [4] International Commission on Illumination (2003), *The Maintenance of Outdoor Lighting Systems*, CIE 154:2003.
- [5] <https://www.zelisko.com/del>.
- [6] <https://assets.cree-led.com/a/ds/x/XLamp-XHP50.2.pdf>.
- [7] W. Lawrenz (1997), *CAN System Engineering from Theory to Practical Applications*, Springer New York Publisher.
- [8] https://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00171190-stm32f101xx-stm32f102xx-stm32f103xx-stm32f105xx-and-stm32f107xx-advanced-arm-based-32-bit-mcus-stmicroelectronics.pdf.

Thiết kế thiết bị giám sát máy móc ngoài trời có tích hợp công nghệ định vị chính xác động học thời gian thực (real-time kinematic)

Nguyễn Bá Đạt^{1*}, Nguyễn Hoàng Long¹, Nguyễn Quốc Hưng¹, Lê Quốc Tuấn¹,
Trần Hà², Nguyễn Văn Đưa¹, Hoàng Sĩ Hồng³

¹Trung tâm Công nghệ Vi điện tử và Tin học, Viện Ứng dụng công nghệ

²Trung tâm Ươm tạo Công nghệ và Doanh nghiệp khoa học công nghệ, Viện Ứng dụng công nghệ

³Trường Điện - Điện tử, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 11/7/2022; ngày chuyển phản biện 15/7/2022; ngày nhận phản biện 28/7/2022; ngày chấp nhận đăng 2/8/2022

Tóm tắt:

Việc xác định được vị trí chính xác của phương tiện, máy móc ngoài trời là điều quan trọng hàng đầu trong các ứng dụng quản lý, theo dõi, phân tích và điều khiển. Tuy nhiên, hầu hết các thiết bị giám sát hành trình phương tiện hiện nay có sai số cỡ từ vài m tới vài chục m, không đủ đáp ứng cho những ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao. Bài báo trình bày về thiết kế một thiết bị giám sát máy móc ngoài trời có tích hợp công nghệ định vị chính xác kiểu động học thời gian thực real-time kinematic (RTK). Thiết bị sử dụng mô đun Zed F9P của U-Blox làm lõi thực hiện chức năng định vị chính xác. Nhờ tích hợp công nghệ định vị RTK, thiết bị có thể giám sát vị trí của máy móc ở ngoài trời với độ chính xác tới mức cm.

Từ khóa: định vị chính xác, giám sát máy móc ngoài trời, GNSS, NTRIP, RTK.

Chỉ số phân loại: 2.2

Đặt vấn đề

Việc giám sát hoạt động của các phương tiện, máy móc ngoài trời là vấn đề quan trọng giúp nâng cao hiệu quả vận hành, đồng thời cung cấp các thông tin hữu ích giúp nhà quản lý phân tích và ra quyết định. Tại Việt Nam, xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách, xe ô tô kinh doanh vận tải hàng hóa bằng công-ten-nơ, xe đầu kéo kéo rơ moóc, sơ mi rơ moóc hoạt động kinh doanh vận tải và xe ô tô kinh doanh vận tải hàng hóa phải gắn thiết bị giám sát hành trình [1]. Tuy nhiên, hầu hết các thiết bị giám sát hành trình trên thị trường chỉ có độ chính xác từ vài m tới vài chục m. Trong những ứng dụng phân tích và điều khiển, độ chính xác vị trí yêu cầu cần đạt tới mức cm [2].

Có 2 phương pháp phổ biến để đạt được độ chính xác định vị tới mức cm là định vị điểm chính xác (Precise point positioning - PPP) và RTK [3]. PPP là dịch vụ định vị chính xác toàn cầu sử dụng tất cả các chòm sao GNSS có sẵn. PPP yêu cầu sự sẵn có của quỹ đạo vệ tinh tham chiếu chính xác và các sản phẩm đồng hồ sử dụng mạng lưới các trạm tham chiếu GNSS được phân phối trên toàn thế giới (IGS) [4]. Kết hợp các vị trí vệ tinh và đồng hồ chính xác với máy thu GNSS tần số kép, PPP có thể cung cấp các giải pháp vị trí ở cấp độ cm [4]. Hiệu suất độ chính xác thậm chí có thể tốt hơn, ví dụ: cấp độ dưới cm, trong xử lý hậu kỳ và ở chế độ tĩnh [4]. Nhược điểm của PPP là thời gian hội tụ tương đối dài, khoảng thời gian để đạt được độ chính xác cấp độ thường lên đến 30 phút [5]. RTK là một kỹ thuật GNSS vì sai cung cấp hiệu suất định vị cao trong vùng lân cận của một trạm tham chiếu gốc (trạm base) [6]. Kỹ thuật này dựa trên việc sử dụng các phép đo sóng mang và việc truyền các hiệu chỉnh từ trạm tham chiếu gốc, có vị trí đã được biết rõ, tới bộ thiết bị di động (rover), để các lỗi chính dẫn đến định vị độc lập bị loại bỏ [6]. Một trạm tham chiếu gốc RTK bao phủ một khu vực dịch vụ trải rộng khoảng 10 hoặc 20 km và cần có một

kênh liên lạc thời gian thực để kết nối trạm gốc và thiết bị di động [6]. RTK đạt được hiệu suất trong phạm vi vài cm, là một kỹ thuật thường được sử dụng trong các ứng dụng khảo sát [6].

Công nghệ RTK được áp dụng phổ biến trên thế giới trong nhiều lĩnh vực, như trắc địa và đo đạc bản đồ, giám sát và điều khiển máy móc... [2, 7]. Tại Việt Nam, đã có một số nghiên cứu khảo sát về độ chính xác của phương pháp định vị RTK và ứng dụng chế tạo hệ thống định vị công ten nơ trong cảng biển [8, 9]. Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước chủ yếu sử dụng hệ thiết bị thương mại, dưới góc nhìn của nhóm tác giả thì chưa có báo cáo về việc tích hợp công nghệ định vị RTK lên mạch in của thiết bị.

Bằng phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm, chúng tôi đã thiết kế một thiết bị định vị giám sát máy móc ngoài trời có khả năng xác định vị trí chính xác tới mức cm. Nội dung bài báo cũng trình bày một đề xuất về mô hình hệ thống giám sát máy móc ngoài trời có tích hợp công nghệ định vị chính xác RTK, cách thiết lập trạm tham chiếu gốc và máy chủ truyền nhận dữ liệu hiệu chỉnh qua internet (ntrip caster).

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Hệ thống giám sát hành trình thông thường bao gồm 2 thành phần là thiết bị gắn trên xe và trên máy chủ đón dữ liệu để xử lý các nghiệp vụ quản lý. Để tích hợp công nghệ định vị RTK, cần bổ sung thêm 2 thành phần nữa là trạm cơ sở và máy chủ truyền nhận dữ liệu hiệu chỉnh. Chúng tôi đề xuất một mô hình hệ thống giám sát máy móc ngoài trời tích hợp công nghệ định vị động thời gian thực (hình 1) gồm 4 thành phần: 1) Trạm tham chiếu gốc hay còn gọi là trạm cơ sở; 2) Máy chủ truyền nhận dữ liệu hiệu chỉnh (ntrip caster); 3) Thiết bị giám sát máy móc ngoài trời (rover); 4) Máy chủ quản lý giám sát máy móc ngoài trời.

*Tác giả liên hệ: Email: datnb.2202@gmail.com

Designing an outdoor machinery monitoring device with integrated real-time kinematic positioning

Ba Dat Nguyen^{1*}, Hoang Long Nguyen¹,
Quoc Hung Nguyen¹, Quoc Tuan Le¹, Ha Tran²,
Van Dua Nguyen¹, Si Hong Hoang³

¹Center for Microelectronics and Information Technology,
National Center for Technological Progress

²Nacentech Technology and Business Incubator Center,
National Center for Technological Progress

³School of Electrical and Electronic Engineering,
Hanoi University of Science and Technology

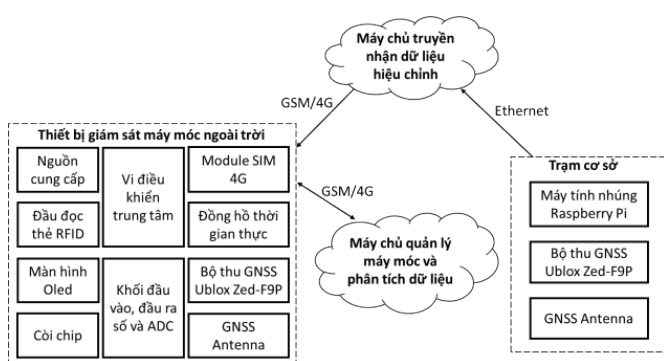
Received 11 July 2022; accepted 2 August 2022

Abstract:

Accurate positioning of outdoor vehicles and machinery is of the top importance in management, tracking, analysis, and control applications. However, most of the current vehicle tracking devices have an error of a few meters to several tens of meters, which is not enough for applications requiring high accuracy. This paper presents the design of an outdoor machinery monitoring device that integrates precise positioning technology of real-time kinematic (RTK). The device uses U-Blox's Zed F9P module as the core to perform the high accuracy positioning function. Thanks to the integration of RTK positioning technology, the device can monitor the location of machinery outdoors with centimeter-level accuracy.

Keywords: GNSS, NTRIP, outdoor machinery monitoring, precision positioning, RTK.

Classification number: 2.2



Hình 1. Mô hình hệ thống theo dõi, giám sát máy móc ngoài trời.

Trạm cơ sở là một bộ thu GNSS tĩnh, với ăng-ten thu được cố định trên một giá đỡ ổn định với tầm nhìn thoáng trên bầu trời. Tọa độ của trạm cơ sở cần được xác định trước rất chính xác (đến từng mm). Trong suốt quá trình hoạt động, trạm cơ sở sẽ “lắng nghe” tất cả các vệ tinh GPS, Glonass, Galileo, BeiDou và so sánh trong thời

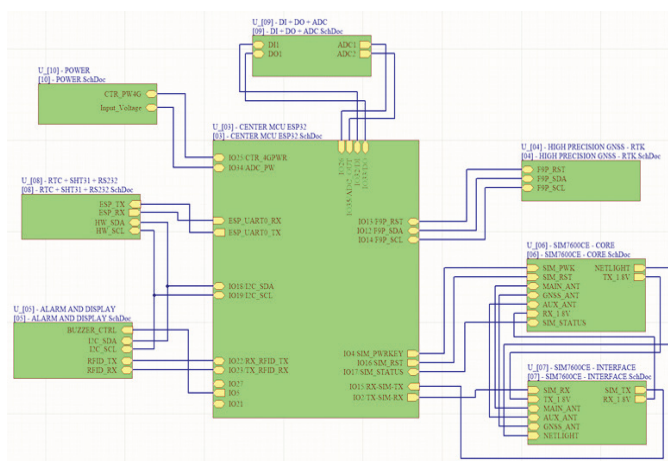
gian thực vị trí ước tính của nó thông qua tín hiệu vệ tinh với vị trí thực của nó. Kết quả thu được là một luồng dữ liệu (RTCM) sẽ được gửi lên một máy chủ trung gian để phân phối đến các máy thu di động khác (rover) để sửa lại vị trí của nó. Trong mô hình này, phần cứng của trạm cơ sở gồm có: 1 ăng-ten GNSS hai tần số, 1 bộ thu GNSS Zed-F9P của U-Blox có tích hợp nhân xử lý RTK, 1 máy tính nhúng Raspberry Pi. Trạm cơ sở được xây dựng tham khảo theo dự án mã nguồn mở Centipede RTK [10].

Ủy ban Kỹ thuật vô tuyến cho dịch vụ hàng hải đã đưa ra một giao thức tiêu chuẩn để gửi dữ liệu quan sát vệ tinh qua một liên kết vô tuyến. Vì vậy, một trạm cơ sở từ một nhà sản xuất có thể gửi các quan sát đến một rover từ một nhà sản xuất khác. Đây được gọi là giao thức RTCM, nó hiện tại đang ở phiên bản thứ 3 [11]. Các bản tin RTCM từ trạm cơ sở được gửi đến rover theo cách truyền thống thông qua kênh truyền sóng vô tuyến (chẳng hạn như LoRa), tuy nhiên cách này có hạn chế là phạm vi ngắn và không phân phối được cho một số lượng lớn rover. Để cung cấp một giải pháp thay thế tốt hơn cho RTCM qua liên kết vô tuyến, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) đã xác định mạng vận tải RTCM qua giao thức internet (NTRIP) thay thế liên kết vô tuyến bằng kết nối HTTP qua internet. Điều này yêu cầu trạm base và rover phải được kết nối với internet và có thể giao tiếp với nhau. Để đạt được điều đó, một trong các thiết bị liên quan phải có địa chỉ internet được công bố, tức là địa chỉ IP cố định và tên miền. Đó là mục đích của caster. Một caster nhận lưu lượng NTRIP từ một hoặc nhiều trạm base và định tuyến nó đến một hoặc nhiều rover. Có bộ truyền tín hiệu trung gian có nghĩa là cả trạm base và rover đều không cần bất kỳ loại kết nối trực tiếp nào với nhau. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thuê một máy chủ và đăng ký tên miền, sau đó cài đặt phần mềm caster mã nguồn mở của BKG [11].

Thiết bị giám sát máy móc ngoài trời hoạt động trên nguyên tắc thu thập các thông tin trạng thái hoạt động của máy móc, sau đó lưu trữ lại trên thiết bị và truyền tin về một máy chủ quản lý theo dõi. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào thông số vị trí chính xác của máy móc ngoài trời. Tuy vậy, khi thiết kế phần cứng nhóm tác giả vẫn tính toán để dự phòng các tính năng mở rộng gồm: màn hình oled để hiển thị trạng thái hoạt động của thiết bị, còi chip để phát tín hiệu thông báo, cảnh báo, đầu đọc thẻ RFID để xác thực phiên hoạt động của lái máy, các cổng vào ra số và ADC phục vụ việc mở rộng tính năng để kết nối đến cảm biến, đo và điều khiển các đối tượng trên xe. Các khối phần cứng được tích hợp và kết nối với nhau trên một bảng mạch in duy nhất. Hình 2 là sơ đồ nguyên lý kết nối các khối phần cứng được chụp từ phần mềm thiết kế mạch.

Các máy thu vệ tinh GNSS có hỗ trợ RTK chuyên nghiệp trên thị trường có giá thành rất đắt, lên tới hàng nghìn USD. Vì vấn đề chi phí và khả năng tích hợp nhỏ gọn vào mạch in, module Zed-F9P của Ublox được lựa chọn cho khối thu GNSS. Để thuận tiện cho thiết kế thử nghiệm, chúng tôi sử dụng bo mạch SparkFun GPS-RTK-SMA đã ra chân các giao diện kết nối của Zed-F9P có giá là 275 USD [12].

Để thiết bị giám sát máy móc ngoài trời có thể kết nối với internet một cách linh hoạt, di động nhất có thể, giải pháp mạng di



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý thiết bị giám sát máy móc ngoài trời.

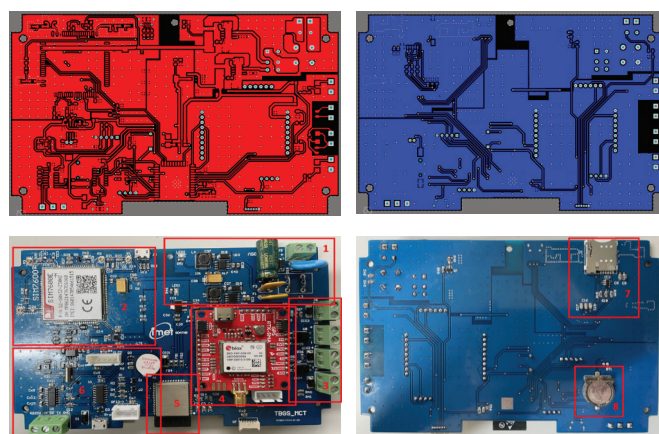
Động cơ 4G được lựa chọn với phần cứng là module SIM7600E của SINGCOM. Vì điều khiển trung tâm sử dụng trong nghiên cứu này là ESP32 - một SoC (System on Chip) vừa mạnh mẽ vừa có giá thành rẻ. Vì điều khiển trung tâm chính là hạt nhân kết nối tất cả các ngoại vi của thiết bị. Một thành phần rất quan trọng nữa trên thiết bị là khối nguồn. Với đặc thù là thiết bị gắn trên xe, nguồn điện cho thiết bị được trích ra từ bình điện (ắc quy) trên xe kết hợp với nguồn điện từ máy phát khi xe nổ máy. Do trên xe còn có những phụ tải khác, và công suất cấp ra phụ thuộc vào tốc độ vòng tua của động cơ, vì vậy việc thiết kế nguồn của thiết bị cần đặc biệt lưu ý để đảm bảo hoạt động ổn định.

Máy chủ quản lý giám sát máy móc ngoài trời là một máy chủ web thực thi các nghiệp vụ giám sát, quản lý phương tiện và máy móc. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng một phiên bản thử nghiệm tập trung vào chức năng đón dữ liệu từ thiết bị dưới hiện trường, sau đó lưu vào cơ sở dữ liệu và vẽ lại hành trình cùng các thông số hoạt động gồm tọa độ, tốc độ và độ chính xác ước tính của kết quả định vị.

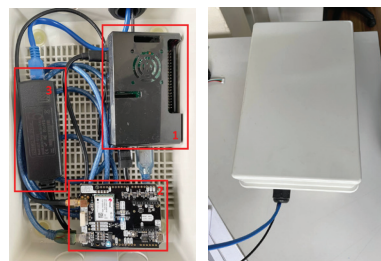
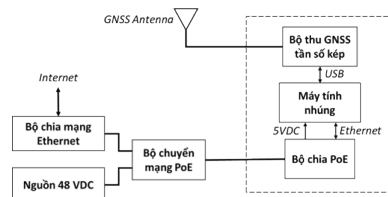
Kết quả

Hình 3 và 4 thể hiện hình ảnh mạch in thiết bị giám sát máy móc ngoài trời và trạm cơ sở sau khi thiết kế, gia công và tích hợp. Một trạm cơ sở được đặt tại Trung tâm Vi điện tử và Tin học, Viện Ứng dụng Công nghệ, với phần ăng-ten thu GNSS đặt trên nóc tòa nhà C6 - Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, Hà Nội. Vị trí chính xác của trạm cơ sở có được bằng phương pháp khảo sát tĩnh PPP và được cài đặt vào phần mềm trạm cơ sở theo hướng dẫn [10]. Một ntrip caster cũng được nhóm cài đặt trên máy chủ với tên miền “test.dinhvichinhxac.online”, cổng 2101 với tên điểm gắn kết (mount point) là IMET0.

Việc cấu hình trạm cơ sở và thông luồng dữ liệu ntrip caster có thể được kiểm tra thông qua phần mềm Ntrip Client trên điện thoại như minh họa ở hình 5. Để tiến hành đánh giá hoạt động thiết bị và độ chính xác định vị, chúng tôi đã thực hiện 2 bài thử nghiệm mô phỏng tình huống sử dụng thiết bị trong thực tế như sau:



Hình 3. Mạch in thiết bị giám sát máy móc ngoài trời. (1) Khối nguồn; (2) Khối SIM7600; (3) Khối mở rộng vào ra số và ADC; (4) Khối thu GNSS Zed-F9P; (5) Module ESP32-WROOM32D; (6) Khối ngoại vi mở rộng oled, còi chip, RTC, RS232, RFID; (7) Khe cắm SIM; (8) Pin backup RTC.



Hình 4. Trạm cơ sở. (1) Máy tính nhúng raspberry Pi; (2) Module Ublox Zed - F9P Arduisimple; (3) Bộ chia PoE sang nguồn 5 V và Ethernet.

STATUS

SETTINGS

LOGS

Services:

Base service

On

Options

Main coordinates:	20.9916307416 103.90180683 -0.696	✓
Com port:	ttyACM0	✓
Com port settings:	115200,8n,1	✓
Receiver type:	UsbOn_2SD-FPP	✓
Receiver format:	ubx	✓
Antenna info:	ADN0LLANTENNA	✓
Tip port:	5015	✓

Save

Ntrip service

On

Options

Caster address:	test.dhvhchinhhaac.online	✓
Caster port:	2101	✓
Caster password:	*****	✓
Mount name:	IMETO	✓
Rtcm messages:	1005S,1074,1084,1124,1230	✓
Receiver options:	-TADJ+1	✓

Save

NTRIP Settings

Network Protocol

NTRIP Test 1

Caster IP

device.dhvhchinhhaac.online

Caster Port

2101

Username

uamc_caster1

Password

Data Stream

IMETO

Reported Location

Use Android GPS

NTRIP Client

NTRIP Test Mode

Disconnect

7,130 Bytes

10:32:34 Service Started

10:32:34 Network Testing Mode. Will not connect receiver

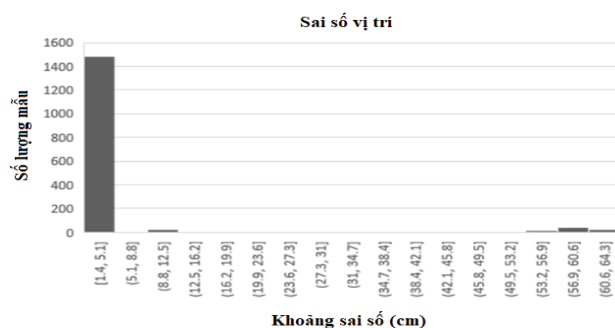
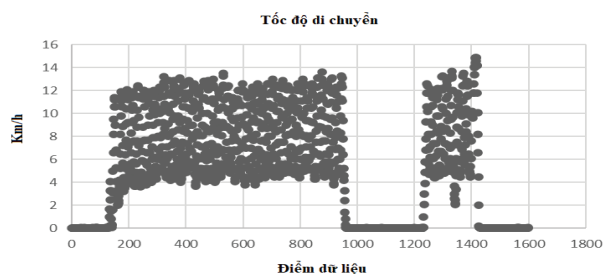
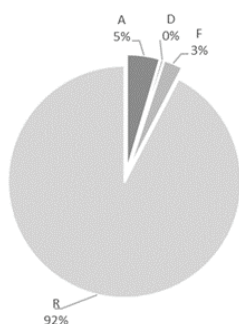
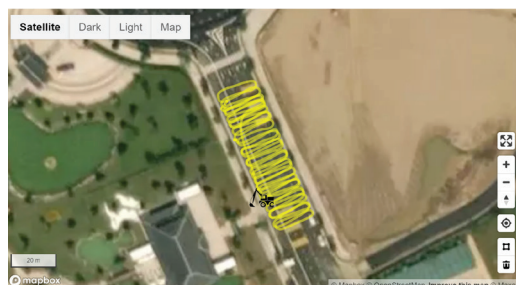
10:32:35 Network Connecting

10:32:35 NTRIP: Connected to caster

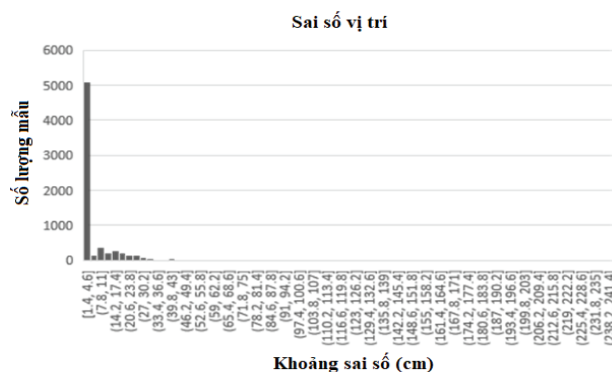
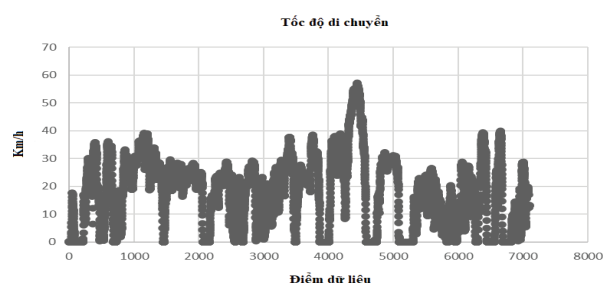
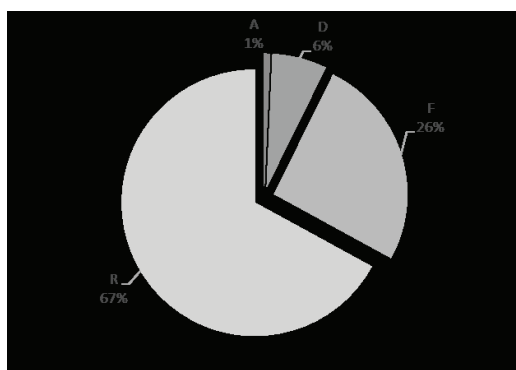
Hình 5. Cấu hình trạm cơ sở và kiểm tra luồng dữ liệu qua ntrip caster.

Thử nghiệm 1: Thực hiện di chuyển mô phỏng hành trình của máy móc ngoài trời như xe lu, xe ủi, máy xúc... khi đang làm việc trên công trường. Hành trình có đặc điểm là có sự lặp đi lặp lại trong một không gian nhỏ. Kết quả thử nghiệm thể hiện ở hình 6, khu vực tiến hành thử nghiệm là tại Khu đô thị Vinhomes Smart City (Tây Mỗ, Nam Từ Liêm, Hà Nội). Tốc độ di chuyển trong thử nghiệm

dao động từ 0 đến 15 km/h. Trong suốt quá trình thử nghiệm, có đến 92% thời gian thiết bị định vị ở chế độ RTK fixed, 3% ở chế độ RTK float, 0% ở chế độ DGNSS và 5% ở chế độ định vị đơn. Sai số vị trí ước lượng trên 90% nằm trong khoảng 1,4-5,1 cm và tới 93% nằm trong khoảng sai số dưới 10 cm.



Hình 6. Thử nghiệm trong phạm vi nhỏ tại khu vực thông thoáng.



Hình 7. Thử nghiệm thực tế trong nội thành Hà Nội.

Thử nghiệm 2: thực hiện di chuyển đường dài trong thành phố nhằm đánh giá tính ổn định và sai số vị trí khi xe chạy qua các khu vực đông đúc và bị che khuất, kết quả thử nghiệm được thể hiện ở hình 7. Hành trình di chuyển đi qua các con phố ở Hà Nội như sau: Khuất Duy Tiến - Trần Duy Hưng - Nguyễn Chí Thanh - Huỳnh Thúc Kháng - Láng Hạ - Giảng Võ - Giảng Văn Minh - Kim Mã - Nguyễn Thái Học - Phan Bội Châu - Hai Bà Trưng - Lê Duẩn - Giải Phóng - Trường Chinh - Nguyễn Trãi - Vũ Trọng Phụng - Hoàng Đạo Thúy - Trần Duy Hưng - Khuất Duy Tiến. Tốc độ di chuyển trong thử nghiệm trung bình khoảng 40 km/h, tốc độ cao nhất là 56 km/h. Trong suốt hành trình, có 67% thời gian thiết bị định vị ở chế độ RTK fixed, 26% thời gian ở chế độ RTK float, 6% thời gian ở chế độ DGNS và 1% thời gian ở chế độ định vị đơn. Sai số vị trí ước lượng khoảng 80% trong khoảng 1,4-7,7 cm và khoảng 90% nằm trong khoảng sai số dưới 20 cm.

Bàn luận

Ở Việt Nam hiện nay, có một vài nhóm đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ định vị GNSS RTK, tiêu biểu trong đó là của Huỳnh Văn Chương và cs (2019) [13] đã ứng dụng công nghệ định vị chính xác RTK trong đo đạc, thành lập bản đồ địa chính. Kết quả thực nghiệm trên 2 khu đo tại xã Ninh Gia và Lộc Thành của TP Đà Lạt cho thấy sai số tọa độ điểm từ 1 đến 3 cm với bán kính đo khoảng 10 cm và sử dụng các bộ định vị GNSS RTK có sẵn trên thị trường. Một nhóm tác giả tại trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội đã thực hiện khảo sát độ chính xác của công nghệ đo GNSS RTK, kết quả sai số trung bình là 4 cm thực nghiệm tại khu vực Hà Nội [14]. Từ đó cho thấy kết quả nghiên cứu trong bài báo này là tương đồng với các kết quả thử nghiệm đo đạc trắc địa tại Việt Nam với các bộ định vị GNSS RTK thương mại.

Chức năng định vị chính xác trong nghiên cứu này thực hiện được là nhờ bộ thu Zed-F9P của Hãng U-Blox, Thụy Sĩ. Bộ thu này được sử dụng rất phổ biến trong cả thiết bị thương mại lẫn trong nghiên cứu nhờ giá thành rẻ và hiệu năng cao, với sai số khi sử dụng trong thực tế ở chế độ RTK fixed là khoảng 2,1 cm [15]. Từ việc tích hợp thành công bộ thu Zed-F9P vào phần cứng thiết bị và thử nghiệm thành công chức năng định vị chính xác RTK kết quả nghiên cứu có thể mở rộng và phát triển theo hướng điều khiển xe tự hành cũng như hỗ trợ dẫn đường cho máy móc dùng trong nông nghiệp chính xác [7, 16].

Kết luận

Bài báo đã trình bày thiết kế của một thiết bị định vị chính xác cùng mô hình hệ thống giám sát máy móc ngoài trời. Bằng việc áp dụng kết quả từ những dự án mã nguồn mở của cộng đồng định vị chính xác quốc tế, chúng tôi đã tự thiết lập trạm cơ sở, máy chủ truyền nhận dữ liệu hiệu chỉnh, chế tạo thiết bị và mô hình thử nghiệm. Từ các kết quả thử nghiệm được phân tích cho thấy, hệ thống hoạt động ổn định, tính năng định vị chính xác RTK đạt được hiệu suất cao; điều kiện môi trường có ảnh hưởng tới độ chính xác định vị RTK. Cụ thể, tại các khu vực có tầm nhìn bầu trời thoáng đãng, thiết bị dễ dàng đạt được độ chính xác định vị cao nhất ở chế

độ RTK fixed và duy trì sai số chỉ 1-5 cm. Điều này hoàn toàn phù hợp với điều kiện hoạt động của các đối tượng máy móc ngoài trời cần định vị chính xác như xe lu, xe ủi. Ở bài thử nghiệm di chuyển đường dài trong thành phố, khi đi qua các khu vực có mật độ xây dựng cao, thiết bị không còn duy trì được trạng thái RTK fixed. Tuy vậy, sai số định vị vẫn ở mức cm - chính xác hơn nhiều so với định vị thông thường.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị định vị chính xác sử dụng trong giám sát máy móc ngoài trời”. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chính phủ (2014), *Nghị định số 86/2014/NĐ-CP ngày 10/09/2014 về kinh doanh và điều kiện kinh doanh vận tải bằng xe ô tô*.
- [2] Y. Jiang, X. He (2020), “Overview of applications of the sensor technologies for construction machinery”, *IEEE Access*, **8**, pp.110324-110335.
- [3] Novatel Inc. (2015), *An Introduction to GNSS GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo and Other Global Navigation Satellite*.
- [4] https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/PPP_Fundamentals.
- [5] P.J.G. Teunissen, O. Montenbruck (2017), *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems*, Springer.
- [6] https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Real_Time_Kinematics.
- [7] M. Pini, et al. (2020), “Experimental testbed and methodology for the assessment of RTK GNSS receivers used in precision agriculture”, *IEEE Access*, **8**, pp.14690-14703.
- [8] Nguyễn Chánh Nghiệm và cs (2015), “Khảo sát một số kỹ thuật định vị trong việc nâng cao độ chính xác của thiết bị thu GPS giá rẻ”, *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, **36**, tr.88-96.
- [9] N.K. Anh và cs (2020), “Nghiên cứu giải pháp định vị container trong cảng ứng dụng công nghệ RTK-GPS”, *Tạp chí Giao thông Vận tải*, **6**, tr.134-138.
- [10] <https://docs.centipede.fr/>.
- [11] <https://github.com/goblimey/ntripcaster>.
- [12] <https://www.sparkfun.com/products/16481>.
- [13] Huỳnh Văn Chương và cs (2019), “Giải pháp truyền số cải chính trong đo đạc địa chính sử dụng công nghệ đo thời gian thực (RTK) tại tỉnh Lâm Đồng”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, **128**, tr.67-68.
- [14] C.M. Thủy, Đ.V. Dương (2020), “Khảo sát độ chính xác công nghệ đo GNSS RTK, thực nghiệm tại khu vực Hà Nội”, *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, **1+2**, tr.88-90.
- [15] M.E. Hodgson (2020), “On the accuracy of low-cost dual-frequency GNSS network receivers and reference data”, *GIScience & Remote Sensing*, **57(7)**, pp.907-923.
- [16] T. Jilek (2015), “Autonomous field measurement in outdoor areas using a mobile robot with RTK GNSS”, *IFAC-PapersOnLine*, **48(4)**, pp.480-485.

Nghiên cứu phát triển hệ thống xác thực khuôn mặt 2 yếu tố bảo mật sử dụng công nghệ mã F-QR ẩn trên thẻ ID bằng laser 1064 nm và AI camera

Bành Quốc Tuấn^{1*}, Lê Hồng Minh², Lưu Hoàng Đạt¹, Ngô Hải Long¹,
Cao Khắc Thiện¹, Đỗ Việt Hoàng¹, Lê Văn Bình¹

¹Phòng Thí nghiệm nghiên cứu phát triển ứng dụng fiber laser, Viện Ứng dụng Công nghệ

²Trung tâm Vi điện tử và Tin học, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 5/7/2022; ngày nhận phản biện 20/7/2022; ngày chấp nhận đăng 25/7/2022

Tóm tắt:

Hệ thống xác thực khuôn mặt sử dụng 2 yếu tố bảo mật là mã F-QR (face QR) ẩn in trên thẻ ID và nhận diện khuôn mặt bằng AI camera được trình bày trong nghiên cứu này. Mã F-QR mang đặc tính gương mặt được tạo ra bởi sự kết hợp của các công nghệ xử lý xác định khuôn mặt, trích xuất đặc trưng khuôn mặt và tạo mã QR. Mã F-QR được in lên thẻ nhựa ID bằng công nghệ in laser sợi quang bước sóng 1064 nm. Thẻ ID được chế tạo bằng vật liệu đặc biệt, trong đó có lớp vật liệu lọc cho phép bước sóng 1064 nm laser truyền qua trong khi cản các ánh sáng nhìn thấy, do đó mã F-QR khi in lên thẻ sẽ không bị nhìn thấy bằng mắt người hay các đầu đọc mã QR thông thường. Xác thực khuôn mặt được triển khai bằng việc sử dụng đầu đọc mã F-QR ẩn chuyên dụng kết hợp với AI camera quyết định độ tương tự Cosine giữa 2 vector đặc trưng của khuôn mặt nhằm đưa ra quyết định chính xác cho việc xác thực.

Từ khóa: AI camera, face-ID, ID card, laser quang sợi, QR code.

Chỉ số phân loại: 2.2

Mở đầu

Xác thực người là một trong những yêu cầu quan trọng của hệ thống thị giác máy tính trong nhiều ứng dụng khác nhau như điện thoại thông minh [1], ATM [2], hệ thống chăm sóc sức khỏe cộng đồng [3], hệ thống cấp bằng lái xe [4], giám sát an ninh [5], xác thực hộ chiếu [6]... Xác thực người có thể thông qua một số sinh trắc học [7] có sẵn của con người như mắt, móng tay, vân tay, giọng nói, chữ ký, khuôn mặt... Trong đó, khuôn mặt là một yếu tố thuận tiện để phát triển ứng dụng xác thực người bởi nó không yêu cầu sự phối hợp hành động trực tiếp của con người như những sinh trắc học khác. Nhiều nghiên cứu về xác thực khuôn mặt đã được đưa ra với mục tiêu nâng cao độ chính xác [8-11], trong đó có giải pháp về nâng cao giải thuật [10], giải pháp xác thực 2 yếu tố dùng RFID [8, 9]. Độ chính xác về xác thực có thể lên tới 99% mang đến sự an toàn trong các ứng dụng thực tế. Tuy nhiên, việc triển khai các hệ thống xác thực trên yêu cầu hệ thống cơ sở dữ liệu và máy chủ đủ lớn để lưu trữ và phân tích dữ liệu. Hệ thống nhận diện khuôn mặt cần phải kết nối internet để truy cập vào cơ sở dữ liệu, do đó không tránh khỏi các vấn đề về nghẽn mạng, mất mạng, rủi ro về rò rỉ thông tin trên server cũng như trên thẻ RFID, mất thời gian và chi phí để triển khai hệ thống.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đưa ra phương pháp mới về hệ thống xác thực khuôn mặt sử dụng 2 yếu tố bảo mật là mã QR mang đặc tính của khuôn mặt, được in ẩn trên thẻ ID bằng laser sợi quang 1064 nm và nhận diện khuôn mặt bằng AI camera với các giải thuật xác định khuôn mặt DNN (Deep neural network) [12], biểu diễn khuôn mặt FaceNet [13], xác thực khuôn mặt bằng độ

tương tự Cosine [14]. Dữ liệu khuôn mặt của người dùng sau khi được xử lý bằng các phương pháp DNN và FaceNet thay vì được lưu trữ trên server như các giải pháp truyền thống sẽ được mã hóa thành mã F-QR 2 chiều và lưu trữ trên thẻ ID của người dùng. Thẻ ID này được chế tạo nhiều lớp, bằng vật liệu đặc biệt cho phép sử dụng laser bước sóng 1064 nm để in thông tin lên lớp bên dưới của bề mặt thẻ. Do đó thông tin in lên thẻ là vĩnh viễn, không thể bị xóa, mờ hay bị thay đổi. Bên trong thẻ cũng có một lớp vật liệu lọc đặc biệt, hoạt động như một bộ lọc quang cho phép bước sóng 1064 nm đi qua trong khi cản toàn bộ bước sóng trong vùng nhìn thấy 400-700 nm. Khi mã F-QR được in lên thẻ, mã sẽ hoàn toàn bị ẩn sau lớp vật liệu lọc khiến mắt người, cũng như các đầu đọc mã QR thông thường không thể đọc để lấy thông tin, tránh việc thẻ bị sao chép làm giả. Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng phát triển, chế tạo đầu đọc mã F-QR chuyên dụng để có thể phát hiện và truy xuất thông tin của mã F-QR chìm trên thẻ ID để kết hợp với hệ thống nhận diện khuôn mặt bằng AI camera nhằm xác thực khuôn mặt. Camera bắt khuôn mặt trong thời gian thực, ngay khi người dùng quét thẻ có in mã ẩn F-QR hệ thống sẽ xử lý dữ liệu, đưa ra 2 vector dữ liệu khuôn mặt để làm cơ sở so sánh và xác thực. Ưu điểm của hệ thống này là có thể hoạt động offline, không cần cơ sở dữ liệu, không cần truy cập internet, có thể sử dụng các bộ xử lý dữ liệu (máy tính) và camera thông thường. Đồng thời độ bảo mật trong việc chống sao chép thẻ ID rất cao, mang lại tính tiện dụng cho các ứng dụng của bảo mật không cần sử dụng network. Trong bài báo, chúng tôi sẽ trình bày phương pháp in và đọc mã F-QR chìm trên thẻ ID, phương pháp nhận diện và xác thực khuôn mặt bằng camera AI và các kết quả thực nghiệm tương ứng.

*Tác giả liên hệ: Email: bqquan@most.gov.vn

Research and development of a two-factors face authentication system using an invisible F-QR code on ID card by 1064 nm laser and AI camera

Quoc Tuan Banh^{1*}, Hong Minh Le², Hoang Dat Luu¹,
Hai Long Ngo¹, Khắc Thiên Cao¹,
Việt Hoàng Đỗ¹, Van Binh Le¹

¹Laboratory for Fiber Laser Research Development and Application,
National Center for Technological Progress

²Center for Microelectronics and Information Technology,
National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 25 July 2022

Abstract:

The face authentication system using two security factors: an invisible F-QR (face QR) code printed on an ID card and face recognition using AI camera is presented in this paper. F-QR codes with facial features are generated by a chain processing of face detection, face property extraction and QR code generation. The F-QR code is printed on a plastic ID card using a 1064 nm fiber laser. The ID card is made of special materials, including a layer of filter material that allows the 1064 nm laser to pass through while blocking visible lights so that the printed F-QR code on the card is invisible to the human eye or conventional QR code readers. Face authentication is implemented using a dedicated invisible F-QR code reader combined with an AI camera to decide the Cosine similarity between two face feature vectors to make an accurate decision for the authentication.

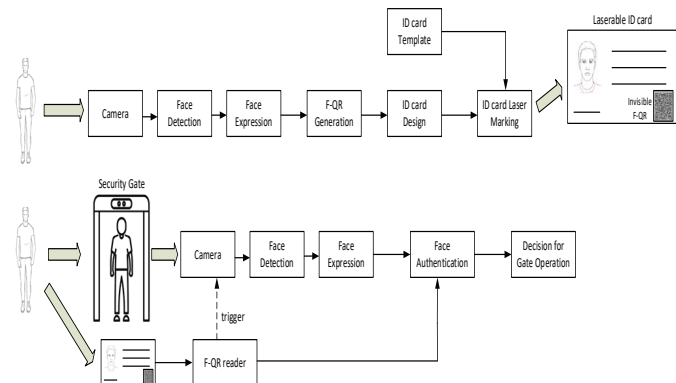
Keywords: AI camera, face-ID, fiber laser, ID card, QR code.

Classification number: 2.2

Phương pháp nghiên cứu

Hình 1 miêu tả sơ đồ khối hệ thống xác thực khuôn mặt 2 yếu tố và quy trình tạo mã F-QR để in lên thẻ ID. Đối với quy trình tạo và in mã F-QR lên thẻ ID, mỗi người dùng được cấp một thẻ ID với mã F-QR mang đặc trưng của khuôn mặt. Mã F-QR được tạo ra từ nguồn dữ liệu ảnh khuôn mặt, hoặc chụp khuôn mặt từ máy ảnh. Khối xác định khuôn mặt có chức năng lọc vùng điểm ảnh chỉ bao gồm dữ liệu của khuôn mặt sử dụng thuật toán DNN. Từ ảnh khuôn mặt, khối biểu diễn khuôn mặt chuyển hóa các đặc trưng của khuôn mặt tạo thành một vector đặc trưng N phần tử. Đối với mỗi góc cạnh khác nhau của cùng một khuôn mặt sẽ có một vector đặc trưng N phần tử riêng, tuy nhiên sự khác nhau giữa phần tử trong vector này là ít hơn so với vector đặc trưng N phần tử của khuôn mặt khác. Vector đặc trưng N phần tử có thể coi như chuỗi dữ liệu, cho phép khối tạo mã F-QR tạo ra mã F-QR 2 chiều ở dạng dữ liệu ảnh để có thể sử dụng máy in laser in/khắc trên

thẻ ID. Hiện nay có khá nhiều công cụ tạo mã QR [15, 16]. Phôi thẻ ID đặc biệt có thể dùng laser để in/khắc thông tin lên thẻ kết hợp với phần mềm thiết kế thẻ cho phép tạo ra thẻ ID đặc trưng cho mỗi người dùng.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống xác thực khuôn mặt 2 yếu tố bảo mật thẻ ID kết hợp mã F-QR chìm và AI camera.

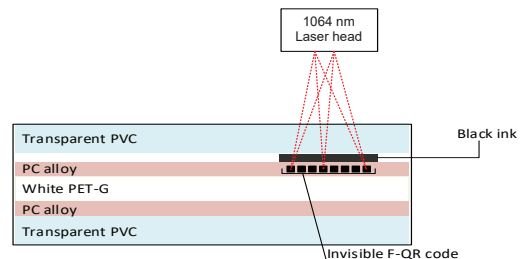
Đối với hệ thống xác thực khuôn mặt, hệ thống sẽ so sánh 2 nguồn dữ liệu của người dùng là đầu đọc thẻ F-QR chìm và camera AI. Với camera, khung hình có khuôn mặt của người dùng sẽ được chụp sau khi có tín hiệu kích hoạt từ việc đọc mã F-QR trên thẻ. Ảnh chụp về cũng được xử lý qua các giai đoạn xác định khuôn mặt và biểu diễn khuôn mặt giống như quy trình tạo mã F-QR. Tại khối biểu diễn khuôn mặt, vector đặc trưng N phần tử được tạo ra. Một vector đặc trưng N phần tử khác cũng được tạo ra bởi đầu đọc F-QR sau khi đọc và chuyển đổi dữ liệu từ thẻ ID. Việc so sánh sự tương đồng giữa 2 vector đặc trưng N phần tử được thực hiện tại khối xác thực khuôn mặt. Tại đây, phương pháp kiểm tra độ tương đồng Cosine được áp dụng. Quyết định đồng nhất được đưa ra dựa trên thực nghiệm xác định giá trị ngưỡng. Như vậy hệ thống hoàn toàn hoạt động offline mà không cần internet để truy cập cơ sở dữ liệu, trong khi vẫn giữ được các lợi thế của các công nghệ nhận dạng khuôn mặt tiên tiến hiện nay.

Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào các công nghệ:

- 1) Thẻ ID và công nghệ in F-QR chìm bằng laser 1064 nm trên thẻ ID;
- 2) Tạo mã F-QR và xác thực khuôn mặt bằng AI camera.

Thẻ ID và công nghệ in F-QR chìm bằng laser 1064 nm

Công nghệ laser sợi quang [17] đã được phát triển rộng rãi trong những năm gần đây trong các lĩnh vực công nghiệp, đo lường, bảo mật. Đặc biệt, gần đây một số quốc gia đã bắt đầu sử dụng thẻ căn cước, bằng lái xe, hay hộ chiếu dùng laser sợi quang để in thông tin trên thẻ với mục đích nâng cao bảo mật chống giả và tăng tuổi thọ của thẻ ID [18-20]. Hình 2 miêu tả cấu trúc thẻ ID được sử dụng trong nghiên cứu.



Hình 2. Cấu trúc thẻ ID có thể dùng laser để in/khắc thông tin.

Các loại thẻ ID bình thường chỉ bao gồm 3 lớp vật liệu PVC cơ bản, trong đó 2 lớp ngoài cùng để in thông tin bằng mực trên bề mặt. Do đó, thông tin dễ bị xóa do va chạm vật lý thường xảy ra. Để chống thông tin in trên thẻ bị mất, thông tin cần được in trên một lớp vật liệu nằm bên dưới một lớp bảo vệ vật liệu PVC trong suốt không thể sử dụng các máy in mực thông thường để in. Đặc tính của laser sợi quang 1064 nm là truyền qua vật liệu trong suốt, tương tác với vật liệu Polycarbonat cản quang thông qua hiệu ứng nhiệt. Tia laser với công suất đỉnh phù hợp tạo ra nhiệt lượng vừa đủ để điểm tương tác trên vật liệu Polycarbonat cản quang thay đổi độ xám từ màu nguyên thủy trắng mà không gây hiện tượng bốc hơi vật liệu. Độ xám có thể tùy chỉnh dựa vào điều khiển công suất đỉnh của tia laser. Thông qua việc quét tia laser trong 2 chiều ngang, dọc trên mặt phẳng thẻ, thông tin (ký tự, hình ảnh) có thể được in vĩnh viễn trên vật liệu Polycarbonat cản quang. Sử dụng laser 1064 nm có thể in thông tin trên thẻ, tuy nhiên thông tin này có thể nhìn thấy đôi mắt người khi có ánh sáng trắng (ánh sáng đèn hoặc mặt trời). Để có thể ẩn thông tin in bằng laser, một lớp lọc quang được chèn thêm vào giữa lớp vật liệu PVC trong suốt và lớp vật liệu Polycarbonat cản quang. Vật liệu lọc là một loại mực có màu đen, không chứa carbon, cản quang đối với ánh sáng trắng và trong suốt đối với tia laser 1064 nm. Như vậy, có thể in thông tin bằng laser 1064 nm bên dưới lớp lọc và bên trên bề mặt lớp Polycarbonat cản quang. Trong trường hợp thông tin là một loại mã QR, nó sẽ trở nên ẩn với mắt người và các đầu đọc mã QR phổ thông, vì mắt người hay đầu đọc chỉ đọc được thông tin tại bước sóng nhìn thấy. Bảng 1 miêu tả thông tin các lớp vật liệu sử dụng trong thẻ bảo mật.

Bảng 1. Cấu trúc và thông số các lớp trong thẻ bảo mật.

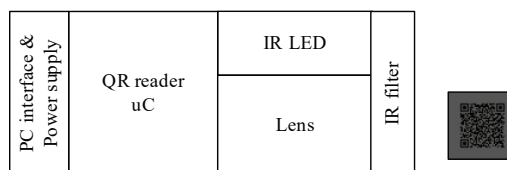
	Vật liệu	Độ dày	Công dụng
Transparent PVC	PVC trong suốt	100 μm	Bảo vệ bề mặt, thông tin in trước hàng loạt (mặt trước thẻ)
Black ink	Mực đen không carbon	50 μm	Lọc ánh sáng nhìn thấy, cho phép 1064 nm đi qua
PC alloy	Polycarbonat cản quang	100 μm	In thông tin bằng laser trên bề mặt (mặt trước thẻ)
White PET-G	PET-G	300 μm	Tăng độ cứng của thẻ
PC alloy	Polycarbonat cản quang	100 μm	In thông tin bằng laser trên bề mặt (mặt sau thẻ)
Transparent PVC	PVC trong suốt	100 μm	Bảo vệ bề mặt, thông tin in trước hàng loạt (mặt sau thẻ)

Laser 1064 nm sử dụng trong nghiên cứu là loại laser xung MOPA. Xung laser có thể điều chỉnh từ 4 đến 200 ns. Do thời gian phát xung ngắn nên vật liệu tương tác ít bị sinh nhiệt gây cháy hoặc ảnh hưởng đến độ phân giải. Nhiệt chỉ xảy ra trong quá trình tương tác laser và vật liệu tạo ra độ xám (thông tin). Thông số về laser được miêu tả ở bảng 2.

Bảng 2. 1064 nm laser và thông số kỹ thuật.

Tên	Thông số kỹ thuật
Bước sóng (nm)	1064
Chế độ làm việc	Xung
Công suất trung bình (W)	10
Độ rộng xung (ns)	4-200
Tần số phát xung (kHz)	2-500
Năng lượng xung (mJ)	<1 mJ

Mã F-QR khi được in bằng laser lên thẻ sẽ không nhìn thấy bằng mắt người cũng như các đầu đọc QR thông thường. Trong nghiên cứu này, chúng tôi phát triển đầu đọc mã QR cho phép lấy được thông tin từ mã F-QR chìm bên dưới lớp vật liệu lọc. Để đầu đọc có thể nhìn thấy mã F-QR bên dưới lớp vật liệu lọc, một nguồn sáng hồng ngoại có bước sóng phù hợp và một bộ lọc quang highpass tương ứng được sử dụng để lọc thông tin chỉ của mã F-QR đưa đến cảm biến đọc mã QR. Hình 3 miêu tả sơ đồ khối của đầu đọc F-QR ẩn. Mã F-QR ẩn được chiếu ánh sáng hồng ngoại bước sóng >850 nm, bước sóng này xuyên qua vật liệu lọc màu đen trên thẻ và tương tác với mã F-QR, tia phản xạ đi ngược lại đầu đọc, qua tấm lọc hồng ngoại, qua thấu kính đi vào cảm biến giải mã QR. Tấm lọc hồng ngoại trên đầu đọc để ngăn các ánh sáng nhìn thấy đi vào cảm biến gây ảnh hưởng đến độ nhạy của đầu đọc. Truyền thông và cấp nguồn cho đầu đọc được lấy từ máy tính thông qua giao tiếp micro-USB. Dữ liệu lấy được từ mã F-QR được sử dụng cho việc xác thực khuôn mặt.



Hình 3. Sơ đồ khối đầu đọc mã F-QR chìm.

Tạo mã F-QR và xác thực khuôn mặt bằng AI camera

Quy trình tạo mã F-QR được thực hiện thông qua 3 quá trình: xác định khuôn mặt, biểu diễn khuôn mặt và chuyển đổi mã QR. Trong xác định khuôn mặt, phương pháp DNN được lựa chọn do các ưu điểm về tốc độ, phù hợp với ảnh có 1 khuôn mặt và kích thước ảnh lớn hơn 100x100 pixels [21]. Thư viện của thuật giải này được cung cấp ở [22]. Biểu diễn khuôn mặt quyết định độ chính xác của quá trình nhận dạng khuôn mặt. Ở bước này, mỗi khuôn mặt sẽ được biểu diễn thành một véc tơ đặc trưng N phần tử. Thông qua việc đánh giá các mô hình, thuật giải AI để biểu diễn khuôn mặt như mô hình VGG-Face CNN của Oxford [23] (đầu vào: ảnh màu 224x224 pixels; đầu ra: vector 2622 phần tử; mô hình: ResNet-50, có 145.022.878 tham số), mô hình FaceNet của Google [13] (đầu vào: ảnh màu 160x160 pixels; đầu ra: vector 128 phần tử; mô hình: InceptionResNetV2, có 22.808.144 tham số), mô hình OpenFace của Carnegie Mellon University [24] (đầu vào: ảnh màu 96x96 pixels; đầu ra: vector 128 phần tử; mô hình: có 3.743.280 tham số), mô hình DeepFace của Facebook [25] (đầu

vào: ảnh màu 152x152 pixels; đầu ra: vector 4096 phần tử; mô hình: có 137.774.071 tham số), căn cứ vào các đánh giá về độ chính xác của phương pháp (99,63% trên Labeled Faces in the Wild - LFW dataset; 95,12% trên YouTube Faces DB) và căn cứ vào tốc độ tính toán và các kết quả khảo sát theo khuôn mặt và ảnh thực tế và yêu cầu lưu trữ, mô hình FaceNet của Google được sử dụng trong nghiên cứu này. Mô hình này đã được cung cấp dạng thư viện trong [26] với bộ trọng số đã được huấn luyện và đánh giá đạt độ chính xác cao. Vector đặc trưng 128 phần tử của mô hình FaceNet được chuyển đổi, mã hóa sang dạng F-QR code sử dụng các thư viện mở [27].

Xác thực khuôn mặt được thực hiện bởi 2 hoạt động: 1) Đọc mã F-QR ẩn bằng đầu đọc và chuyển thành vector đặc trưng N phần tử; 2) Tạo vector đặc trưng N phần tử AI camera. Việc so sánh 2 vector đặc trưng này được thực hiện thông qua việc tính toán độ tương tự Cosine theo công thức sau:

$$\text{Cosine}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (1)$$

trong đó: x, y là 2 vector đặc trưng của 2 khuôn mặt thu về từ đầu đọc mã F-QR và từ AI camera; n là số lượng phần tử của vector đặc trưng (trong trường hợp này n=128); i chạy từ 1-n.

Quyết định giống hay khác nhau của khuôn mặt được xác định tùy theo các ứng dụng khác nhau thông qua một mức ngưỡng so sánh. Thông thường mức ngưỡng được lựa chọn một cách thực nghiệm dựa trên các điều kiện thực tế nơi thiết lập hệ thống như không gian, môi trường, ánh sáng...

Kết quả thực nghiệm

Thiết lập hệ thống

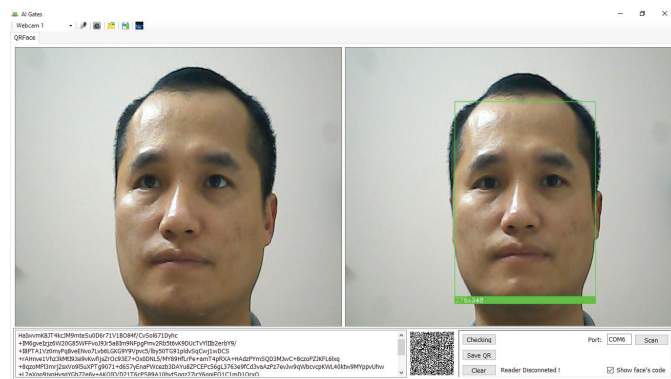
Trong phạm vi phòng thí nghiệm, chúng tôi chỉ sử dụng những thiết bị phổ thông nhằm đánh giá sự khả thi của hệ thống. Camera webcam USB2.0 được sử dụng để chụp khuôn mặt, tạo mã F-QR code và xác thực khuôn mặt. Dữ liệu được xử lý bởi máy tính desktop có cấu hình (Intel Core i5 3,2 GHz, 8,0 GB RAM, với board VGA HD Graphics 4600). Máy in thẻ laser sử dụng nguồn MOPA IPG YLPN-1-1x350-20 in trên thẻ Kobayashi Create laserable. Đầu đọc mã F-QR tự thiết kế chế tạo kết nối với máy tính qua cổng USB. Phần mềm mô phỏng hệ thống được thiết kế với tính năng vừa tạo mã F-QR để cho máy in thẻ, vừa kiểm tra xác thực khuôn mặt khi cùng kết nối USB camera và đầu đọc vào máy tính. Hình 4 miêu tả các thiết bị được sử dụng trong thử nghiệm.



Hình 4. Thiết bị sử dụng trong thử nghiệm.

Kết quả thực nghiệm

Hình 5 là giao diện phần mềm tạo mã F-QR theo 1 trong 2 phương án: 1) Chụp ảnh từ webcam và tạo mã F-QR; 2) Tạo mã F-QR từ ảnh đã được chụp từ trước.



Hình 5. Giao diện phần mềm tạo mã F-QR từ camera (hoặc từ ảnh tĩnh).

Hình 6 là kết quả tạo mã F-QR đối với các khuôn mặt khác nhau.



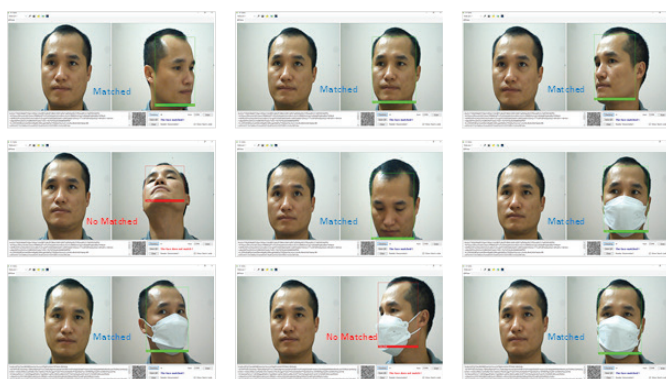
Hình 6. Kết quả tạo mã F-QR của những người dùng khác nhau.

Sau khi có mã F-QR của từng người dùng, mã F-QR được in chìm lên thẻ ID bằng 1064 nm laser. Hình 7 là thẻ ID của 2 người dùng mặt trước và mặt sau. Mặt trước in ảnh và thông tin, mặt sau in mã F-QR chìm.



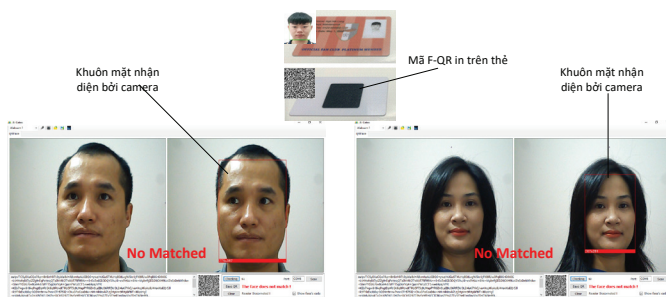
Hình 7. Thẻ ID in mã F-QR chìm của 2 người dùng.

Việc xác thực khuôn mặt từ 2 yếu tố bảo mật thẻ ID và AI camera được thực hiện như trong hình 8. Mỗi khi đầu đọc nhận được dữ liệu từ việc đọc mã F-QR chìm trên thẻ, hệ thống sẽ kích hoạt webcam để chụp ảnh người xuất hiện tại vùng quan sát và phân tích dữ liệu. Nếu trùng hoặc không trùng khuôn mặt, hệ thống sẽ thông báo tương ứng. Hình 8 thể hiện các kết quả xác thực đối với các góc cạnh khác nhau của khuôn mặt chụp bởi camera và so sánh với F-QR tính trong thẻ ID. Kết quả cho thấy, hệ thống nhận diện một cách chính xác nếu như khuôn mặt chụp bởi camera không quá nghiêng so với hướng nhìn của camera. Kết quả cũng cho thấy, mặc dù mã F-QR in trong thẻ được tạo trong trường hợp không đeo khẩu trang nhưng hệ thống vẫn xác thực được đúng người kể cả khi người dùng đeo khẩu trang không quá che kín khuôn mặt.



Hình 8. Kết quả xác thực của cùng khuôn mặt tại các góc độ khác nhau và trường hợp có/không có khẩu trang (mã F-QR in trên thẻ ID là không có khẩu trang).

Hình 9 chỉ ra kết quả xác thực khuôn mặt trong trường hợp mã F-QR trên thẻ ID khác với các khuôn mặt chụp từ camera. Kết quả cho thấy, hệ thống nhận biết sự khác biệt khá rõ, cho kết quả không trùng khuôn mặt một cách chính xác. Tổng thời gian xử lý và xác thực khuôn mặt của hệ thống khoảng 0,3 s, đủ nhanh cho các ứng dụng của an ninh nơi yêu cầu người dùng cần dừng lại và có hành động dứt khoát vào khe đọc thẻ để kích hoạt hệ thống.



Hình 9. Kết quả xác thực khuôn mặt khác với mã F-QR in trên thẻ ID.

Bên cạnh đó, từ kết quả thực nghiệm cho thấy, để phân biệt khuôn mặt thực 3D và ảnh 2D cần phải bổ sung các giải pháp như: nhận dạng đối tượng đúng là người trước khi capture khuôn mặt; tích hợp cảm biến nhiệt độ để phân biệt người và ảnh.

Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày hệ thống xác thực khuôn mặt mới sử dụng 2 yếu tố xác thực là mã F-QR in trên thẻ ID và AI camera. Kết quả tiên khả thi cũng được trình bày trong bài báo. Hệ thống này thích hợp với những ứng dụng của ra vào an toàn không cần phải xây dựng hệ thống phức tạp như kết nối sever, internet và thiết bị cần thông số kỹ thuật cao. Giảm thiểu được rủi ro rò rỉ thông tin do phụ thuộc vào server cũng như sao chép thông tin trên thẻ. Bên cạnh đó, sử dụng laser 1064 nm trên thẻ nhựa cho phép tăng độ bảo mật, tiết kiệm chi phí do không cần mực in thẻ là một điểm mạnh của hệ thống. Nếu áp dụng hệ thống xử lý ảnh kết hợp với GPU tốc độ cao, tốc độ xử lý của hệ thống sẽ được cải thiện, đạt tới tốc độ xác thực <0,1 s, phù hợp với nhiều ứng dụng thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Hassan, et al. (2013), "Face recognition in mobile devices", *International Journal of Computer Applications*, **73**(2), pp.13-20.
- [2] M. Karovaliya, et al. (2015), "Enhanced security for ATM machine with OTP and facial recognition features", *Procedia Computer Science*, **45**, pp.390-396.
- [3] C. Libby, J. Ehrenfeld (2021), "Facial recognition technology in 2021: Masks, bias, and the future of healthcare", *Journal of Medical Systems*, **45**(39), DOI: 10.1007/s10916-021-01723-w.
- [4] I.A. Ziegen, et al. (2021), "License verification system with face recognition using IOT", *International Journal of Advanced Research in Science*, **4**, pp.656-670.
- [5] F.P. Mahdi, et al. (2017), "Face recognition-based real-time system for surveillance", *Intelligent Decision Technologies*, **11**(1), pp.79-92.
- [6] A. Clark, T. Bourlai (2013), "Enhancing passport images for face recognition", *SPIE Newsroom*, DOI: 10.1117/2.1201310.005112.
- [7] S. Prabhakar, et al. (2003), "Biometric recognition: Security and privacy concerns", *IEEE Security and Privacy Magazine*, **1**, pp.33-42.
- [8] C.Y. Chang, J.J. Liao (2015), "Combination of RFID and face recognition for access control system", *2015 International Conference on Consumer Electronics-Taiwan*, pp.470-471.
- [9] A.V. Phapale, et al. (2016), "Automated attendance system using RFID and face recognition", *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, **4**(3), pp.3983-3990.
- [10] S. Singh, S.V.A. Prasad (2018), "Techniques and challenges of face recognition: A critical review", *Procedia Computer Science*, **143**, pp.536-543.
- [11] A. Dirin, et al. (2020), "Comparisons of facial recognition algorithms through a case study application", *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, **14**(14), pp.121-133.
- [12] S. Baek, et al. (2021), "Face detection in untrained deep neural networks", *Nat. Commun.*, **12**, DOI: 10.1038/s41467-021-27606-9.
- [13] F. Schroff, et al. (2015), "FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering", *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.815-823.
- [14] I.A. Taie, et al. (2017), "The effect of distance similarity measures on the performance of face, ear and palm biometric systems", *2017 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*, DOI: 10.1109/dicta.2017.8227495.
- [15] P. Suthesbanjard, W. Premchaiswadi (2010), "QR-code generator", *2010 Eighth International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, DOI: 10.1109/ICTKE.2010.5692920.
- [16] <http://www.denso-wave.com/qrcode/aboutqre.html>.
- [17] S. Fu, et al. (2017), "Review of recent progress on single-frequency fiber lasers", *Journal of the Optical Society of America B*, **34**(3), DOI: 10.1364/josab.34.000a49.
- [18] <https://www.maticacorp.com/2018/03/laser-personalization-for-high-security-id-cards/>.
- [19] <https://www.enraversjournal.com/articles/online/engraving-plastic-with-a-fiber-laser>.
- [20] <https://www.iai.nl/cases/swedish-passports-id-cards/>.
- [21] Lê Hồng Minh và cs (2021), "Tích hợp nhận dạng khuôn mặt để tự động xác thực người mang thẻ, ứng dụng vào kiểm soát người vào/ra hầm lò mỏ than", *Kỷ yếu Hội nghị khoa học và Triển lãm quốc tế lần thứ 6 về điều khiển và tự động hoá - VCCA'2021*.
- [22] <https://opencv.org/>.
- [23] https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/vgg_face/.
- [24] <http://multicomp.cs.cmu.edu/resources/openface>.
- [25] Y. Taigman, et al. (2014), "DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification", *Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
- [26] <http://dlib.net/>.
- [27] <https://github.com/nayuki/QR-Code-generator>.

Nghiên cứu phát triển hệ đo nhiễu cường độ laser tương đối băng thông rộng 40 GHz sử dụng bộ điều khiển PID và bộ xử lý tín hiệu ESA

Ngô Hải Long*, Lưu Hoàng Đạt, Trần Đình Chí, Đỗ Việt Hoàng, Lê Văn Bình, Cao Khắc Thiện, Bành Quốc Tuấn

Phòng Thí nghiệm nghiên cứu phát triển ứng dụng Fiber Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 5/7/2022; ngày nhận phản biện 20/7/2022; ngày chấp nhận đăng 26/7/2022

Tóm tắt:

Đo kiểm, đánh giá chất lượng nguồn laser sử dụng trong thông tin quang và đo lường chính xác là rất cần thiết. Nhiễu cường độ tương đối (RIN) là một tham số ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hệ thống cần phải được đo định kỳ. Nghiên cứu này trình bày một hệ đo RIN có độ nhạy cao, băng thông rộng (40 GHz) sử dụng cảm biến quang điện (PIN box) được kiểm soát nhiệt độ chính xác và bộ phân tích tín hiệu điện ESA (Electrical spectrum analyzer). Giá trị RIN được xác định thông qua việc đo gián tiếp các thành phần: nhiễu nhiệt (Thermal noise), nhiễu tổng hợp (Total detected noise) và nhiễu điện tử (Shot noise) của nguồn laser sử dụng máy phân tích phổ điện tử ESA và đo vạn năng kỹ thuật số siêu nhạy (6^{1/2} Digital multimeter - DMM). Kết quả thực nghiệm việc đo RIN của nguồn laser bán dẫn phản hồi phân bố (DFB) tham khảo đã chỉ ra sự tương đồng của giá trị RIN đo bởi hệ thống và giá trị RIN cung cấp bởi nhà sản xuất.

Từ khóa: bộ điều khiển PID, ESA, laser, nhiễu cường độ laser tương đối.

Chỉ số phân loại: 2.2

Mở đầu

Công nghệ sóng ánh sáng hiện đại đang phát triển vô cùng nhanh chóng với nhu cầu ngày càng tăng cao và được ứng dụng rộng rãi ở nhiều lĩnh vực khác nhau. Bộ truyền quang và laser trở nên đặc biệt quan trọng vì chúng là một trong những xương sống của nhiều hệ thống quang học, đồng thời ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của các hệ thống này. Một trong những ứng dụng quan trọng nhất mà laser đóng một vai trò to lớn là liên lạc bằng cáp quang với nhu cầu tốc độ dữ liệu đang tăng lên hàng ngày. Ngoài ra, trong một số ứng dụng đo và cảm biến rất chính xác cần phải sử dụng laser có độ đơn sắc quang phổ cao, chuẩn trực... Tuy nhiên, nguồn laser thường xuất hiện những vấn đề như sự thay đổi về mật độ photon dẫn đến sự thay đổi công suất quang đầu ra tạo ra nhiễu cường độ, khi sự dao động của mật độ sóng mang dẫn đến nhiễu tần số hoặc sự không ổn định trong bước sóng đầu ra được gây ra bởi sự thay đổi nhiệt độ... Điều này tạo ra một dải phổ nhiễu hữu hạn cho các chế độ laser và ảnh hưởng trực tiếp làm giảm giá trị tín hiệu trên nhiễu (Signal to noise ratios - SNR) hoặc làm tăng tỷ lệ lỗi bit (Bit errors rates - BER). Do đó, trong nhiều ứng dụng thông tin về phổ nhiễu cường độ rất được quan tâm, đặc biệt là trong các hệ thống thông tin liên lạc truyền dẫn quang, người sử dụng cần biết các đặc tính nhiễu cường độ của laser vì những ảnh hưởng của nó tác động trực tiếp đến hiệu quả và tốc độ truyền dữ liệu của hệ thống [1-5]. Vậy nên, để tăng tốc độ dữ liệu, cần một giá trị đại diện để xác định và đánh giá giá trị nhiễu cường độ trên.

RIN là giá trị thường được sử dụng để đánh giá nhiễu cường độ cũng như chất lượng của nguồn laser [1-4, 6]. Trong các hệ thống analog, RIN quyết định chỉ số SNR cần thiết để nhận được tín hiệu. Đối với hệ thống Digital, RIN quyết định chỉ số BER. Do

đó, nhu cầu của thị trường thế giới với các thiết bị đo RIN khá lớn, đặc biệt là các nhà sản xuất nguồn laser cho thông tin quang và đo lường chính xác. Hiện nay, có 3 cách phổ biến được áp dụng để đo RIN là phương pháp trừ (Subtraction method), hiệu chuẩn nhiễu điện tử (Shot noise calibration method) và hiệu chuẩn laser RIN thấp (Low - RIN laser calibration method). Trong đó, phương pháp trừ được sử dụng nhiều trong các thiết bị đo RIN trên thị trường như: Agilent 71400C, Agilent 71401C, Agilent N4371A của Hãng Agilent hay DSA8300 của Hãng Tektronix [5, 7-9]. Vậy nên việc nghiên cứu, xây dựng, chế tạo và thử nghiệm một hệ thống đo RIN theo phương pháp trừ sẽ đem lại khả năng so sánh tính năng của hệ thống so với các thiết bị phổ biến trên thế giới. Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày một hệ đo RIN có độ nhạy cao, băng thông rộng sử dụng PIN box được kiểm soát nhiệt độ chính xác và bộ phân tích tín hiệu điện ESA để đánh giá nhiễu RIN của nguồn DFB laser tham chiếu có bước sóng 1550,12±0,1 nm. Hệ thiết bị đo RIN sẽ là một giải pháp xác định chất lượng nguồn laser với độ chính xác cao và chi phí thấp hơn so với các thiết bị hiện có trên thị trường. Nguyên lý hệ thống đo RIN, các thiết bị được sử dụng trong thực nghiệm và kết quả đo được trình bày chi tiết trong bài báo này.

Nguyên lý hệ thống đo RIN

Đo RIN bằng phương pháp trừ

Nhiễu cường độ laser chủ yếu là do sự bức xạ hỗn loạn của các bước sóng khác nhau trong buồng cộng hưởng laser bên cạnh bước sóng laser chính. Nhiễu cường độ phụ thuộc vào các thông số cấu trúc của buồng cộng hưởng và môi trường khuếch đại laser. Các điều kiện hoạt động như mức phân cực và tần số điều chế cũng ảnh

*Tác giả liên hệ: Email: long@senac.com.vn

Research and development of 40 GHz bandwidth laser relative intensity noise measurement system using PID controller and ESA spectrum analyser

Hai Long Ngo*, Hoang Dat Luu, Dinh Chi Tran,
Viet Hoang Do, Van Binh Le, Khắc Thiên Cao,
Quoc Tuan Banh

Laboratory for Optical Fiber Laser Research Development and Application,
National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 26 July 2022

Abstract:

Measuring and evaluating the quality of laser sources used in optical communications and in the precision measurement system is essential. Relative intensity noise (RIN) is a parameter that directly affects the system quality. Therefore, RIN needs to be measured periodically. This study presents a high-sensitivity, broadband (40 GHz) RIN measurement system using a precisely temperature-controlled photodetector and an electrical spectrum signal analyser. RIN value is determined through indirect measurement of noise components: thermal noise, total detected noise, and the shot noise of the laser source. These noises are measured by using an Electrical spectrum analyser (ESA) and a super sensitive $6\frac{1}{2}$ digital multimeter (DMM). The experimental results of the RIN measurement of the reference Distributed feedback (DFB) laser source show the similarity between the RIN value measured by the system and the RIN value provided by the manufacturer.

Keywords: ESA, laser, PID controller, relative intensity noise.

Classification number: 2.2

hường trực tiếp đến độ nhiễu. Sự tác động từ bên ngoài hoặc phản xạ ngược tia laser cũng làm tăng nhiễu này. Nhiễu cường độ laser đạt cực đại tại điểm cộng hưởng. Trong thực tế, các nguồn nhiễu phụ khác từ những linh kiện điện tử sẽ thêm vào nhiễu cường độ laser. Các nguồn nhiễu phụ này thường là dòng tối (Dark current) từ cảm biến quang, nhiễu nhiệt từ các thành phần điện như bộ khuếch đại, thiết bị ESA và một nguồn nhiễu khác xuất phát từ bản chất lượng tử ánh sáng đó là nhiễu điện tử. Một hệ thống thu quang điển hình bao gồm một bộ photodetector (PD) và bộ khuếch đại, nhiễu đo được ở đầu ra máy thu là tổng của các nguồn nhiễu cơ bản nêu trên [1]. Tổng công suất nhiễu của hệ thống $N_T(f)$ sẽ được tính toán là giá trị tuyến tính tổng hợp của 3 nguồn nhiễu này:

$$N_T(f) = N_L(f) + N_q + N_{th}(f) \quad (1)$$

trong đó: $N_L(f)$ là công suất nhiễu cường độ laser trên 1 Hz; N_q là công suất nhiễu điện tử trên 1 Hz; $N_{th}(f)$ là công suất nhiễu nhiệt trên 1 Hz.

Xét với từng loại nhiễu, ta sẽ có thể xác định giá trị của chúng theo các phương pháp và thiết bị khác nhau. Đầu tiên, nhiễu nhiệt có thể được thể hiện theo nhiều cách và thường được mô tả như một hệ số nhiễu được biểu thị bằng dB, thông thường sẽ lớn hơn so với giới hạn dưới của nhiệt độ phòng là -174 dBm/Hz [1, 4, 6]. Khi các hệ thống xử lý tín hiệu quang học, bộ khuếch đại và các thiết bị điện tử đi kèm theo diode quang vận hành cũng sẽ tạo ra nhiễu nhiệt. Theo công thức (1), khi laser tắt hay không có tín hiệu, ta có giá trị $N_q = N_L(f) = 0$. Vậy nên, giá trị nhiễu nhiệt sẽ được xác định trên ESA khi tắt laser đầu vào. Giá trị nhiễu nhiệt N_{th} được xác định theo công thức sau [1, 4-6]:

$$N_{T(L-off)} = N_{th} \quad (2)$$

Khi bật nguồn laser cấp tín hiệu quang học đầu vào, cảm biến hoạt động ổn định, nhiễu nhiệt thường sẽ không thay đổi. Các photon khi đến cảm biến và các tính toán thu tín hiệu liên quan sẽ gây ra nhiễu điện tử. Do đó, nhiễu điện tử N_q xuất hiện tại cảm biến quang học và tăng theo tỷ lệ thuận với công suất quang học được thu bởi cảm biến. Nó có thể được xác định bằng phép đo cường độ dòng tại cảm biến [1, 4, 5]:

$$N_q = 2 \cdot q \cdot I_{dc} \cdot R_L \quad (3)$$

trong đó: q là điện tích electron ($1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb); I_{dc} là cường độ dòng điện ra khỏi diode theo công suất quang trung bình thu vào từ cảm biến theo điện trở tải R_L . I_{dc} có thể được xác định bằng cách đo công suất quang trung bình P_0 đến cảm biến quang như sau:

$$I_{dc} = r \cdot P_0 \quad (4)$$

trong đó: r là độ nhạy của bộ cảm biến quang.

Tuy nhiên, vì có sự tổn hao ở phần cắm sợi quang (nếu sử dụng fiber) và lượng công suất quang tác động lên cảm biến chỉ được xác định xấp xỉ, nên công suất quang P_0 phải được xác định gián tiếp bằng cách đo điện áp U_{out} trên điện trở đầu ra.

$$P_0 = \frac{U_{out}^2}{r \cdot R_{out}} \quad (5)$$

Thay phương trình (4) và (5) vào (3) ta được:

$$N_q = 2 \cdot q \cdot U_{out} \cdot \frac{R_L}{R_{out}} \quad (6)$$

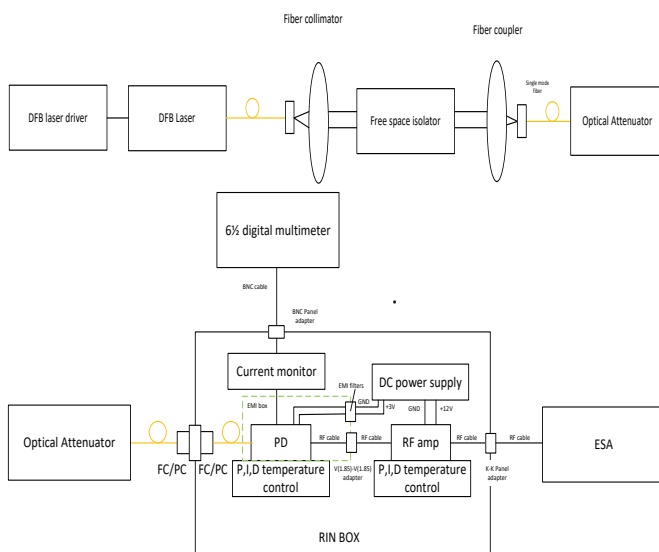
Cuối cùng, giá trị độ nhiễu tổng thể N_T được đo bằng ESA có bật laser. Nhiễu nhiệt N_{th} và nhiễu điện tử N_q lần lượt là kết quả của các phương trình (2) và (6). Thay vào phương trình (1) ta sẽ thu được giá trị nhiễu cường độ laser N_L theo biểu thức liên hệ sau:

$$N_L(f) = N_T(f) - N_q - N_{th}(f) \quad (7)$$

Hệ thực nghiệm đo RIN

Hình 1 mô tả sơ đồ hệ thống đo RIN. Theo đó, chúng tôi sử dụng thiết bị đo là ESA và DMM để đo nhiễu nhiệt N_{th} , nhiễu điện

từ N_q và nhiễu tổng thể N_T theo các phương trình nêu trên. Chúng tôi thiết kế, chế tạo một RIN box để thu tín hiệu từ nguồn laser cần đo và chuyển về các thiết bị đo. Một bộ biến đổi quang điện (PD) có mức noise thấp, băng thông rộng được sử dụng. Đây là linh kiện rất quan trọng quyết định chất lượng của hệ thống đo RIN. PD cần được hoạt động trong điều kiện ổn định nhiệt độ cao và cách ly nhiễu điện từ trường để không gây ảnh hưởng đến hiệu suất biến đổi quang điện. Tín hiệu về ESA sẽ được đi qua bộ khuếch đại tín hiệu (RF Amp) bằng cáp RF trước khi được xử lý và hiển thị trên ESA để xác định nhiễu nhiệt N_{th} và nhiễu tổng thể N_T . Bên cạnh đó, giá trị nhiễu điện từ được tính thông qua giá trị cường độ dòng của PD. Giá trị dòng này được xác định theo công thức (4 và 5) từ điện áp trên trở đầu ra của DMM sau khi lấy từ RIN box qua rơ le ngưỡng dòng (Current monitor). Các cảm biến PD và khuếch đại RF Amp đều được ổn định nhiệt bằng các thiết bị kiểm soát nhiệt độ PID số (PID temperature control). PD sử dụng trong thiết bị RIN box cần được đặt trong một hộp cách ly nhiễu sóng điện từ (EMI box) để loại bỏ ảnh hưởng của sóng điện từ (Electromagnetic interference - EMI) từ môi trường có thể tác động đến bộ chuyển đổi quang điện. Các thiết bị kết nối trên EMI box cần phải thông qua một EMI filter để loại bỏ nhiễu từ các thiết bị kết nối với RIN box.



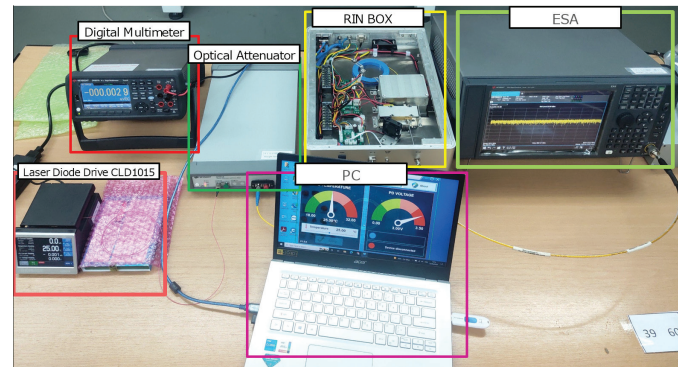
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo RIN.

Nguồn laser DFB sử dụng trong thử nghiệm cần được ổn định nhiệt để cường độ laser là không đổi trong quá trình đo nhiễu RIN. Laser phát ra sẽ được đi qua hệ cách ly quang học để ngăn sự phản xạ trở lại nguồn và gây mất ổn định. Để đảm bảo cường độ laser không bị quá mạnh gây bão hòa bộ PD, một bộ suy hao quang được sử dụng trước khi đưa laser vào RIN box. Thiết bị suy hao quang này có tác dụng ổn định công suất laser theo thông số được cài đặt từ bộ điều khiển trước khi truyền tới cảm biến quang học PD trong RIN box. Khi đó, các giá trị nhiễu nhiệt N_{th} , nhiễu điện từ N_q và nhiễu tổng thể N_T trong tín hiệu thu được từ cảm biến quang sẽ được ghi lại bằng các thiết bị đo như ESA, DMM và gửi về PC xử lý trên phần mềm qua phương pháp trừ để xác định được RIN.

Thực nghiệm

Hệ thống đo RIN

Hình 2 mô tả nguyên mẫu hệ thống đo thử nghiệm RIN. Theo đó, chúng tôi sử dụng FRL15DCWD-A81-19340 DFB laser của Furukawa Electric Company Ltd. làm nguồn phát laser để đo kiểm. Nguồn laser này có bước sóng $1550,12 \pm 0,1$ nm, công suất đầu ra tối thiểu là 10 mW và thông số RIN tại cường độ suy hao công suất trở lại (Optical return loss) <25 dB, trong dải tần số từ 100 MHz đến 10 GHz là -133 dB/Hz [10]. Nhằm mục đích ổn định nhiệt độ và cường độ của nguồn laser này, bộ điều khiển CLD1015 DFB Laser Driver của Thorlabs [11] được sử dụng để ổn định nhiệt độ ở mức 25°C và cường độ dòng tại 29 mA. Chúng tôi đã phát triển và chế tạo một hệ thống thu nhận sử dụng RIN box. Trong đó, cảm biến được sử dụng là P-40A/HP/8V/Z50 (Picometrix) có công suất thu trung bình tối đa là 10 mW [12]. Để thiết bị có thể đo được công suất tín hiệu từ nguồn phát và ổn định công suất thu ở giá trị được cài đặt trước và nằm trong vùng đo của cảm biến, tín hiệu quang học được truyền dẫn từ nguồn phát đến một bộ suy hao Optical Attenuator N7752A [13] của Keysight thông qua sợi fiber đơn mode. Sợi fiber này có tác dụng như một bộ cách ly quang nhằm hạn chế hiện tượng phản xạ một phần từ các linh kiện quang trong hệ thống. Tín hiệu từ RIN box sẽ được truyền sang máy Keysight ESA N9010B [14] để ghi lại và lưu dữ liệu nhiễu tổng hợp và nhiễu nhiệt qua cáp RF. Nhiễu điện từ được tính theo dòng của cảm biến khi nhận laser. Giá trị dòng điện này đo gián tiếp từ điện áp trên trở đầu ra của Keysight 6½ DMM 34461A [15]. Các giá trị đo được lưu trữ và chuyển về máy tính cá nhân PC để xử lý và tính ra RIN cũng như quan sát các giá trị N_{th} , N_q , N_T đo được.

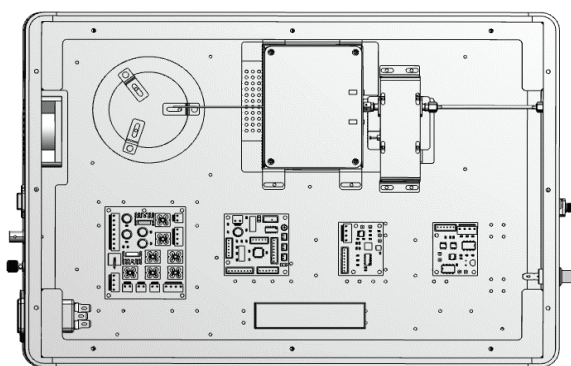


Hình 2. Hệ thực nghiệm đo RIN.

RIN box

Để có một bộ RIN box đo được nhiễu laser với độ chính xác cao thì việc chọn linh kiện và thiết kế vị trí linh kiện tối ưu cũng là một trong những yếu tố quyết định. Hình 3 là sơ đồ thiết kế RIN box gồm có 4 PCB chính bao gồm: mạch nguồn, mạch kiểm soát nhiệt độ, mạch PD và mạch điều khiển. Trong đó, mạch nguồn có chức năng chia nhỏ nguồn tổng thành nhiều nguồn điện để cung cấp nguồn nuôi cho các mạch khác. Thiết kế mạch nguồn phải có yêu cầu cao về độ ổn định, sử dụng nhiều bộ lọc và cần phải tách riêng âm nguồn của tín hiệu tương tự và

tín hiệu số. Mạch kiểm soát nhiệt độ là một phần quan trọng của RIN box, nó có chức năng điều chỉnh bộ ổn định nhiệt độ cho RIN box một cách chính xác (sai số $\pm 0,1^\circ\text{C}$). Tiếp theo, mạch PD có nhiệm vụ cung cấp điện áp cho RIN box, nguồn điện phải ổn định và có thể thay đổi tùy vào người sử dụng để cảm biến hoạt động ở trạng thái tốt nhất giúp kết quả đo RIN có độ chính xác cao. Ngoài ra, trên mạch PD có đầu ra cổng BNC để lấy tín hiệu cường độ dòng điện của diode quang - là thông số để đo N_q . Mạch điều khiển sử dụng vi điều khiển Atmega328P, là một vi điều khiển tiên tiến và có nhiều tính năng. Các tín hiệu từ thiết bị bao gồm: thông số nhiệt độ, điện áp cài đặt cho RIN box, các hệ số PID, công suất làm việc của hệ thống ổn định nhiệt... sẽ được mạch điều khiển thu nhận, xử lý và giao tiếp với máy tính cá nhân thông qua giao tiếp USB.

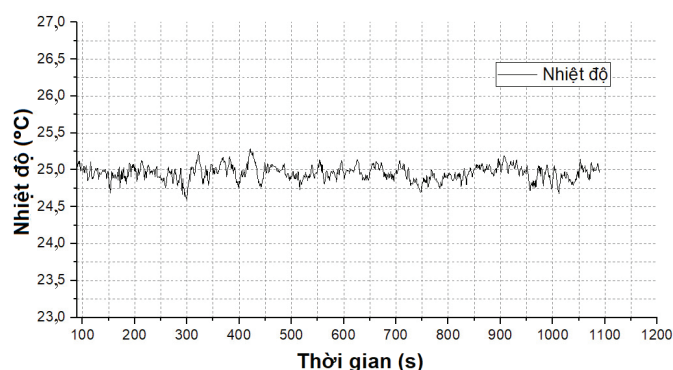


Hình 3. Hệ thực nghiệm RIN box.

Nguồn laser được dẫn bởi sợi quang đơn mode đi vào bộ chuyển đổi quang điện. Đường đi và vị trí của sợi quang cũng cần phải được tính toán và thiết kế sao cho sợi quang trong tình trạng ổn định nhất. Bộ chuyển đổi quang điện được đặt trong hộp kín để tránh sự can nhiễu trong quá trình hoạt động, các tín hiệu ra vào hộp kín này đều được đi qua bộ lọc nhiễu. Ngoài ra, vỏ của RIN box được thiết kế bằng nhôm và đảm bảo các mặt phải tiếp xúc với nhau tạo thành một khối hộp hoàn chỉnh tuân theo nguyên lý lồng Faraday nhằm hạn chế sự tác động của điện trường từ bên ngoài ảnh hưởng đến thiết bị.

Kết quả và đánh giá

Laser được phát từ nguồn DFB laser ổn định nhiệt ở 25°C nhờ PID số. Để RIN box hoạt động ổn định và chất lượng đầu ra được tốt nhất thì việc ổn định nhiệt độ cho cảm biến là điều cần thiết. Biên độ dao động nhiệt độ của RIN box trong 1000 giây được thể hiện trong hình 4. Theo đó, nhiệt độ ổn định ở mức $25^\circ\text{C} \pm 0,08$ với độ lệch chuẩn 0,1 có thể đáp ứng được cho cảm biến quang hoạt động ổn định và cho tín hiệu đầu ra có chất lượng tốt. Cường độ dòng cấp của nguồn laser là 29 mA (≈ 4 mW) thông qua driver CLD1015. Công suất nguồn laser được ổn định bằng bộ suy hao ở mức 1 mW để kiểm tra hoạt động của hệ thống. Sau đó, chúng tôi thực hiện đo RIN ở các mức công suất: 1, 1,5, 2, 2,5 và 3 mW. Điều kiện thực nghiệm của chúng tôi được thể hiện trong bảng 1.

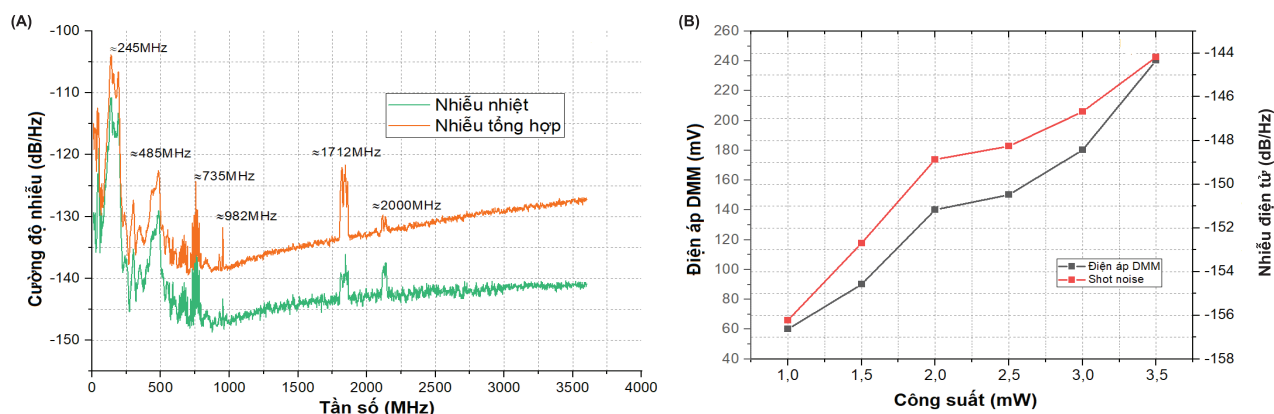


Hình 4. Biểu đồ nhiệt độ của RIN box trong 1000 giây sau 90 giây khởi động PID số cài đặt tại 25°C .

Bảng 1. Điều kiện thực nghiệm.

Laser	Bộ suy hao	Môi trường
Nhiệt độ ổn định: 25°C	Công suất đầu ra: 1 mW	Nhiệt độ: 28°C
Cường độ dòng: 29 mA	Hệ số suy hao: 4,765 dB	Độ ẩm: 39%
Bước sóng: 1550 nm		Áp suất: 1017 hPa

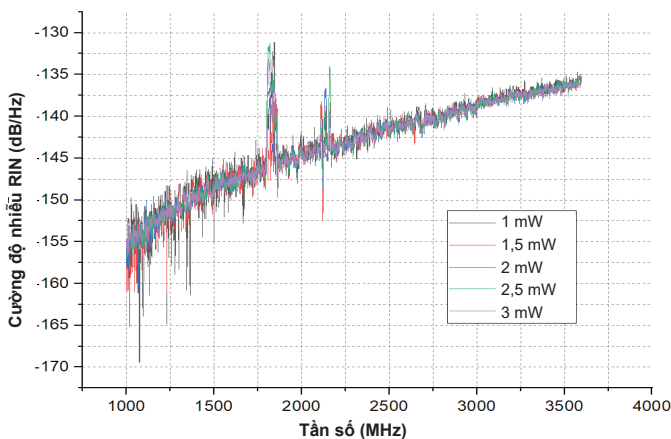
Kết quả đo các giá trị nhiễu nhiệt N_{th} và nhiễu tổng hợp N_T từ ESA và nhiễu điện tử từ DMM được thể hiện ở hình 5. Theo đó, giá trị nhiễu nhiệt và nhiễu tổng hợp ở mức công



Hình 5. Kết quả đo nhiễu nhiệt, nhiễu tổng hợp và nhiễu điện tử. (A) Nhiễu tổng hợp N_T , nhiễu nhiệt N_{th} ở công suất 1 mW; (B) Kết quả đo nhiễu điện tử N_q khi thay đổi công suất.

suất laser 1 mW sau khi qua bộ suy hao được thể hiện trong hình 5A. Các giá trị này được lấy trực tiếp từ ESA qua logfile, do đó độ phân giải của các trục đồ thị phụ thuộc vào thiết bị đo, với hình 5A độ phân giải trục tần số là 2 Hz [14].

Giá trị nhiễu nhiệt N_{th} và nhiễu tổng hợp N_T của thiết bị khi đo riêng lẻ xuất hiện các nhiễu nền khác. Các thiết bị điện tử trong RIN box là nguyên nhân gây ra nhiễu nền. Nhiễu nền này gây ra sự thay đổi với cường độ cố định khi đo nhiễu nhiệt và giá trị cường độ nhiễu nền là tương đối ổn định. Do đó, nhiễu nền này có thể loại bỏ khi trừ hai giá trị nhiễu tổng hợp và nhiễu nhiệt khi tính RIN theo phương trình (7). Tuy nhiên, các giá trị nhiễu có tần số ≈ 245 MHz và các harmonic bậc cao của nó khiến việc đo giá trị nhiễu cường độ laser ở dải thấp (<1 GHz) của hệ gặp khó khăn. Cùng với đó, bộ khuếch đại tín hiệu RF Amp làm việc ở tần số 0,5-40,0 GHz [16], do vậy tín hiệu trong khoảng $<0,5$ GHz không được khuếch đại và ổn định. Việc khắc phục giá trị nhiễu này bằng cách hoàn thiện các thiết bị điện tử có trong hệ thống RIN box là hướng phát triển trong tương lai của chúng tôi. Với dải tần số cao hơn (>1 GHz), giá trị nhiễu tổng hợp và nhiễu nhiệt theo đồ thị hình 5A có thể cho thấy hệ thống hiện tại có thể xác định được RIN ở dải tần số cao hơn (>1 GHz). Để xác định giá trị RIN của nguồn DFB laser theo các mức công suất khác nhau, giá trị nhiễu điện tử cũng được chúng tôi thực nghiệm đo theo các mức công suất này. Giá trị đo điện áp từ DMM và nhiễu điện tử N_u được thể hiện ở hình 5B. Giá trị RIN lớn nhất thu được bởi các công suất toàn dải là -133,2 dB/Hz (hình 6). Giá trị RIN trung bình toàn dải là -143,31 dB/Hz với độ lệch chuẩn là 5,22. Với giá trị RIN tối đa của nguồn FRL15DCWD-A81-19340 DFB laser là trong dải tần số từ 10 MHz đến 10 GHz, từ kết quả thực nghiệm có thể kết luận rằng, nguồn DFB laser trên đảm bảo giá trị RIN mong muốn theo nhà sản xuất.



Hình 6. Kết quả đo RIN dải rộng 1 đến 3,6 GHz ở các công suất 1, 1,5, 2, 2,5 và 3 mW.

Kết luận

Bằng cách sử dụng nguyên lý đo RIN theo phương pháp trừ với các thiết bị đo ESA dải 10 MHz đến 3,6 GHz, 6½ DMM và RIN box, chúng tôi đã trình bày một hệ đo nhiễu laser dải rộng (>1 -40 GHz) có độ nhạy cao, băng thông rộng sử dụng RIN box được kiểm soát nhiệt độ chính xác và bộ phân tích tín hiệu điện ESA để đánh giá nhiễu của nguồn DFB laser bước sóng 1550,12±0,1 nm. Kết quả đo thu được với giá trị trung bình là -143,31 dB/Hz với độ lệch chuẩn 5,22 chứng minh nguồn DFB laser sử dụng vẫn đảm bảo giá trị nhiễu cường độ theo thông số nhà sản xuất cung cấp. Tuy nhiên, trong quá trình thực nghiệm và chế tạo hệ thiết bị, chúng tôi nhận thấy hệ vẫn còn giá trị nhiễu không mong muốn ở tần số ≈ 245 MHz gây khó khăn khi đo nhiễu cường độ ở dải tần số thấp (<1 GHz). Việc khắc phục và loại bỏ giá trị nhiễu này là một trong số những hướng mở rộng và phát triển hệ trong tương lai bên cạnh việc mở rộng dải đo và tăng độ nhạy của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Hashemi (2012), *Relative Intensity Noise (RIN)*, High-Speed VCSELs for Short Reach Communication.
- [2] https://www.rp-photonics.com/article_noise_in_laser_technology1.html.
- [3] https://www.rp-photonics.com/intensity_noise.html.
- [4] <https://en.sekorm.com/doc/1675557.html>.
- [5] <https://www.agilent.com>, *Agilent Technologies (2000) Annual Report*, Lightwave Signal Analysers Measurement of Relative Intensity Noise, Product Note 71400-1.
- [6] https://www.toptica-eagleyard.com/fileadmin/downloads/documents/eyP_App_Note_RIN_1-6.pdf.
- [7] <https://www.semiee.com/file/EOL2/HP-N4371A.pdf>.
- [8] <https://www.tek.com/vn/products/oscilloscopes/dsa8300-sampling-oscilloscope>.
- [9] https://download.tek.com/document/85W_30657_0_HR_Letter.pdf.
- [10] https://www.furukawa.co.jp/fitel/english/active/pdf/signal/ODC-7R002E_FRL15DCWx-A8x-Wxxx-x.pdf.
- [11] <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=CLD1015#ad-image-0>.
- [12] <https://sphotronics.ru/upload/iblock/6ac/6ac72f2b70ef902cfc3c763ec727eec4.pdf>.
- [13] <https://www.keysight.com/at/de/product/N7752A/2-channel-optical-attenuator-power-meter.html>.
- [14] <https://www.keysight.com/at/de/assets/9018-70012/technical-specifications/9018-70012.pdf>.
- [15] <https://www.keysight.com/at/de/assets/7018-03846/data-sheets/5991-1983.pdf>.
- [16] <https://sftp.ervant.com/content/datasheets/SBB-0524034318-KFKF-E8.pdf>.

Thiết kế động cơ phòng nổ hiệu suất cao tốc độ 3.000 vòng/phút sử dụng cho quạt gió cục bộ trong khai thác mỏ hầm lò

Đỗ Như Ý^{1*}, Đỗ Anh Tuấn², Lê Anh Tuấn³, Lưu Văn Uy⁴

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Trường Cao đẳng Việt - Hàn Quảng Ninh

Ngày nhận bài 4/7/2022; ngày chuyển phản biện 6/7/2022; ngày nhận phản biện 28/7/2022; ngày chấp nhận đăng 3/8/2022

Tóm tắt:

Mức độ tiêu thụ điện năng của khâu thông gió mỏ nói chung và quạt thông gió cục bộ nói riêng chiếm tỷ trọng lớn trong toàn mỏ. Việc tiết kiệm điện năng cho quạt thông gió cục bộ đưa đến việc giảm thiểu điện năng tiêu thụ chung của toàn bộ xí nghiệp mỏ là một trong những yêu cầu cần thiết. Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ nam châm vĩnh cửu (NCVC) đất hiếm với mật độ từ trường cao, động cơ đồng bộ NCVC khởi động trực tiếp (LSPMSM) cũng đang nổi lên như một giải pháp thay thế từng phần cho động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc (IM) để tiết kiệm năng lượng. Bài báo tính toán thiết kế LSPMSM 15 kW, 660/1.140 VAC, 3 pha, tốc độ 3.000 vòng/phút, từ đó mô phỏng khảo sát đặc tính làm việc của LSPMSM với tải định mức của quạt thông gió mỏ, làm tiền đề thay thế IM trong thực tế.

Từ khóa: động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp, động cơ không đồng bộ, nam châm vĩnh cửu.

Chỉ số phân loại: 2.3

Design of high-performance explosion proof motor of 3,000 rpm for local exhaust ventilation in underground mining

Nhu Y Do^{1*}, Anh Tuan Do², Anh Tuan Le³, Van Uy Luu⁴

¹Hanoi University of Mining and Geology

²National Center for Laser Technology, National Center for Technological Progress

³Hanoi University of Industry

⁴Vietnam - Korea College of Quang Ninh

Received 4 July 2022; accepted 3 August 2022

Abstract:

The power consumption of mine ventilation in general and local exhaust ventilation in particular accounts for a large proportion of the whole mine. Saving energy for the local exhaust ventilation that leads to the reduction of the overall power consumption of the entire mining enterprise is one of the necessary requirements. With the rapid development of rare earth, permanent magnet technology with high magnetic field density, line-start permanent magnet synchronous motor (LSPMSM) is becoming a suggestion of partially replacing for squirrel cage induction motors (IM) to save energy. The present results are a calculation of designing for the LSPMSM of 15 kW, 660/1,140 VAC, 3 phases, 3,000 rpm, and simulation of operating characteristics of the LSPMSM with the rated load of the exhaust ventilation of mine to replace the IM in practice.

Keywords: induction motor, line-start permanent magnet synchronous motor, permanent magnet.

Classification number: 2.3

Đặt vấn đề

Quạt thông gió cục bộ là phụ tải loại 1 trong khai thác mỏ hầm lò. Để đảm bảo an toàn trong khai thác mỏ, quạt thông gió cục bộ làm việc liên tục không nghỉ kể cả ngày lễ. Mức độ tiêu thụ điện năng của khâu thông gió mỏ nói chung và quạt thông gió cục bộ nói riêng chiếm tỷ trọng lớn trong toàn mỏ. Việc tiết kiệm điện năng cho quạt thông gió cục bộ sẽ giúp giảm thiểu điện năng tiêu thụ chung của toàn bộ xí nghiệp mỏ [1]. Đây là một trong những yêu cầu cần thiết trong khai thác mỏ hiện nay.

Đặc trưng của quạt thông gió cục bộ là khi khởi động không cần mômen khởi động lớn. Đây là một đặc điểm quan trọng để có thể thay thế các loại IM truyền thống bằng việc sử dụng các loại động cơ thể hệ mới hiệu suất cao nhằm mục tiêu tiết kiệm năng lượng. Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ NCVC đất hiếm với mật độ từ trường cao, tích số năng lượng lớn như chủng loại nam châm Neodimium... đã khiến LSPMSM nổi lên như một giải pháp thay thế từng phần cho động cơ không đồng bộ IM và phù hợp với các loại tải như quạt gió cục bộ trong khai thác mỏ [2].

Đối với LSPMSM, mặc dù được khẳng định là động cơ có hiệu suất, hệ số công suất cao, mật độ mômen lớn [3-5], nhưng nếu thiết kế không tốt thì các thông số vận hành sẽ không đảm bảo, thậm chí không đạt được các tiêu chuẩn của IM [6]. Bài báo thiết kế khảo sát mô phỏng LSPMSM 15 kW, 660/1.140 VAC, 3 pha, tốc độ 3.000 vòng/phút và trình bày ứng dụng FEM trong đánh giá giải pháp thiết kế.

Thiết kế LSPMSM, 15 kW, 3.000 vòng/phút

LSPMSM bản chất là sự cải tiến từ động cơ đồng bộ NCVC và động cơ không đồng bộ. Nói cách khác, là sự lai tạp giữa động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ bằng cách đặt các thanh

*Tác giả liên hệ: Email: donhuy.hung@gmail.com

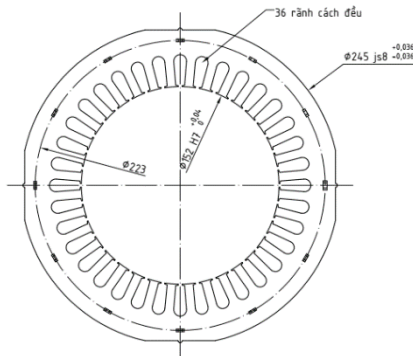
NCVC vào IM. Do vậy, LSPMSM ngoài sở hữu ưu điểm của động cơ đồng bộ NCVC, còn có ưu điểm của IM là khả năng tự khởi động trực tiếp [3, 7].

Cấu hình LSPMSM

Bảng 1. Thông số của LSPMSM.

Tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính ngoài stator	Din	245	mm
Đường kính trong stator	Dout	152	mm
Vật liệu thép stator	Steel 1008		
Số rãnh stator	Z1	36	Rãnh
Chiều dài khe hở không khí	g	0,5	mm
Điện áp nguồn cấp	Udm	660/1.140	V
Tần số nguồn cấp	f	50	Hz

Stator: LSPMSM điển hình có cấu tạo stator giống động cơ không đồng bộ. LSPMSM trong bài báo có thông số như ở bảng 1. Kích thước IM được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Kích thước IM 15 kW tốc độ 3.000 vòng/phút [2].

Cấu hình rotor: Rotor của LSPMSM tương tự IM là nó có lồng sóc. Tuy nhiên, LSPMSM khác biệt so với động cơ IM ở chỗ nó có gắn thêm các thanh NCVC trong lõi thép rotor. Khi tính toán thiết kế NCVC đặc biệt lại càng khó khăn đối với loại động cơ có tốc độ cao 3.000 vòng/phút.

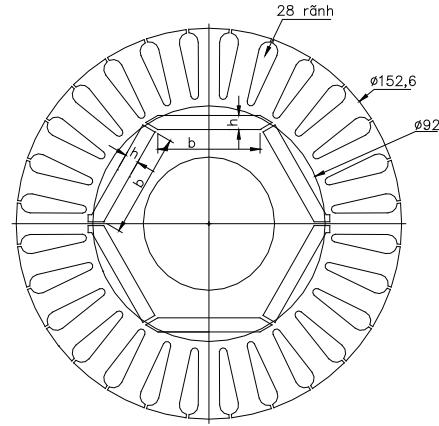
Việc tính toán NCVC không tốt sẽ gây khó khăn cho việc gia công chế tạo, hiệu suất của động cơ thấp, động cơ không khởi động được, thời gian khởi động lâu... Ngoài ra, NCVC có chi phí cao, do vậy nếu việc tính toán không tối ưu, sẽ dẫn đến khó thương mại hóa loại động cơ này trong thực tế [3].

NCVC sử dụng trong LSPMSM là loại nam châm đất hiếm NdFeB có mật độ từ dư (B_r), cường độ từ trường lớn nhất (H_{cj}), cường độ từ trường nhỏ nhất (H_{cb}), nhiệt độ làm việc lớn nhất của nam châm (T_w) và tích năng lượng cực đại (BH_{max}). Thể tích của NCVC V_m được xác định theo công thức sau:

$$V_m = \frac{2 \cdot k_{of} k_{fd} (1 + K_{EC}) P_{dm}}{\pi^2 \xi \cdot 2 \cdot p \cdot f \cdot B_r \cdot H_c}$$

với k_{of} : hệ số quá tải, chọn $k_{of}=2$; k_{fd} : hệ số hình dáng từ hóa, chọn sơ bộ $k_{fd}=1$; k_{EC} : hệ số sức điện động (0,6-0,95), chọn $k_{EC}=0,9$; P_{dm} : công suất định mức; ξ : hệ số sử dụng nam châm (0,3-0,7), chọn $\xi=0,5$; B_r : mật độ từ dư; H_c : cường độ từ trường cực đại; p : tần số; f : số cực.

Thông thường, để đảm bảo tối ưu trong thiết kế, chế tạo, cũng như lắp ráp NCVC trong LSPMSM, độ dày của NCVC thường trong khoảng giá trị 5-6 mm [4]. Từ đó, có thể xác định được thông số kích thước của NCVC có giá trị tương ứng: $h=5,5$ mm và $b=40$ mm. Thông số NCVC trong LSPMSM được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Thông số NCVC trong LSPMSM 15 kW, 3.000 vòng/phút [2].

Ứng dụng FEM đánh giá giải pháp thiết kế

Để đánh giá sự phù hợp của thông số NCVC đã được tính toán cho LSPMSM, cần phải khảo sát phân bố điện từ trường cũng như đặc tính làm việc của động cơ. Phân bố từ trường trong mạch từ và không gian xung quanh cơ cấu điện từ là nghiệm của phương trình Poisson viết cho trường điện từ của mô hình động cơ điện. Mô hình này được xây dựng dựa trên định luật Maxwell - Ampe. Phương trình Maxwell - Faraday viết cho trường hợp của động cơ điện ở trạng thái xác lập như sau [2, 6]:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} \quad (1)$$

trong đó: $\vec{H}$: cường độ từ trường (H/m); $\vec{J}$: mật độ dòng điện một chiều chảy trong cuộn dây nam châm điện (A/m^2).

Cường độ từ trường $\vec{H}$ có liên hệ với mật độ từ thông $\vec{B}$ theo biểu thức sau:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} \quad (2)$$

trong đó: μ_0 : độ từ thẩm của chân không; μ_r : độ từ thẩm tương đối của môi trường dẫn từ.

Trong trường điện từ, $\vec{B}$ được tính toán qua đại lượng vector từ thế $\vec{A}$ như sau:

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A} \quad (3)$$

Thay (2) và (3) vào (1), ta thu được phương trình sau:

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \nabla \times \vec{A} \right) = \vec{J} \quad (4)$$

Phương trình (4) có dạng tổng quát của phương trình Poisson, có thể được diễn giải trong mô hình phân tích ứng với hệ tọa độ Oxyz như sau:

$$\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \left(\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} \right) + J = 0 \quad (5)$$

Giải (5), tìm được $\vec{A}$, sau đó dựa vào (2) và (3) để tính được mật độ từ thông $\vec{B}$ và cường độ từ trường $\vec{H}$ như sau:

$$\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} + B_z \vec{k} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \vec{i} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \vec{k} \quad (6)$$

Điện áp đặt vào 2 cực cuộn dây và điện trở một chiều của cuộn dây, có thể xác định được mật độ dòng điện từ các phương trình:

$$U = R_{dc}i + L \frac{di}{dt}; I_{dc} = \frac{U}{R_{dc}} \quad (7)$$

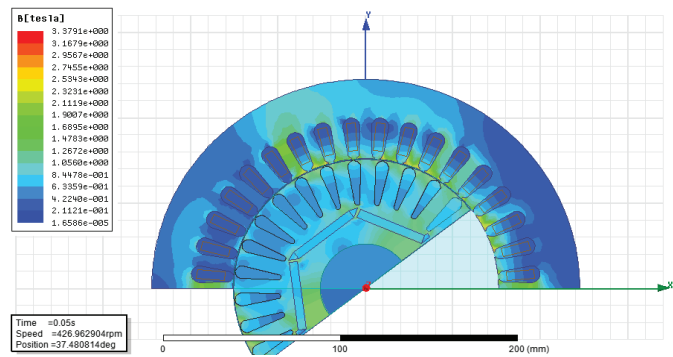
trong đó: U : điện áp đặt vào 2 cực cuộn dây; R_{dc} : điện trở của cuộn dây; L : điện cảm của cuộn dây; I_{dc} : dòng điện trong cuộn dây; S_{dq} : tiết diện cuộn dây.

FEM là một kỹ thuật để giải phương trình (5) để xác định vector từ thế $\vec{A}$, từ đó tính toán được từ cảm $\vec{B}$ và cường độ từ trường $\vec{H}$ theo các công thức (3) và (2), qua đó xác định phân bố từ trường trong không gian với độ chính xác cao. Từ đó sẽ giúp ích nhiều cho người thiết kế và vận hành trong việc hiệu chỉnh thông số của cơ cấu điện từ của máy tuyến từ để tối ưu hóa phân bố từ trường trong không gian nhằm nâng hiệu quả hoạt động của máy. Phương pháp FEM gồm 4 bước cơ bản:

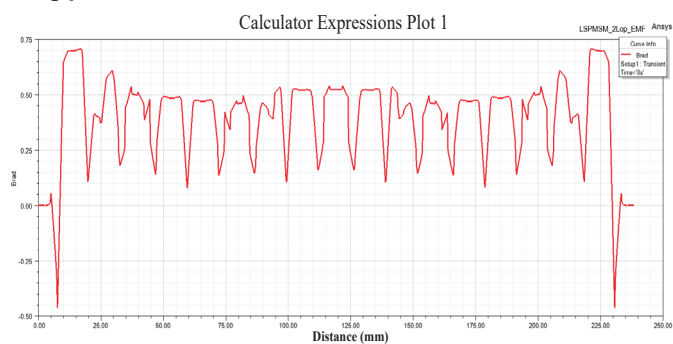
- Rời rạc hóa miền phân tích thành các miền con. Các phần tử liên kết với nhau tạo thành lưới.
- Chọn hàm liên thuộc và xấp xỉ lời giải trên mỗi phần tử.
- Ghép tất cả các phần tử trong miền phân tích để thu được ma trận hệ thống.
- Giải ma trận hệ thống bằng phương pháp lặp.

Kết quả và bàn luận

Để tính toán theo FEM, cần phải có sự hỗ trợ của các máy tính số và các chương trình phần mềm được viết dựa trên nền tảng toán học của phương pháp này.

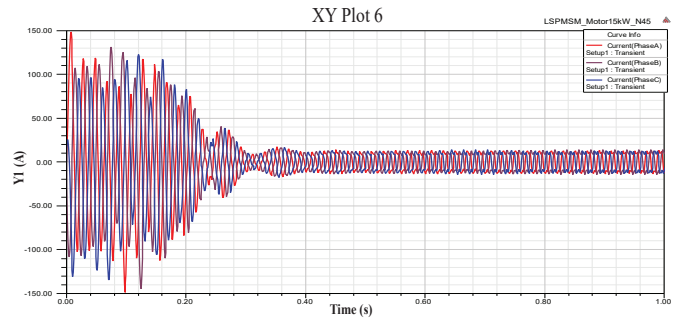


Hình 3. Phân bố điện từ trường trong LSPMSM 15 kW, 3.000 vòng/phút.

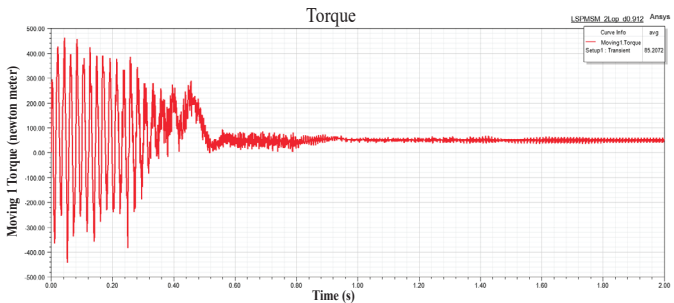


Hình 4. Đặc tính phân bố mật độ từ trường LSPMSM 15 kW, 3.000 vòng/phút.

Hình 3 và 4 trình bày phân bố điện từ trường trong động cơ. Kết quả cho thấy, phân bố điện từ trường trong động cơ tương đối đều, tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số điểm mà từ trường tập trung ở những điểm này có thể bị bão hòa sớm hơn các điểm khác. Xuất hiện các từ thông đập mạch trong mạch từ làm cho động cơ xuất hiện hiện tượng rung động khi làm việc, qua đó cần tiếp tục cải thiện giải pháp thiết kế để động cơ có thể làm việc êm dịu và cho hiệu suất cao hơn.



Hình 5. Đặc tính dòng điện khởi động với tải định mức của LSPMSM 15 kW, 3.000 vòng/phút.



Hình 6. Đặc tính mômen khởi động với tải định mức của LSPMSM 15 kW, 3.000 vòng/phút.

Hình 5 và 6 cho thấy đặc tính dòng điện khởi động và đặc tính mômen khởi động khi làm việc với tải định mức. Từ kết quả mô phỏng nhận thấy rằng, LSPMSM hoàn toàn có thể khởi động và làm việc được với tải định mức (quạt gió), sau khoảng thời gian khởi động, động cơ sẽ làm việc ổn định ở tốc độ 3.000 vòng/phút.

Kết luận

Bài báo đề xuất giải pháp thiết kế phương án bố trí và tối ưu thông số của NCVC trong LSPMSM. Kết quả cho thấy, đối với đường đặc tính tốc độ khởi động và đặc tính dòng điện ở chế độ vận hành xác lập, cấu hình NCVC thiết kế tốt, tuy nhiên trong quá trình làm việc có thể vẫn phát sinh rung ồn, điều này sẽ tiếp tục được cải thiện bằng việc tối ưu hóa quá trình thiết kế bố trí NCVC trên rotor của LSPMSM.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài mã số ĐT.CNKK. QG.012/21. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Xuân Hà và cs (2014), *Giáo trình thông gió mô*, 390tr, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [2] Do Nhu Y, et al. (2021), "Numerical simulation method application in the design of a line-start permanent magnet synchronous motor", *National Scientific Conference on Mechanics, Electrical, Automation*.
- [3] Nguyễn Vũ Thanh (2015), *Nghiên cứu thiết kế tối ưu động cơ 3 pha nam châm vĩnh cửu*, Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [4] A.H. Isfahani, et al. (2011), "Evaluation of synchronization capability in line start permanent magnet synchronous motors", *2011 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC)*, DOI: 10.1109/IEMDC.2011.5994801.
- [5] R.J. Wang, et al. (2014), "A study of rotor topologies of line-start PM motors for cooling fan applications", *Proceedings of the 22nd South African Universities Power Engineering Conference*, DOI: 10.13140/2.1.2238.8482.
- [6] V. Elistratova (2016), "Optimal design of line-start internal permanent magnet synchronous motor of high efficiency", *38th IAS Annual Meeting*, DOI: 10.1109/IAS.2003.1257835.
- [7] L.S. Maraaba, et al. (2019), "Mathematical modeling, simulation and experimental testing of interior-mount LSPMSM under stator inter-turn fault", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, **34**(3), pp.1213-1222.

Nghiên cứu và tích hợp hệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser sợi quang công suất cao với cấu hình MOPA

Trần Thị Vân Anh^{1*}, Đỗ Xuân Tiến¹, Phạm Chí Hiếu¹, Vũ Văn Liệu¹, Giang Mạnh Khôi¹,
Đỗ Anh Tuấn¹, Nguyễn Thị Thu Hương²

¹Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ

²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Ngày nhận bài 5/7/2022; ngày chuyển phản biện 8/7/2022; ngày nhận phản biện 29/7/2022; ngày chấp nhận đăng 4/8/2022

Tóm tắt:

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu trong việc phát triển hệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser sợi quang công suất cao với cấu hình MOPA (khuếch đại dao động chủ) tích hợp từ các mô-đun bán thành phẩm. Bằng việc sử dụng hệ khắc tạo màu laser trên bề mặt kim loại đã phát triển được, các ảnh hưởng của thông số laser như công suất laser, tần số lặp lại xung laser, tốc độ quét tia, độ rộng đường khắc lên quá trình hình thành màu cũng được nghiên cứu và đánh giá tường minh để đưa ra được bộ thông số tối ưu cho các màu cần khắc trên từng kim loại inox, titan cụ thể.

Từ khóa: gia công vật liệu, khắc laser tạo màu, laser sợi quang.

Chỉ số phân loại: 2.5

Researching and integrating colour laser marking system on a metal surface using high power fiber laser with MOPA configuration

Thi Van Anh Tran^{1*}, Xuan Tien Do¹, Chi Hieu Pham¹,
Van Lieu Vu¹, Manh Khoi Giang¹, Anh Tuan Do¹,
Thi Thu Huong Nguyen²

¹National Center for Laser Technology,
National Center for Technological Progress

²Quang Ninh University of Industry

Received 5 July 2022; accepted 4 August 2022

Abstract:

This paper presents the results of research and fabrication of a colour laser marking device on metal surfaces using a high-power fiber laser with a MOPA (Master oscillator power amplifier) configuration by intergrating semi-finished modules. Using our manufactured colour laser marking device, the effects of laser parameters such as laser power, laser pulse repetition frequency, beam scanning speed, line width on forming colour process have been researched and evaluated explicitly to provide the optimal set of parameters for the colours on each specific stainless steel and titanium metal.

Keywords: fiber laser, laser colour marking, MOPA fiber laser.

Classification number: 2.5

Mở đầu

Laser có nhiều ứng dụng quan trọng trên nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ như trong hóa học, vật lý, kỹ thuật, khoa học vật liệu, y học, thông tin lượng tử, quang điện tử, sinh học và khoa học môi trường [1-3]. Với các đặc tính ưu việt như chất lượng chùm tia tốt, độ ổn định cao, giá thành thấp, nhỏ gọn..., laser sợi quang đã được ứng dụng nhiều trong công nghệ gia công vật liệu như cắt, hàn, khắc tạo màu... [4-8].

Phương pháp khắc laser tạo màu có ưu điểm hơn cả do có độ bền màu cao, chi phí vận hành thấp, năng suất cao và tiến hành đơn giản. Trong công nghệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại, cơ chế hình thành màu sắc trên bề mặt kim loại dựa trên quá trình nhiệt hóa trên bề mặt vật liệu gây ra bởi sự hấp thụ chùm tia laser. Từ đó, dẫn đến sự hình thành màng oxit trong suốt hoặc bán trong suốt trên bề mặt vật liệu [9-11]. Khi ánh sáng trắng chiếu vào, nó có thể được phản xạ từ bề mặt trên và dưới của màng oxit. Giao thoa của các chùm phản xạ làm cho bề mặt xuất hiện một màu nhất định, được xác định bởi độ dày màng, chỉ số khúc xạ của oxit. Các nghiên cứu khác cho thấy, màu sắc nội tại của các oxit kim loại cũng đóng vai trò quan trọng. Khi thay đổi các thông số của chùm tia laser chiếu tới như: công suất, vị trí hội tụ, tần số lặp lại xung, tốc độ quét tia... sẽ ghi nhận được các màu sắc khác nhau của lớp oxit trên bề mặt kim loại. Đây chính là nguyên lý của kỹ thuật khắc laser tạo màu theo phương pháp oxy hóa bề mặt. Do vậy, để tạo được màu sắc khác thay đổi liên tục thì việc phát triển nguồn laser công suất cao thay đổi được các thông số như tần số lặp lại, độ rộng xung... là vô cùng cần thiết. Một phương pháp để tạo được chùm laser công suất cao với tần số lặp lại xung lớn (lên đến 1.000 kHz) đó là MOPA. Với phương pháp này, có thể tạo ra chùm laser với năng lượng lên đến hàng kW [12-14]. Hiện nay, việc nghiên cứu và ứng dụng các laser sợi quang công suất cao sử dụng MOPA để khắc tạo màu trên bề mặt kim loại được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu.

Tại Việt Nam, chưa có nhiều nghiên cứu về quá trình khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser nói chung và laser sợi quang nói riêng. Các thiết bị khắc sử dụng laser sợi quang thương mại chủ yếu

*Tác giả liên hệ: Email: vananhlaser@gmail.com

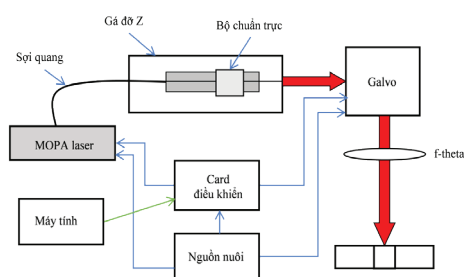
được nhập nguyên chiếc dẫn đến hạn chế trong ứng dụng cũng như khó khăn trong việc làm chủ công nghệ khắc. Do vậy, việc thiết kế, tích hợp hệ laser công suất cao với MOPA thành một hệ khắc laser hoàn chỉnh cũng như đánh giá các thông số laser để đưa ra được bộ thông số tối ưu trong quá trình khắc tạo màu là cần thiết.

Trong bài viết này, các tác giả đã nghiên cứu và chế tạo hệ thiết bị khắc màu trên bề mặt kim loại và nghiên cứu tường minh cơ chế tạo màu trên bề mặt kim loại inox, titan... sử dụng nguồn phát laser sợi quang với MOPA. Từ đó, đưa ra bộ thông số tối ưu cho các màu cần được khắc trên từng kim loại cụ thể.

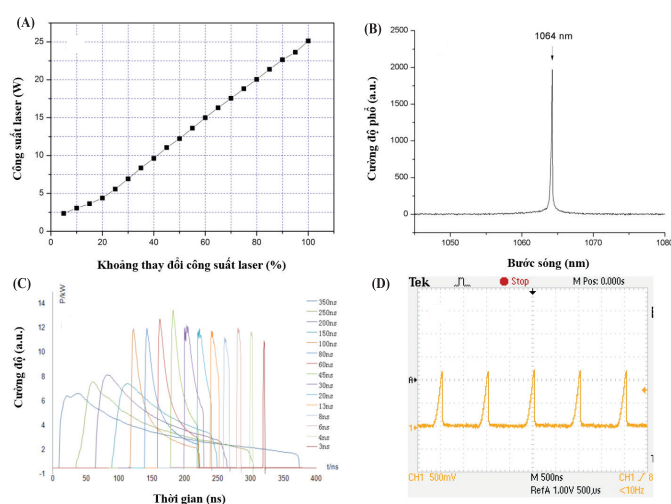
Kết quả và bàn luận

Thiết kế và xây dựng hệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser sợi quang công suất cao

Sơ đồ thiết kế khối thiết bị khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser công suất cao được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối thiết bị khắc laser tạo màu trên bề mặt kim loại.

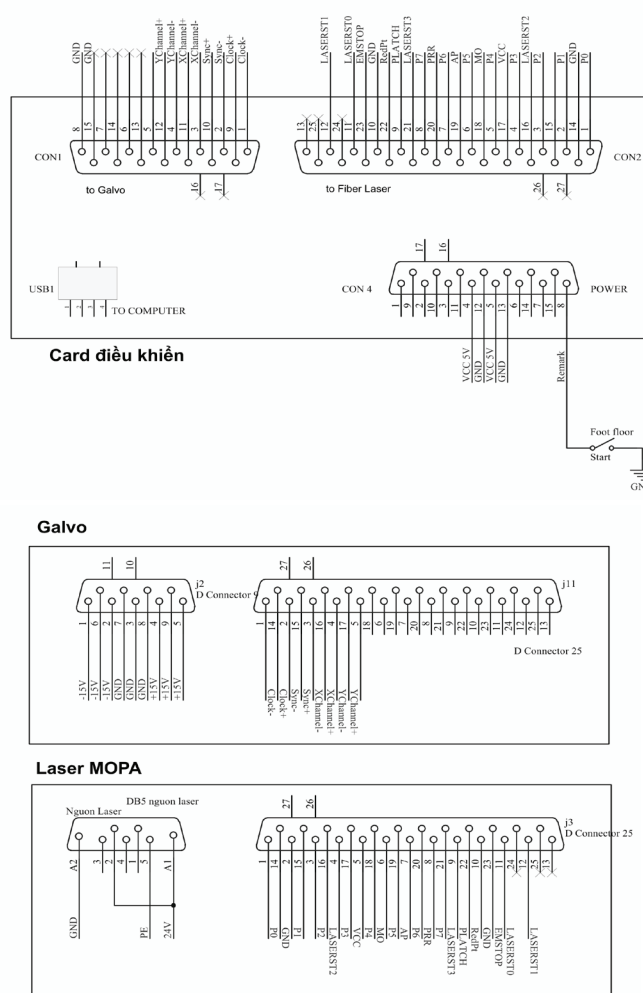


Hình 2. Thông số của laser sợi quang công suất cao. (A) Công suất laser lõi ra; (B) Bước sóng laser; (C) Độ rộng xung laser; (D) Tần số lặp lại xung.

Cấu hình tổng thể của thiết bị khắc laser bao gồm: khối nguồn phát laser sợi quang công suất cao với MOPA model JPT M7 (Trung Quốc); hệ quét chùm tia Galvo hurryScan II-10 của Hãng Scanlab (Đức), thấu kính hội tụ f-theta tiêu cự 254 mm của Hãng Sino-Laser; card điều khiển laser USB-FBLMCB-V4, nguồn nuôi cung cấp năng lượng và hệ thống được điều khiển bằng phần mềm khắc laser EzCad2.

Các thông số kỹ thuật chùm laser lõi ra của hệ laser sợi quang công suất cao với MOPA model JPT M7 đã được khảo sát chi tiết. Đường đặc trưng công suất của laser được chỉ ra trên hình 2A. Có thể thấy rằng, công suất laser sợi quang lõi ra lớn nhất là 25 W với khoảng thay đổi công suất 0-100% (tương ứng với công suất 0-25 W) ở bước sóng 1.064 nm (hình 2B). Độ rộng xung laser có thể thay đổi được trong khoảng 3-350 ns (hình 2C) và tần số lặp lại của xung từ có thể thay đổi được từ 2 đến 1.000 KHz (hình 2D). Với các thông số laser này, ta có thể dễ dàng thay đổi trong quá trình ứng dụng khắc tạo màu trên bề mặt kim loại.

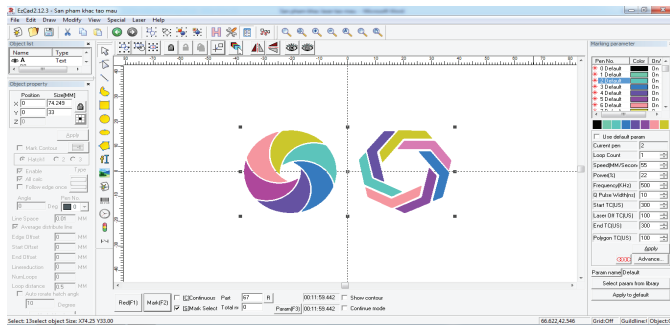
Sơ đồ kết nối mạch điều khiển của máy khắc laser được trình bày ở hình 3. Theo đó, đầu quét chùm tia galvo được kết nối với card điều khiển thông qua cổng DB-15 theo chuẩn XY2-100 Digital. Khối phát laser sợi quang được kết nối qua cổng BD-25 cho phép điều khiển các chế độ hoạt động của laser. Ngoài ra, card điều khiển cũng được ghép nối với máy tính qua cổng USB 2.0 và được nuôi bằng bộ nguồn 5 VDC bên ngoài.



Hình 3. Sơ đồ kết nối mạch điều khiển của máy khắc laser.

Quá trình khắc laser các hình ảnh thiết kế trên máy tính được thực hiện bằng cách kết hợp đồng bộ giữa chuyển động trong đầu quét galvo và chùm tia laser thông qua card điều khiển trung tâm. Toàn bộ quá trình này được thực hiện trên phần mềm khắc laser EzCad2 thực

hiện trên máy tính (hình 4). Trong đó, người sử dụng có thể dễ dàng thiết lập trực tiếp trên phần mềm các thông số khắc laser như: công suất, tần số lặp lại xung, tốc độ quét tia, khoảng cách đường khắc... Ngoài ra, phần mềm EzCad2 cũng hỗ trợ nhiều định dạng tệp tin đồ họa khác nhau (như .plt, .dxf, .ai, .jpg) nhằm tối ưu hóa thiết kế, hoạt động và quan sát trước các hình ảnh khắc laser.



Hình 4. Chương trình điều khiển hệ khắc laser tạo màu trên máy tính.

Hệ thiết bị khắc tạo màu trên bề mặt kim loại đã được chế tạo thành công và thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Hệ thiết bị máy khắc laser tạo màu được chế tạo.

Hệ thiết bị máy khắc laser đã được đo đạc và kiểm nghiệm các điều kiện hoạt động ổn định trong thời gian dài, các thông số của hệ được trình bày ở bảng 1. Từ đó, có thể được sử dụng để nghiên cứu, thử nghiệm kỹ thuật khắc laser tạo màu trên bề mặt vật liệu kim loại.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của hệ thiết bị khắc tạo màu bằng laser được chế tạo.

Loại laser	Laser sợi quang MOPA
Bước sóng	1.064 nm
Công suất laser lõi ra lớn nhất	25 W
Độ ổn định công suất	<5%
Đường kính chùm laser	9 mm
Chất lượng chùm M ²	<2
Độ rộng xung	3-350 ns
Kích thước vùng khắc	150x150 mm
Tần số lặp lại xung	2-1.000 KHz
Tốc độ khắc lớn nhất	5.000 mm/s
Làm mát bằng	Không khí
Nguồn điện	220 V/50 Hz

Nghiên cứu quá trình khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser công suất cao với cấu hình MOPA

Sự hình thành lớp oxit bề mặt dẫn đến hình thành các màu sắc khác nhau phụ thuộc vào giá trị mật độ năng lượng của chùm tia laser chiếu tới [15]:

$$F = \frac{2\sqrt{2}P}{\pi\omega_0 V}$$

trong đó: F là mật độ năng lượng của chùm tia laser (J/cm²); P là công suất laser trung bình (W); ω_0 là bán kính chùm tia laser tại điểm hội tụ; V là tốc độ quét tia laser.

Sự ảnh hưởng của các thông số như: công suất, tần số lặp lại, độ rộng xung laser, tốc độ khắc, vị trí hội tụ và khoảng cách đường khắc laser lên quá trình khắc tạo màu bằng laser công suất cao đã được khảo sát. Khi tăng mật độ năng lượng chùm tia laser, nhiệt độ trong khu vực được laser chiếu tới trên bề mặt kim loại cũng sẽ tăng lên. Điều này giúp tăng cường sự khuếch tán oxy vào bề mặt và đẩy nhanh phản ứng oxy hóa. Tuy nhiên, khi mật độ năng lượng là quá lớn, sự phát triển của lớp oxit bề mặt có thể bị ảnh hưởng bởi sự bốc bay hạt kim loại tại bề mặt và làm giảm độ dày của lớp oxit bao phủ.

Mẫu thử nghiệm là vật liệu inox 304 bề mặt sáng bóng BA, inox 201 mặt xước HL, inox 316 mặt nhám B2 và hợp kim titan grade 5 có chiều dày 1 mm (hình 6).



Hình 6. Mẫu thử nghiệm khắc laser tạo màu trên các vật liệu: inox 304, 201, 316 và hợp kim titan grade 5.

Từ kết quả nghiên cứu trong việc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser công suất cao, chúng tôi đã đưa ra được bộ tham số tối ưu cho từng màu riêng biệt. Các kết quả thử nghiệm khắc tạo màu trên vật liệu inox 304 và hợp kim titan grade 5 mặt bóng đã được ghi nhận và phân loại theo bảng màu (bảng 2 và 3).

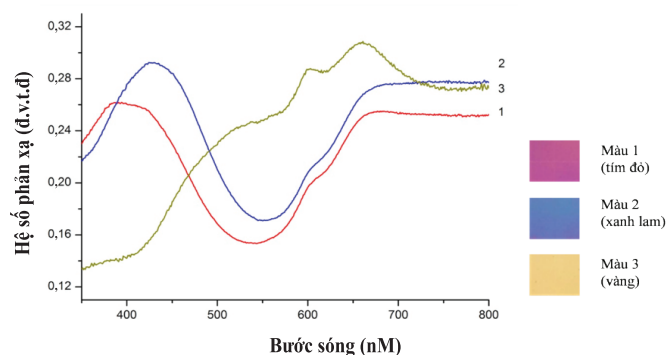
Đối với các bề mặt được khắc tạo màu, việc đánh giá được độ phản xạ của chúng là vô cùng quan trọng. Các phép đo kiểm phổ phản xạ bề mặt được khắc laser trong vùng bước sóng 350-800 nm dựa trên hệ máy quang phổ Cary-5000 (Aglient) và mô-đun đo phổ phản xạ Praying Mantis (Harrick) đã được thực hiện. Các kết quả đo cho thấy, phổ phản xạ của các mẫu có sự khác nhau về vị trí và cường độ của các đỉnh phổ cực đại (hình 7). Các đỉnh phổ cũng hiện lên rõ ràng và có sự thay đổi rõ rệt trong vùng phổ ánh sáng nhìn thấy. Điều này chứng tỏ các màu sắc được khắc laser có sự khác biệt rõ nét.

Bảng 2. Số liệu bộ thông số khắc laser tạo màu trên vật liệu inox 304 BA.

TT	Màu sắc	Tốc độ khắc (mm/s)	Công suất laser P (W)	Tần số lặp lại xung f (kHz)	Khoảng cách đường khắc H (mm)	Vị trí hội tụ Δz (mm)
1	Vàng (cam)	50	4,86	400	0,01	0
2	Đỏ	110	4,86	550	0,01	0
3	Tím (nhạt)	115	5,1	500	0,01	0
4	Tím	100	4,86	500	0,01	0
5	Tím (đậm)	85	4,86	500	0,01	0
6	Xanh lam	70	4,86	500	0,01	0
7	Xanh lơ	65	4,86	500	0,01	0
8	Xanh lá	110	3,64	100	0,01	0
9	Đen	500	9,62	40	0,01	0
10	Trắng (bạc)	1.000	4,38	35	0,01	0

Bảng 3. Số liệu bộ thông số khắc laser tạo màu trên vật liệu hợp kim titan grade 5.

TT	Màu sắc	Tốc độ khắc v (mm/s)	Công suất laser P (W)	Tần số lặp lại xung f (kHz)	Khoảng cách đường khắc H (mm)	Vị trí hội tụ Δz (mm)
1	Ghi	150	4,38	1.000	0,01	0
2	Xanh lơ	200	4,38	1.000	0,01	0
3	Xanh lam	250	4,38	1.000	0,01	0
4	Xanh lam (đậm)	320	4,38	1.000	0,01	0
5	Tím nâu	370	4,38	1.000	0,01	0
6	Vàng (đậm)	450	4,38	1.000	0,01	0
7	Vàng (nhạt)	700	4,38	1.000	0,01	0
8	Trắng bạc	700	5,57	50	0,01	0
9	Đen	100	14,99	1.000	0,01	0



Hình 7. Phổ phản xạ bề mặt của 3 màu thử nghiệm.

Kết luận

Hệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser công suất cao đã được chế tạo thành công. Các thông số của hệ đã được ghi nhận: công suất đầu ra 25 W, tần số điều chỉnh được từ 2 đến 1.000 KHz, độ rộng xung 3-350 ns. Các kết quả thử nghiệm khắc tạo màu theo phương pháp oxy hóa bề mặt trên một số vật liệu kim loại như inox, hợp kim titan với độ bền màu, độ sắc nét, tốc độ xử lý, tính linh hoạt

cao, khả năng tạo ra các tính năng chính xác và màu sắc khác nhau trên một diện tích nhỏ và thân thiện với môi trường. Việc chế tạo thành công hệ thiết bị khắc laser tạo màu góp phần mở ra một số hướng ứng dụng của công nghệ laser trong việc tạo ra các hình ảnh khắc laser có nhiều màu sắc đa dạng hơn rất nhiều so với các máy khắc laser đen trắng thông thường. Việc áp dụng công nghệ này tạo nên những sản phẩm khắc chất lượng, thẩm mỹ, nghệ thuật và có giá trị cao.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] X. Yu, et al. (2014), "Laser-induced breakdown spectroscopy application in environmental monitoring of water quality: A review", *Environ. Monit. Assess.*, **186**(12), pp.8969-80.
- [2] L. Fiorani, et al. (2010), "Environmental monitoring by laser radar", *Romanian Journal of Physics*, **56**(3), pp.448-459.
- [3] L.F. Viana, et al. (2019), "Use of fish scales in environmental monitoring by the application of Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)", *Chemosphere*, **228**, pp.258-263.
- [4] <https://www.sme.org/technologies/articles/2016/february/fiber-lasers-continue-to-gain-market-share-in-material-processing-applications/>.
- [5] <https://www.laserfocusworld.com/industrial-laser-solutions/article/14215551/highpower-fiber-lasers-gain-market-share>.
- [6] N.Z. Michalis, et al. (2014), "High power fiber lasers: A review", *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, **20**(5), pp.219-241.
- [7] C.P. Katherine, et al. (2015), "Ultrafast laser processing of materials: A review", *Advances in Optics and Photonics*, **7**(4), pp.684-712.
- [8] S. Popov (2009), "Chapter 7: Fiber laser overview and medical applications", *Tunable Laser Applications*, CRC Press.
- [9] R. Lukas, K.N. Plataniotis (2006), *Color Image Processing: Methods and Applications*, 600pp, CRC Press.
- [10] V.P. Veiko, et al. (2013), "Availability of methods of chemical thermodynamics and kinetics for the analysis of chemical transformations on metal surfaces under pulsed laser action", *Laser Phys.*, **23**(6), DOI: 10.1088/1054-660X/23/6/066001.
- [11] A.A. Slobodov (2013), "Modeling of laser thermochemical action on metals by chemical thermodynamics and kinetics methods", *Proceedings of Fundamentals of Laser Assisted Micro - and Nanotechnologies*, 62pp.
- [12] S. Shakir, J. Sousa (2010), "MOPA fiber laser with controlled pulse width and peak power for optimizing micromachining applications", *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, **7584**, DOI: 10.1117/12.846928.
- [13] A. Galvanauskas (2001), "Mode-scalable fiber-based chirped pulse amplification systems", *J. Sel. Top. Quantum Electron.*, **7**(4), pp.504-517.
- [14] J. Limpert, et al. (2002), "High-power femtosecond Yb-doped fiber amplifier", *Opt. Express*, **10**(14), pp.628-638.
- [15] E.M. Westin, et al. (2009), "Effect of laser color marking on the corrosion performance of stainless steel", *ICALEO 2009 - International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics*, **102**, pp.1245-1250.

Nghiên cứu chế tạo polyme blend kháng khuẩn từ nhựa nhiệt dẻo và polyguanidine

Tưởng Thị Nguyệt Ánh*, Đặng Thảo Yến Linh, Phạm Ngọc Khánh, Nguyễn Hoài Trang,
Đoàn Hoàng Linh, Chu Xuân Quang, Trần Hùng Thuận

Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 4/7/2022; ngày nhận phản biện 21/7/2022; ngày chấp nhận đăng 26/7/2022

Tóm tắt:

Vi sinh vật là một trong những nguyên nhân chính gây hư hỏng thực phẩm và các bệnh ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người. Chính vì vậy, phát triển các loại vật liệu có khả năng kháng khuẩn nhằm kéo dài thời gian bảo quản và đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm đang nhận được nhiều sự quan tâm. Trong nghiên cứu này, đầu tiên, PE wax (PEW) được lựa chọn làm nền nhựa để tiến hành ghép maleic anhydrit (MAH) thu được PEW-g-MAH. Sau đó, PEW-g-MAH tiếp tục được sử dụng làm nền để ghép Polyhexamethylene guanidine (PHMG), vật liệu thu được là PEW-g-PHMG. Cuối cùng, PEW-g-PHMG được trộn hợp với nhựa LLDPE để chế tạo thành polyme blend kháng khuẩn, ứng dụng vào sản xuất màng bao gói dùng trong bảo quản nông sản. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn giữa các nguyên liệu đã được khảo sát. Kết quả đã xác định được các tỷ lệ nguyên liệu phù hợp với tỷ lệ MAH và Styren là 8 và 12%, PHMG và PEW-g-PHMG lần lượt là 45 và 7%. Với các tỷ lệ này, polyme blend kháng khuẩn tạo thành có tính chất cơ lý và tính kháng khuẩn phù hợp cho ứng dụng tạo màng bao gói, bảo quản thực phẩm.

Từ khóa: bảo quản thực phẩm, màng kháng khuẩn, polyguanidine, polyme blend, vật liệu kháng khuẩn.

Chỉ số phân loại: 2.5

Đặt vấn đề

Ngày nay, vấn đề bảo quản, duy trì chất lượng và đảm bảo an toàn thực phẩm đang trở thành những mối quan tâm lớn đối với ngành công nghiệp thực phẩm. Do đó, việc chế tạo được các vật liệu, bao bì có khả năng kháng khuẩn đang là một hướng nghiên cứu nhận được nhiều sự quan tâm. Bao bì kháng khuẩn được thiết kế để phóng thích tác nhân kháng khuẩn, ức chế sự phát triển của vi sinh vật bên trong và bên ngoài bao gói. Trong số các phương pháp chế tạo bao bì kháng khuẩn như: phủ hoặc hấp phụ các chất kháng khuẩn lên bề mặt polyme, cố định chất kháng khuẩn lên các polyme bằng liên kết ion hoặc liên kết cộng hóa trị hay sử dụng các polyme có sẵn khả năng kháng khuẩn... thì việc tổ hợp hay blend các polyme (đặc biệt là các polyme, copolyme đã được thương mại hóa và các vật liệu polyme có hoạt tính kháng khuẩn) trên các thiết bị gia công nhựa nhiệt dẻo đang là một hướng đi rất có triển vọng để chế tạo được các vật liệu polyme mới, kết hợp được nhiều tính chất của polyme thành phần, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật đặt ra [1, 2].

Trong nghiên cứu này, polyguanidine là chất kháng khuẩn chính được sử dụng. Đây là một polyme hữu cơ tổng hợp trong cấu trúc của nó có phân tử guanidine. Phổ diệt khuẩn của polyguanidine rất rộng, có hiệu quả với cả vi khuẩn gram dương và gram âm, cũng như các loại nấm mốc [3]. Polyme diệt khuẩn gốc guanidin là một polyme có hiệu lực diệt khuẩn cao, không độc hại, dễ sử dụng, thân thiện

với môi trường và được đánh giá là có khả năng ứng dụng trong chế tạo vật liệu kháng khuẩn dùng cho bao gói và bảo quản nông sản thực phẩm. Tuy nhiên, polyme diệt khuẩn gốc guanidin có tính tan tốt, đây là ưu điểm đồng thời cũng là nhược điểm của loại polyme này, tùy thuộc vào mục đích và đối tượng ứng dụng [4, 5]. Do vậy, việc nghiên cứu tổng hợp polyme blend là một hướng phát triển nhằm mở rộng khả năng ứng dụng, phát huy ưu điểm, khắc phục nhược điểm của loại polyme diệt khuẩn này. Việc nghiên cứu tổng hợp thành công vật liệu polyme blend có hoạt tính kháng khuẩn với tác nhân diệt khuẩn là polyme diệt khuẩn gốc guanidin và đánh giá được khả năng ứng dụng trong bao gói bảo quản thực phẩm sẽ góp phần nâng cao tính ứng dụng phục vụ các nhu cầu thiết yếu của đời sống xã hội.

Trong nghiên cứu này, đầu tiên, PEW được lựa chọn làm nền nhựa để tiến hành ghép MAH thu được PEW-g-MAH. Sau đó, PEW-g-MAH tiếp tục được sử dụng làm nền để ghép PHMG, vật liệu thu được là PEW-g-PHMG. Cuối cùng, PEW-g-PHMG được trộn hợp với nhựa LLDPE để chế tạo thành chủ liệu polyme blend kháng khuẩn, ứng dụng cho việc sản xuất màng bao gói dùng trong bảo quản nông sản.

Nghiên cứu tập trung vào việc xác định ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn giữa các nguyên liệu để thu được chủ liệu polyme blend kháng khuẩn có những tính chất phù hợp cho màng bảo quản thực phẩm.

*Tác giả liên hệ: Email: nguyetanhk28@gmail.com

Research and production of antimicrobial polymer blends from thermoplastic and polyguanidine

Thi Nguyet Anh Tuong*, Thao Yen Linh Dang,
Ngoc Khanh Pham, Hoai Trang Nguyen,
Hoang Linh Doan, Xuan Quang Chu, Hung Thuan Tran

Center for Advanced Materials Technology,
National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 26 July 2022

Abstract:

Microorganisms are one of the main causes of food spoilage and diseases that seriously affect human health. Therefore, the development of materials with antibacterial ability to help repel diseases and epidemics, improve the quality of life and, in particular, ensure food safety and hygiene is receiving much attention. In this study, first, PE wax was selected as the resin matrix for grafting maleic anhydride (MAH) to obtain PEw-g-MAH. Then, PEw-g-MAH continued to be used as the frame for Polyhexamethylene guanidine (PHMG) grafting; the obtained material was PEw-g-PHMG. Finally, PEw-g-PHMG was mixed with LLDPE resin to make antimicrobial polymer blend materials and applied to produce antibacterial films used in preserving agricultural products. The mixing ratio amongst materials was investigated to attain suitable properties. The results determined the proportions of materials suitable for MAH and Styrene were 8 and 12%, PHMG and PEw-g-PHMG were 45 and 7%, respectively. At these ratios, the resulting polymer blend has mechanical and antimicrobial properties suitable for applying film packaging and food preservation.

Keywords: antibacterial films, antibacterial materials, food preservatives, polyguanidine, polymer blends.

Classification number: 2.5

Vật liệu và phương pháp thực nghiệm

Nguyên vật liệu

- Hạt nhựa polyetylen mạch thẳng tỷ trọng thấp: LLDPE 218WJ, $\rho=921 \text{ kg/m}^3$, chỉ số chảy MFI=2,4 g/10 phút, xuất xứ Trung Quốc.

- Polyme kháng khuẩn gốc polyguanidine: PHMG>98%, xuất xứ Nga.

- PEw: Nhiệt độ mềm hóa 95-100°C, xuất xứ Trung Quốc.

- MAH: Nhiệt độ nóng chảy 53°C, xuất xứ Trung Quốc.

- Chất khơi mào dicumyl peroxit DCP: Nhiệt độ mềm hóa 39°C, xuất xứ Đức.

- Dung môi Styren $\rho=0,907 \text{ g/ml}$, độ tinh khiết 99%, xuất xứ Trung Quốc.

- Metanol, ethanol, xylene: Độ tinh khiết 99%, xuất xứ Trung Quốc.

- Chất chỉ thị phenol phtalein: Bột màu trắng, độ hòa tan 400 mg/l, xuất xứ Trung Quốc.

- Các chủng vi khuẩn kiểm định *Escherichia coli* LMG 2093, *Coliform* VTCC 12272 được giữ giống tại Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ.

Thực nghiệm

Phương pháp chế tạo chủ liệu polyme blend kháng khuẩn được thực hiện như sau:

Ghép PEw-g-MAH trong bình cầu: Tỷ lệ thành phần các chất được sử dụng cho phản ứng ghép PEw-g-MAH như sau:

	PEw	MAH	DCP	Styren
Tỷ lệ (%)	100	6 và 8	0,75	10, 12 và 14

Các nguyên liệu được cân khối lượng theo tỷ lệ như trên, sau đó lần lượt được đưa vào bình cầu ba cổ. Phản ứng ghép được tiến hành trong bình cầu có sử dụng máy khuấy từ gia nhiệt, sinh hàn nước và nhiệt kế. Khí N_2 được sục liên tục vào bình trong quá trình phản ứng để tạo môi trường khí trơ cho phản ứng.

Ghép PEw-g-MAH và PHMG: Tiến hành chế tạo PEw-g-PHMG trong thiết bị trộn kín (thiết bị phản ứng Haake như sau:

Bước 1: Nóng chảy hỗn hợp PEw-g-MAH trong khoảng thời gian 2 phút.

Bước 2: Sau khi hỗn hợp PEw-g-MAH nóng chảy hoàn toàn, đưa PHMG với các tỷ lệ 15 và 45% vào trộn hợp tiếp trong khoảng thời gian 6 phút.

- Tốc độ trục vít: 60 vòng/phút.

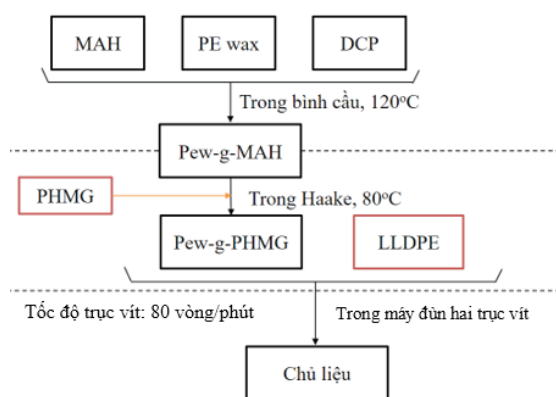
- Nhiệt độ trộn: 80°C.

Thiết bị trộn kín được sử dụng là Thermo scientific Haake Rheomix OS; max mô men là 5 Nm/shaft, có thể kết nối nhiều loại cảm biến trục vít đơn, trục vít đôi và máy trộn.

Trộn hợp LLDPE và PEw-g-PHMG: Nhựa nền LLDPE được trộn hợp cùng với hỗn hợp PEw-g-PHMG ở giai đoạn trên bằng máy trộn cơ học Mixer 10L, sau đó hỗn hợp thu được sẽ được đưa đến bộ phận nạp liệu của máy đùn 2 trục vít liên hợp với máy cắt hạt series SHJ-30A với 10 vùng gia nhiệt. Nhựa được đùn qua một chuỗi những lỗ tròn bố trí xếp thành hàng ngang trên khuôn tạo sợi để định dạng sợi

nhựa tròn. Những sợi này được kéo liên tục qua máng nước làm nguội, tại đây sợi nhựa sẽ đông cứng lại. Khi ra khỏi máng nước làm nguội, nước còn dính lại trên sợi nhựa được lấy đi bằng cách dùng khí thổi mạnh vào sợi nhựa hay sử dụng máy hút chân không để tránh nước văng ra khu vực xung quanh máy. Sau khi làm khô, sợi nhựa được kéo qua máy cắt sợi, nhựa được cắt thành hạt hình trụ ngắn, sau đó thoát ra cửa xả của máy cắt và rơi vào máy tách hạt thu được các hạt nhựa có kích thước đồng đều.

Quy trình chế tạo polyme blend kháng khuẩn được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ chế tạo polyme blend kháng khuẩn.

Phương pháp thử nghiệm đánh giá

Phương pháp xác định độ ghép MAH lên PEw: Để xác định độ ghép MAH, sử dụng chuẩn độ axit-bazơ gồm các bước sau:

Bước 1: Hòa tan 0,5 g PEW-g-MAH trong 50 ml dung dịch xylen ở nhiệt độ sôi.

Bước 2: Thêm 50 μl nước vào hỗn hợp dung dịch để thủy phân các nhóm anhydride.

Bước 3: Thêm 10 ml dung dịch NaOH. Hỗn hợp được đun nóng hồi lưu trong ít nhất 10 phút.

Bước 4: Thêm vào một vài giọt chất chỉ thị phenolphthalein. Tiến hành chuẩn độ hỗn hợp dung dịch bằng HCl 0,1 N trong isopropyl alcohol. Mẫu trống là mẫu chứa PEw.

Công thức xác định độ ghép của MAH như sau:

$$\text{Độ ghép} = \frac{C(V_2 - V_1) \times 98}{2m \times 1000} \times 100\%$$

trong đó: C: nồng độ axit (mol/l); V_1 : thể tích axit sử dụng trong mẫu thử (ml); V_2 : thể tích axit sử dụng trong mẫu trống (ml); m: khối lượng của mẫu (g).

Phương pháp thử nghiệm đánh giá tính chất cơ lý: Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D882 [6] trên thiết bị đo cơ lý đa năng Instron 5569.

Phương pháp đo chỉ số chảy MFI: Tiến hành đo chỉ số chảy MFI của chủ liệu polyme blend kháng khuẩn theo phương pháp ASTM D1238 [7] trên thiết bị đo chỉ số chảy Ray-Ran.

Phương pháp thử nghiệm đánh giá khả năng kháng khuẩn: Khả năng kháng khuẩn của vật liệu polyme được xác định theo phương pháp đặt đĩa thạch được mô tả bởi Nguyễn Phi Trung (2018) [8].

Kết quả và bàn luận

Ghép MAH lên PEw

Mức độ ghép của MAH lên mạch PEw càng cao thì hàm lượng PHMG liên kết với PEw càng cao. Vì vậy, để mức độ ghép là cao nhất, đồng thời ức chế sự phân hủy của PEw, Styren được lựa chọn làm comonome. Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ MAH và Styren đến khả năng ghép MAH lên PEw. Kết quả được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ MAH và Styren đến độ ghép MAH lên PEw.

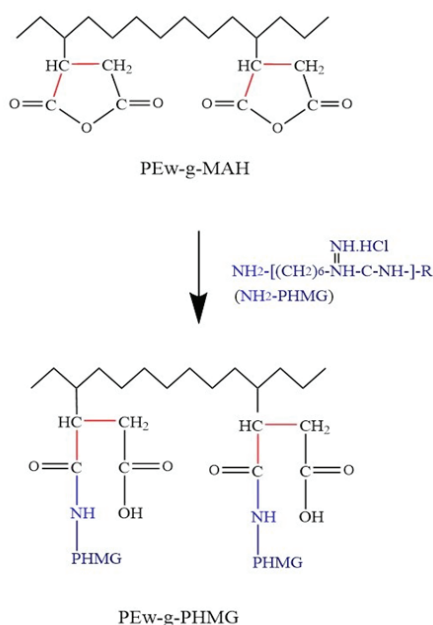
Ký hiệu mẫu	PE wax (%)	DCP (%)	MAH (%)	Styren (%)	Mức độ ghép (%)
MS1	100	0,75	6	10	0,76 ^c
MS2	100	0,75	6	12	0,83 ^d
MS3	100	0,75	6	14	0,95 ^c
MS4	100	0,75	8	10	1,12 ^b
MS5	100	0,75	8	12	1,26 ^a
MS6	100	0,75	8	14	1,25 ^a

Ghi chú: các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện mức độ ghép là khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$.

Kết quả bảng 1 cho thấy, tỷ lệ MAH và Styren có ảnh hưởng đến độ ghép MAH lên PEw. Hàm lượng MAH và Styren càng tăng thì độ ghép càng tăng. Công thức có tỷ lệ 6% MAH - 10% Styren có mức độ ghép đạt thấp nhất (0,76%). Công thức có tỷ lệ 8% MAH - 12% Styren có mức độ ghép đạt cao nhất (1,26%) và khi tăng tỷ lệ Styren lên 14% thì mức độ ghép cũng không tăng lên nữa, sự khác nhau về độ ghép ở công thức sử dụng 12 và 14% Styren là không có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$. Điều này có thể giải thích là do khi bổ sung từng giọt dung dịch DCP/Styren, DCP vẫn ở nồng độ tương đối thấp trong hệ thống nóng chảy PEw/MAH, dẫn đến nồng độ thấp của các gốc tự do. Nồng độ gốc tự do thấp và thời gian phản ứng tương đối dài dẫn đến việc ghép được nhiều MAH, ít phân hủy PEw hơn. Cụ thể, khi hàm lượng Styren thấp hơn nhiều so với MAH, Styren và PEw chủ yếu tạo thành gốc đại phân tử PEw-styryl, hỗ trợ ghép MAH và cải thiện hiệu quả ghép. Khi tỷ lệ mol của Styren/MAH (nSt/nMAH) tăng 10-12%, nhiều phức hợp chuyển điện tích giữa Styren và MAH được hình thành và ghép vào chuỗi PEw [9], điều này dẫn đến việc tăng hiệu quả ghép. Khi tiếp tục tăng hàm lượng Styren, khi đó Styren và MAH

tạo thành đồng trùng hợp xen kẽ của Styren và MAH (St-alt-MAH) macroradicals styryl và liên kết với chuỗi PEW. Nhờ vậy, hiệu quả ghép tăng lên đáng kể, có thể thấy sự thay đổi rõ rệt ở lượng Styren 12 ml. Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng lượng Styren từ 12 lên 14% thì sự gia tăng độ ghép thu được là không đáng kể, điều này có thể là do chất khơi mào lúc này đã đủ để ghép lên bề mặt PEW [10].

Hình 2 thể hiện mối liên hệ giữa mức độ ghép MAH với khả năng ghép PHMG. Với mức độ ghép MAH cao sẽ dễ dàng ghép PHMG lên mạch PEW. Từ đó dễ thuận lợi cho quá trình chế tạo chủ liệu polyme blend kháng khuẩn.



Hình 2. Cơ chế của phản ứng thay thế MAH bằng PHMG.

Ghép PEW-g-MAH và PHMG

Trong giai đoạn này, ảnh hưởng của tỷ lệ PHMG đến các tính chất cơ bản của vật liệu tạo thành là PEW-g-PHMG đã được khảo sát.

Ảnh hưởng của hàm lượng PHMG đến độ nhớt và ngoại quan của PEW-g-PHMG: Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng PHMG đến tính chất của polyme blend kháng khuẩn PEW-g-PHMG tiến hành chế tạo mẫu vật liệu Gi với các thông số và điều kiện khảo sát như đã nêu ở trên và đo độ nhớt của mẫu.

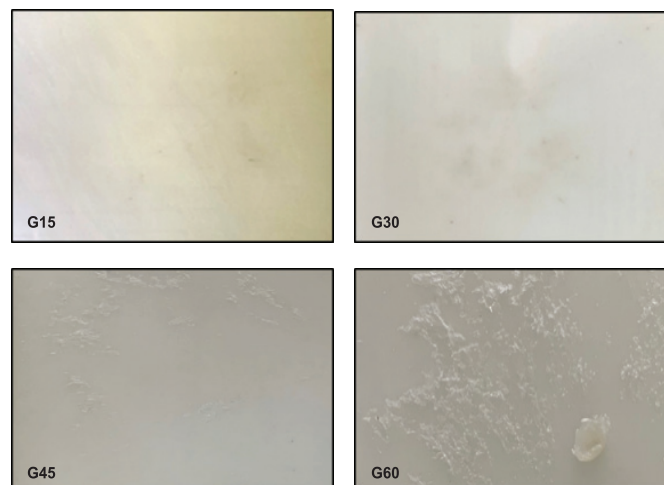
Khảo sát hàm lượng PHMG có trong hỗn hợp vật liệu ở 15 (G15), 30 (G30), 45 (G45) và 60% (G60). Hình ảnh của các mẫu thu được sau quá trình trộn hợp thể hiện ở hình 3 cho thấy:

- Mẫu G15: có sự phân tán, tương hợp giữa các thành phần nguyên vật liệu, màu hơi ngả vàng.

- Mẫu G30: có sự phân tán, tương hợp giữa các thành phần nguyên vật liệu, màu sáng nhưng không đồng đều.

- Mẫu G45: có sự phân tán, tương hợp giữa các thành phần nguyên vật liệu, màu sắc đồng đều.

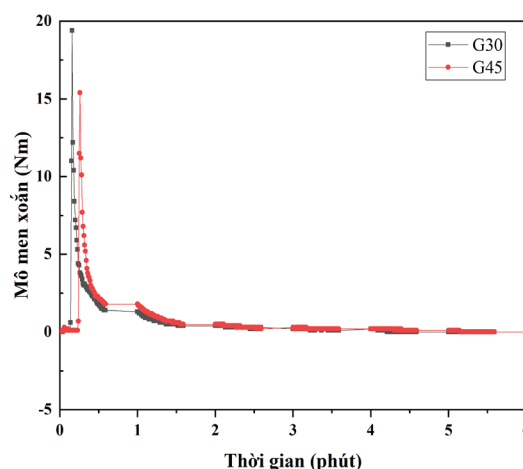
- Mẫu G60: sự phân tán các thành phần không đồng đều, bột dính.



Hình 3. Cảm quan các mẫu PEW-g-PHMG với nồng độ PHMG khác nhau.

Trong quá trình gia công, đối với mẫu G15, hàm lượng PHMG ít hơn so với hàm lượng PEW rất nhiều, do vậy với điều kiện gia công hỗn hợp vật liệu bị chảy loãng, không thích hợp cho quá trình chế tạo thử nghiệm. Đối với mẫu G60 có sự bột dính, độ tương hợp không đồng đều giữa các thành phần chế tạo. Do vậy, tiến hành đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng PHMG đến độ nhớt của hỗn hợp đối với 2 hàm lượng 40 và 45%.

Kết quả tính chất của các mẫu PEW-g-PHMG với các hàm lượng 30 và 45% được thể hiện trên giản đồ mô men xoắn ở hình 4.



Hình 4. Đồ thị mô men xoắn của các mẫu PEW-g-PHMG với nồng độ PHMG khác nhau.

Trên giàn đồ mô men xoắn ở hình 4 cho thấy sự chảy nhớt của hỗn hợp vật liệu có đặc trưng hình dạng giống nhau. Mô men xoắn tăng lên và đạt giá trị cực đại, nguyên nhân là do nguyên liệu ban đầu đều ở trạng thái rắn nên ma sát giữa các thành phần là rất lớn. Sau đó dưới tác dụng nhiệt của buồng trộn, hỗn hợp vật liệu nóng chảy, mô men xoắn giảm dần và đạt giá trị ổn định, phản ánh mức độ đồng nhất của hỗn hợp. Độ nhớt của hỗn hợp nóng chảy (mô men xoắn) tăng lên khi hàm lượng PHMG tăng từ 30 đến 45%. Như vậy, với điều kiện tốc độ trộn 60 vòng/phút, nhiệt độ trộn 80°C chỉ sau khoảng 3 phút, PHMG đã phân tán tốt vào hỗn hợp nền. Tuy nhiên, độ nhớt cao cũng ảnh hưởng tới quá trình trộn hợp trong các giai đoạn tiếp theo, do đó lựa chọn sử dụng G45 để tiến hành chế tạo mẫu cho những nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của hàm lượng PHMG đến khả năng kháng khuẩn của PEW-g-PHMG: PEW-g-PHMG là vật liệu đã được gắn PHMG, nguyên liệu đóng vai trò là tác nhân kháng khuẩn, do đó kiểm tra khả năng kháng khuẩn của vật liệu này là cần thiết trước khi tiến hành các bước tiếp theo. Kết quả xác định khả năng kháng khuẩn của 2 mẫu G45 được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Khả năng kháng khuẩn của các mẫu G45.

Mẫu	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)	
	<i>Coliform</i> VTCC 12272	<i>E. coli</i> LMG 2093
PEW-g-MAH	0	0
G45	16,71±0,03	17,93±0,02

Ghi chú: G45: mẫu ghép PEW-g-MAH với 45% PHMG.

Kết quả bảng 2 cho thấy, PEW-g-MAH là sản phẩm được tạo thành từ giai đoạn 1 chưa được ghép PHMG không có khả năng ức chế sự phát triển của 2 chủng vi sinh vật kiểm định, thể hiện ở việc không xuất hiện vòng kháng khuẩn hay đường kính vòng kháng khuẩn bằng 0 mm. Mẫu G45 là mẫu ghép PEW-g-MAH với 45% PHMG có khả năng ức chế sự phát triển cho cả 2 chủng vi sinh vật kiểm định, đường kính vòng kháng khuẩn đạt 16,71 mm với *Coliform* VTCC 12272 và 17,93 với *E. coli* LMG 2093. Từ kết quả này, lựa chọn mẫu G45 để sử dụng cho giai đoạn 3.

Trộn hợp LLDPE và PEW-g-PHMG

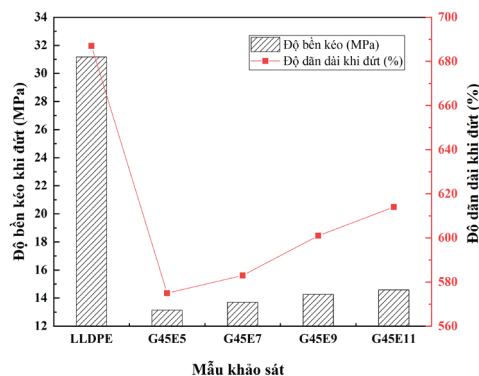
Ảnh hưởng của tỷ lệ PEW-g-PHMG đến tính chất cơ lý của polyme blend kháng khuẩn: Trong công đoạn này, mẫu G45 thu được sau khi kết thúc giai đoạn 2 là mẫu ghép PEW-g-MAH với 45% PHMG sẽ được sử dụng để trộn hợp với LLDPE sao cho tỷ lệ PHMG đạt lần lượt là 5, 7, 9 và 11% về khối lượng. Kết quả đo độ bền kéo của các mẫu chủ liệu được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ G45 đến tính chất cơ lý của polyme blend kháng khuẩn.

Mẫu	Độ bền kéo đứt (MPa)	Độ giãn dài khi đứt (%)
LLDPE	31,17 ^a	687 ^a
G45E5	13,15 ^d	575 ^d
G45E7	13,71 ^c	583 ^d
G45E9	14,27 ^b	601 ^c
G45E11	14,59 ^b	614 ^b

Ghi chú: G45E5: mẫu chứa 5% PHMG; G45E7: mẫu chứa 7% PHMG; G45E9: mẫu chứa 9% PHMG; G45E11: mẫu chứa 11% PHMG. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau là không có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$.

Kết quả hình 5 cho thấy, hàm lượng G45 có ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của chủ liệu polyme blend kháng khuẩn. Khi hàm lượng G45 tăng lên tương ứng hàm lượng PHMG trong mẫu tăng lên 5-11%, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của mẫu chủ liệu có xu hướng tăng nhẹ.



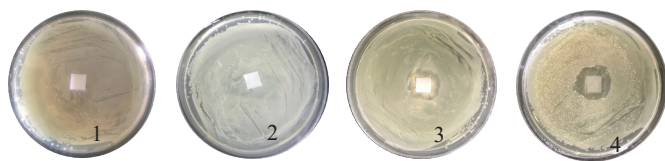
Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ PEW-g-PHMG đến tính chất cơ lý của polyme blend kháng khuẩn.

Ảnh hưởng của tỷ lệ PEW-g-PHMG đến tính chất kháng khuẩn của polyme blend kháng khuẩn: Khả năng kháng khuẩn của polyme blend sau khi trộn hợp LLDPE và G45 cũng đã được xác định, kết quả được thể hiện ở bảng 4 và hình 6.

Bảng 4. Khả năng kháng khuẩn của các mẫu vật liệu polyme blend.

Mẫu	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)	
	<i>Coliform</i> VTCC 12272	<i>E. coli</i> LMG 2093
LLDPE	0	0
G45E5	Vòng mờ	Vòng mờ
G45E7	17,87 ^a	17,11 ^a
G45E9	17,93 ^a	17,13 ^a
G45E11	17,97 ^a	17,21 ^a

Ghi chú: G45E5: mẫu chứa 5% PHMG; G45E7: mẫu chứa 7% PHMG; G45E9: mẫu chứa 9% PHMG; G45E11: mẫu chứa 11% PHMG. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau là không có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$.



Hình 6. Khả năng kháng khuẩn của các mẫu vật liệu trên môi trường thạch. 1: Khả năng kháng *E. coli* của mẫu LLDPE; 2: Khả năng kháng *Coliform* của mẫu LLDPE; 3: Khả năng kháng *E. coli* của mẫu G45E7; 4: Khả năng kháng *Coliform* của mẫu G45E7.

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, mẫu LLDPE thông thường không có khả năng kháng 2 chủng vi khuẩn kiểm định. Các mẫu LLDPE trộn hợp với PEw-g-PHMG ở các tỷ lệ khác nhau thì đều có khả năng kháng 2 chủng vi sinh vật điển hình. Tuy nhiên, mẫu LLDPE trộn hợp với PEw-g-PHMG để tạo thành mẫu chứa 5% PHMG thể hiện khả năng kháng yếu khi vòng kháng khuẩn xuất hiện mờ, điều này chứng tỏ trong phạm vi vòng kháng khuẩn vẫn có sinh khối vi khuẩn phát triển. Các mẫu LLDPE trộn hợp với PEw-g-PHMG để tạo thành mẫu chứa 7, 9 và 11% PHMG đều có khả năng kháng với 2 chủng vi sinh vật kiểm định và sự khác nhau về đường kính vòng kháng khuẩn đối với 2 chủng vi sinh vật kiểm định ở các mẫu là không có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$. Điều này có thể là do với tỷ lệ PEw-g-PHMG tăng lên thì khả năng phân tán tương đối tốt vào trong nhựa LLDPE. Khi ở hàm lượng cao hơn, PEw-g-PHMG phân tán kém hơn và có sự kết tụ lại làm cho tương tác giữa PEw-g-PHMG và mạng lưới LLDPE kém nên khả năng kháng khuẩn cũng không tăng lên nữa.

Kết luận

Kết quả đã xác định được các tỷ lệ nguyên liệu thích hợp cho chế tạo polyme blend kháng khuẩn từ nhựa nhiệt dẻo và polyguanidine. Cụ thể, xác định được tỷ lệ MAH và Styren thích hợp là 8 và 12%; tỷ lệ PHMG thích hợp là 45% và tỷ lệ PEw-g-PHMG thích hợp là 7%. Với các tỷ lệ này, polyme blend kháng khuẩn tạo thành có tính chất cơ lý và tính kháng khuẩn phù hợp cho ứng dụng tạo màng bao gói, bảo quản thực phẩm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp Bộ Khoa học và Công nghệ năm 2020-2021 (Hợp đồng số 07/2021/HĐ-ĐTCB) “Nghiên cứu công nghệ chế tạo polyme blend kháng khuẩn sử dụng polyguanidine ứng dụng trong bảo quản nông sản” do Trung tâm Công nghệ Vật liệu chủ trì. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.D. Erem, et al. (2013), “In vitro assessment of antimicrobial polypropylene/zinc oxide nanocomposite fibers”, *Text. Res. J.*, **83**, DOI: 10.1177/0040517513490060.
- [2] M. Li, et al. (2013), “Preparation, antimicrobial, crystallization and mechanical properties of nano-ZnO-supported zeolite filled polypropylene random copolymer composites”, *Compos. Sci. Technol.*, **81**, pp.30-36.
- [3] C. Yang, et al. (2007), “Preparation and properties of polyacrylonitrile fibers with guanidine groups”, *Fibers and Polymers*, **16**, pp.1611-1617.
- [4] D. Wei, et al. (2009), “Preparation and characterization of dual functional antimicrobial (bio)degradable polymers”, *Mater. Sci. Eng.*, **29**, DOI: 10.1002/app.46862.
- [5] C.Z. Sheng, et al. (2012), “Preparation, characterization, and antibacterial activities of para-biguanidinyl benzoyl chitosan hydrochloride”, *Journal of Applied Polymer Science*, **125**(2), pp.1146-1151.
- [6] <https://www.instron.com/en/testing-solutions/astm-standards/astm-d882>.
- [7] <https://apandales4.files.wordpress.com/2014/02/d1238-370238-1.pdf>.
- [8] Nguyễn Phi Trung (2018), *Nghiên cứu công nghệ chế tạo masterbatch làm tăng tính năng của một số loại nhựa*, Báo cáo tổng hợp đề tài KC.02.01/16-20.
- [9] D. Shi, J. Yang, Z. Yao, Y. Wang, H. Huang, W. Jing, J. Yin, G. Costa (2001), “Functionalization of isotactic polypropylene with maleic anhydride by reactive extrusion: Mechanism of melt grafting”, *Polymer*, **42**, pp.5549-5557.
- [10] M. Sclavons, P. Franquinet, V. Carlier, G. Verfaillie, I. Fallais, R. Legras, M. Laurent, F.C. Thyron (2000), “Quantification of the maleic anhydride grafted onto polypropylene by chemical and viscosimetric titrations, and FTIR spectroscopy”, *Polymer*, **41**, pp.1989-1999.

Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang theo phương pháp chưng lôi cuốn bằng hơi nước trực tiếp

Mã Thị Bích Thảo*, Nguyễn Phương, Trần Hà, Nguyễn Thị Hồng, Vũ Văn Liệu

Trung tâm Ươm tạo công nghệ và Doanh nghiệp khoa học công nghệ, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 5/7/2022; ngày nhận phản biện 20/7/2022; ngày chấp nhận đăng 25/7/2022

Tóm tắt:

Ở Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu về chưng cất tinh dầu từ lá sả bằng hơi nước trực tiếp, tuy nhiên chủ yếu tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ, áp suất và thời gian chưng cất tới hiệu suất thu hồi tinh dầu, với mục tiêu chính là giảm thời gian chưng cất mà chưa quan tâm tới thành phần các cấu tử trong tinh dầu sả thu được. Trong tinh dầu sả chứa không dưới 20 cấu tử tinh dầu, trong đó 3 cấu tử quan trọng nhất là citronellal, geraniol và citronellol. Theo TCVN 11426:2016 (tương đương với ISO 3848:2016) áp dụng cho tinh dầu sả Java xuất khẩu quy định hàm lượng: citronellal 31-40%, geraniol 20-25% và citronellol 8,5-14%. Tinh dầu sả Java hiện nay có hàm lượng geraniol thường nhỏ hơn 20% nên chưa đáp ứng được theo tiêu chuẩn ISO 3848:2016. Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu hóa quá trình chưng cất các thông số: nhiệt độ, áp suất và thời gian chưng cất tinh dầu từ lá sả hương Tây Giang bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp, đạt hàm mục tiêu: hàm lượng tinh dầu thu được lớn nhất và hàm lượng geraniol không nhỏ hơn 20%. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các thông số kỹ thuật tối ưu cho chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang: nhiệt độ $116 \pm 1^\circ\text{C}$, áp suất $1,2 \pm 0,05 \text{ atm}$, thời gian 126 ± 1 phút, hàm lượng tinh dầu thu được là 0,94% và geraniol là 20,17%. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm rất hữu ích để xác định công nghệ cho việc sản xuất tinh dầu sả hương Tây Giang quy mô công nghiệp phục vụ xuất khẩu.

Từ khóa: chưng cất tinh dầu, geraniol, sả hương Tây Giang, tinh dầu sả, tối ưu hóa quá trình chưng cất.

Chỉ số phân loại: 2.8

Đặt vấn đề

Cây sả có tên khoa học là *Cymbopogon*, thuộc họ hòa thảo (*Poaceae*) có nguồn gốc ở vùng nhiệt đới và ôn đới ẩm. Thành phần quan trọng nhất của cây sả là tinh dầu, tinh dầu tập trung chủ yếu ở lá và thân. Lá sả là nguyên liệu chính cho sản xuất tinh dầu [1, 2]. Tinh dầu sả được sử dụng rộng rãi trên thế giới trong nhiều lĩnh vực của đời sống xã hội như: công nghiệp thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm và nông nghiệp [3]. Tinh dầu sả ở nước ta chủ yếu gồm 2 loại chính là tinh dầu sả chanh và sả Java. Việc xuất khẩu chủ yếu là tinh dầu sả Java với sản lượng rất nhỏ so với lượng tinh dầu sả nhập khẩu của các nước trên thế giới. Để tách tinh dầu từ lá sả, hiện nay các địa phương sử dụng 3 phương pháp chính: (1) Chưng cất trực tiếp với nước; (2) Chưng cất bằng hơi nước; (3) Chưng cất bằng hơi nước trực tiếp. Với phương pháp (1) và (2), thời gian chưng cất kéo dài nên tiêu tốn năng lượng, chất lượng tinh dầu không ổn định, năng suất thấp, thường áp dụng quy mô vừa và nhỏ. Phương pháp (3) mặc dù vốn đầu tư ban đầu cao nhưng khắc phục được các nhược điểm của phương pháp (1) và (2), đáp ứng yêu cầu sản xuất tinh dầu quy mô công nghiệp [4].

Hiện nay, trên thế giới chủ yếu sử dụng phương pháp chưng cất bằng hơi nước trực tiếp để chiết tách tinh dầu sả, quá trình chưng cất tiến hành ở nhiệt độ, áp suất cao nên rút ngắn được thời gian chưng cất. Tùy vào từng loại nguyên

liệu và thành phần cấu tử tinh dầu có trong nguyên liệu để điều chỉnh thông số nhiệt độ, áp suất và thời gian chưng cất đáp ứng yêu cầu sản phẩm [5, 6].

Ở Việt Nam, đã có nhiều công trình nghiên cứu về chưng cất tinh dầu từ lá sả bằng hơi nước trực tiếp, tuy nhiên các nghiên cứu tập trung vào xác định ảnh hưởng của nhiệt độ (áp suất tuyến tính theo nhiệt độ) và thời gian chưng cất tới hiệu suất thu hồi tinh dầu, với mục đích chính là giảm thời gian chưng cất mà chưa quan tâm tới thành phần các cấu tử trong tinh dầu sả thu được. Trong tinh dầu sả chứa không dưới 20 cấu tử tinh dầu, trong đó 3 cấu tử quan trọng nhất được quy định về hàm lượng có trong tinh dầu sả cho xuất khẩu là: citronellal 31-40%, geraniol 20-25% và citronellol 8,5-14% (TCVN 11426:2016, tương đương với ISO 3848:2016 - áp dụng cho tinh dầu sả Java) [7]. Với tinh dầu sả Java hiện nay của Việt Nam, hàm lượng citronellal và citronellol đều nằm trong tiêu chuẩn, riêng hàm lượng geraniol thường nhỏ hơn 20% (thấp hơn so với tiêu chuẩn) nên chất lượng không cao.

Cây sả hương Tây Giang mới được phát hiện trong những năm gần đây tại huyện Tây Giang, tỉnh Quảng Nam (người dân địa phương gọi là sả hương Tây Giang). Sả hương Tây Giang là giống sả rất phù hợp với điều kiện thổ nhưỡng và khí hậu của huyện Tây Giang, cây phát triển tốt có chiều cao 1,5-2 m, lá to hơn lá sả thường. Lá sả hương Tây Giang

*Tác giả liên hệ: Email: bicthaoensh@gmail.com

Optimisation of distillation process parameters for extraction of Tay Giang citronella essential oil by direct steam distillation method

Thi Bich Thao Ma*, Phuong Nguyen, Ha Tran,
Thi Hong Nguyen, Van Lieu Vu

Nacentech Technology and Business Incubator Center,
National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 25 July 2022

Abstract:

In Vietnam, there were several research on essential oil extraction from citronella leaves by direct steam distillation. However, most studies focused on the effects of temperature, pressure, and distillation time on essential oil yield, mainly aiming to reduce distillation time with little attention to the chemical composition of the citronella oil obtained. Meanwhile, citronella essential oil contains no fewer than 20 constituents with the 3 most important constituents being citronellal, geraniol, and citronellol. The Vietnamese National Standard 11426:2016 (equal to ISO 3848:2016) regulates the chemical content of Java citronella essential oil for export as citronellal 31-40%, geraniol 20-25%, and citronellol 8.5-14%. The current Java citronella oil often has a citronellol content below 20%, thus failing to meet the standard in ISO 3848:2016. The aims of this research were to optimise the distillation process parameters, including temperature, pressure, and distillation time for extraction of citronella essential oil from Tay Giang citronella by direct steam distillation method in order to maximise yield and maintain geraniol content above 20%. The research results have determined the following optimal technical parameters for the extraction of Tay Giang citronella essential oil: temperature $116 \pm 1^\circ\text{C}$, pressure $1.2 \pm 0.05 \text{ atm}$, and distillation time $126 \pm 1 \text{ min}$ to obtain an essential oil yield of 0.94% with a geraniol content of 20.17%. These results can be used to identify the technology for industrial-scale production of Tay Giang citronella essential oil for export purposes.

Keywords: citronella essential oil, distillation of essential oil, distillation process optimisation, geraniol, Tay Giang citronella.

Classification number: 2.8

tích tụ hàm lượng tinh dầu cao, có mùi thơm ngọt dịu rất đặc trưng, do vậy rất cần được nghiên cứu để chiết tách tinh dầu phục vụ thị trường trong nước và xuất khẩu.

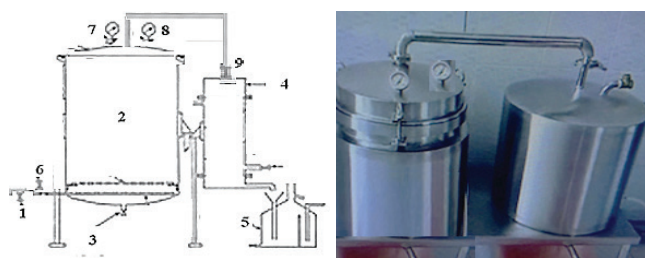
Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu hóa các thông số: nhiệt độ, áp suất và thời gian chưng cất tinh dầu từ lá sả hương Tây Giang bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp đạt hàm mục tiêu: hàm lượng tinh dầu thu được lớn nhất và geraniol không nhỏ hơn 20%. Nội dung của nghiên cứu bao gồm: 1) Xác định các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chưng cất; 2) Xây dựng mô hình toán học theo Box-Behnken; 3) Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật: nhiệt độ, áp suất, thời gian thích hợp cho chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang; 4) Thực nghiệm kiểm tra lại kết quả tối ưu hóa.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu là lá sả hương Tây Giang được lấy tại xã Tr' Hy, huyện Tây Giang, Quảng Nam, thu hoạch từ tháng 8-9/2021, mẫu được lấy ngẫu nhiên loại bỏ các lá khô, bị hỏng, sau đó đóng túi PE, sử dụng cho thí nghiệm không quá 7 ngày.

Thiết bị sử dụng cho thí nghiệm là hệ thống chưng cất tinh dầu theo phương pháp chưng cất lôi cuốn bằng hơi nước trực tiếp dạng pilot dung tích 100 l, 50 kg lá sả/lần thí nghiệm (hình 1). Nồi chưng cất được chế tạo trong nước, vật liệu chế tạo là inox 304 dày 3 mm, chịu được áp lực 3 kg/cm², nhiệt cung cấp là hơi quá nhiệt cung cấp từ nồi hơi bên ngoài 100 kg/h, khí nén được cung cấp bởi máy nén khí.



Hình 1. Hệ thống chưng cất tinh dầu theo phương pháp chưng cất lôi cuốn bằng hơi nước trực tiếp.

Nguyên lý hoạt động là lá sả đưa vào nồi chưng cất (2), sau đó đóng nắp siết đai ốc. Hơi nước bão hòa được cấp vào nồi chưng cất từ đầu cấp hơi (1) và nhiệt độ được kiểm soát nhờ đồng hồ đo nhiệt độ (7), áp suất được kiểm soát nhờ đồng hồ đo áp suất (8). Áp suất trong nồi chưng cất được cân chỉnh nhờ van khí nén (6) và van xả hơi (9). Hơi nước có chứa tinh dầu sả được ngưng tụ trong bình ngưng (4) và sau đó tinh dầu sả được tách ra qua bộ thu tinh dầu (5). Khi kết thúc quá trình chưng cất, đóng van cấp hơi (1), mở van khí nén (6) để loại hết hơi nước có chứa tinh dầu sả trong nồi chưng cất sang bình ngưng giúp giảm tổn thất thu hồi tinh dầu, đồng thời giúp làm nguội lá sả sau chưng cất giúp

thuận tiện cho vận hành mẻ sau. Van xả đáy (3) được mở khi kết thúc quá trình chưng cất.

Từ nguyên lý hoạt động của hệ thống chưng cất tinh dầu bằng hơi nước trực tiếp cho thấy, ngoài yếu tố nguyên liệu là lá sả thì quá trình chưng cất thu tinh dầu sả được thực hiện trong nồi chưng cất (2) phụ thuộc vào 3 yếu tố: nhiệt độ, áp suất và thời gian chưng cất. Với hệ thống chưng cất bằng hơi nước trực tiếp thông thường thì nhiệt độ và áp suất là tuyến tính (ở mỗi nhiệt độ tương ứng với một giá trị của áp suất). Nhưng việc sử dụng khí nén đưa vào nồi chưng cất để điều chỉnh áp suất thì tuyến tính giữa nhiệt độ và áp suất bị phá vỡ.

Phương pháp xác định độ ẩm của lá sả [8].

Xác định độ ẩm của lá sả theo phương pháp dùng dung môi (Dược điển Việt Nam IV, phụ lục 12,13, trang PL-240). Độ ẩm (X%) của lá sả được tính theo công thức sau:

$$X\% = \frac{m_1 - m_2}{p} \times 100$$

trong đó: m_1 : khối lượng nước cất được sau lần cất 1 (g); m_2 : khối lượng nước cất được sau lần cất 2 (g); p: khối lượng mẫu (g).

Phương pháp xác định hàm lượng tinh dầu trong lá sả [9].

Xác định hàm lượng tinh dầu trong lá sả bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp (Dược điển Việt Nam III, phụ lục 9, trang PL-141). Sử dụng phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp thu hồi tinh dầu từ lá sả. Tinh dầu được tách và loại sạch nước bằng muối Na_2SO_4 khan. Hàm lượng tinh dầu thu hồi được tính theo công thức:

$$Y\% = \frac{m_{\text{eo}}}{m(1-X)} \times 100$$

trong đó: m_{eo} : khối lượng tinh dầu sả thu được (g); m: khối lượng lá sả (g); X: độ ẩm của lá sả (%).

Phương pháp xác định hàm lượng geraniol có trong tinh dầu sả [10].

Hàm lượng geraniol có trong tinh dầu sả được xác định bằng phương pháp sắc ký khí nối ghép khối phổ GC/MS. Sử dụng cột mao quản HP5-MS (60 m x 0,25 mm x 0,25 μm), khí mang: He. Inlet: 250°C, chương trình nhiệt độ (60-240°C, tăng 4°C/phút), năng lượng ion hóa 70 eV, quét mảnh từ 35-450 m/z. Điều kiện sắc ký khí nối ghép detector ion hóa ngọn lửa (GC-FID): cột mao quản HP5-MS (60 m x 0,25 mm x 0,25 μm), khí mang: He. Inlet: 250°C, chương trình nhiệt độ (60-240°C, tăng 40/phút), khí make up N_2 , khí đốt O_2 và H_2 . Thư viện phổ HPCH1607, W09N08, NIST chemistry WebBook. Hàm lượng geraniol (%) trong tinh dầu sả là phần trăm diện tích pic của geraniol so với tổng diện tích các chất bay hơi của tinh dầu sả.

Phương pháp toán học [11, 12].

Phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố: các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chưng cất tinh dầu sả được xác định gồm: nhiệt độ, áp suất và thời gian. Các thông số được khảo sát theo phương pháp luân phiên từng biến. Yếu tố nghiên cứu sau khi đã chọn được giá trị thích hợp sẽ được giữ cố định trong các thí nghiệm khảo sát các yếu tố khác tiếp theo. Từ đó xác định điểm tối ưu (trung tâm) và miền biến thiên (cận dưới và cận trên) của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chưng cất (bảng 1).

Bảng 1. Các thông số được khảo sát theo phương pháp luân phiên từng biến.

Yếu tố ảnh hưởng	Miền biến thiên
A: nhiệt độ (°C)	95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135
B: áp suất (atm)	0,9, 1, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5
C: thời gian (phút)	90, 100, 110, 120, 130, 140, 150

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm, xây dựng ma trận thực nghiệm bậc 2 Box-Behnken.

Các yếu tố ảnh hưởng: A: nhiệt độ chưng cất; B: áp suất chưng cất và C: thời gian chưng cất.

Các chỉ tiêu tối ưu: Y_1 : hàm lượng tinh dầu (%) đạt max và Y_2 : hàm lượng geraniol $\geq 20\%$.

Tối ưu hóa các thông số sử dụng phần mềm “Design-Expert 7.1”.

Kết quả và bàn luận

Xác định các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang

Nhiệt độ chưng cất: Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được (cố định áp suất 1,2 atm và thời gian 120 phút) được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được.

Mẫu	Nhiệt độ (°C)	Hàm lượng tinh dầu (%)	Hàm lượng geraniol (%)
A1	95	0,79	17,81
A2	100	0,86	19,26
A3	105	0,9	19,52
A4	110	0,91	19,77
A5	115	0,93	20,19
A6	120	0,93	20,2
A7	125	0,93	20,2
A8	130	0,94	20,23
A9	135	0,94	20,23
$\bar{A}$	0,903	115	19,712
δ	0,002	187,5	0,637
SD	0,049	13,693	0,798

Kết quả bảng 2 cho thấy, hàm lượng tinh dầu tăng dần khi tăng nhiệt độ chưng cất và đạt giá trị cao nhất 0,94%. Ở nhiệt độ 95°C, hàm lượng tinh dầu thu được thấp (0,79%). Nhiệt độ 100-115°C, hàm lượng tinh dầu tăng đáng kể, từ 0,86 đến 0,93% (tăng 0,07%), nhưng khi nhiệt độ tăng từ 115 đến 130°C, hàm lượng tinh dầu chỉ tăng 0,01% và không thay đổi khi tăng nhiệt độ lên 135°C. Hàm lượng geraniol tăng mạnh khi nhiệt độ tăng từ 100 đến 130°C. Ở nhiệt độ 95°C, hàm lượng geraniol thu được thấp (17,81%), còn ở nhiệt độ 135°C, hàm lượng geraniol không tăng so với ở nhiệt độ 130°C. Có thể thấy, nhiệt độ chưng cất tinh dầu tối ưu là 115-120°C. Lựa chọn điểm trung tâm: 115°C; miền biến thiên 100-130°C.

Áp suất chưng cất: Kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp suất chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được (cố định nhiệt độ 115°C và thời gian 120 phút) được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp suất chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được.

Mẫu	Áp suất (atm)	Hàm lượng tinh dầu (%)	Hàm lượng geraniol (%)
B1	0,9	0,81	18,76
B2	1	0,89	19,71
B3	1,1	0,91	19,75
B4	1,2	0,93	20,19
B5	1,3	0,93	20,21
B6	1,4	0,94	20,23
B7	1,5	0,94	20,23
$\bar{B}$	0,907	1,2	19,868
δ	0,002	0,046	0,291
SD	0,046	0,216	0,539

Kết quả bảng 3 cho thấy, hàm lượng tinh dầu thu nhận tăng khi tăng áp suất và đạt cao nhất là 0,94%. Hàm lượng tinh dầu tăng nhanh khi tăng áp suất tăng từ 1 đến 1,2 atm (tăng 0,04%). Hàm lượng tinh dầu cao nhất là 0,94% ở áp suất 1,4 atm. Sau đó, hàm lượng tinh dầu thu nhận không thay đổi mặc dù tăng áp suất lên 1,5 atm. Hàm lượng geraniol tăng khi áp suất tăng từ 1 đến 1,4 atm. Ở áp suất 0,9 atm, hàm lượng geraniol thu được thấp (18,76%), còn ở áp suất 1,5 atm, hàm lượng geraniol không tăng so với ở áp suất 1,4 atm. Khi tăng áp suất, giúp quá trình phá vỡ cấu trúc túi tinh dầu trong tế bào, làm tinh dầu dễ dàng thoát ra bên ngoài. Như vậy, áp suất chưng cất tinh dầu tối ưu là 1,2 atm. Lựa chọn điểm trung tâm: 1,2 atm; miền biến thiên 1-1,4 atm.

Thời gian chưng cất: Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được (cố định nhiệt độ 115°C và áp suất 1,2 atm) được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian chưng cất đến hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được.

Mẫu	Thời gian (phút)	Hàm lượng tinh dầu (%)	Hàm lượng geraniol (%)
C1	90	0,81	17,32
C2	100	0,9	19,95
C3	110	0,92	20,18
C4	120	0,93	20,23
C5	130	0,93	20,23
C6	140	0,94	19,91
C7	150	0,94	19,91
$\bar{C}$	0,91	120	19,675
δ	0,002	466,666	1,100
SD	0,046	21,602	1,049

Kết quả bảng 4 cho thấy, ở thời gian chưng cất là 90 phút, hàm lượng tinh dầu và geraniol thu được thấp. Khi tăng thời gian chưng cất từ 100 đến 140 phút, hàm lượng tinh dầu tăng lên rõ rệt và đạt giá trị (0,93%) ở thời gian 120-130 phút, sau đó hàm lượng tinh dầu tăng hầu như không đáng kể (0,94%) ở thời gian 140 phút và không thay đổi ở 150 phút. Hàm lượng geraniol thay đổi không đáng kể ở trong thời gian chưng cất 100-140 phút, dao động trong khoảng 19,95-20,23%. Như vậy, thời gian chưng cất ít ảnh hưởng tới hàm lượng geraniol. Thời gian chưng cất tối ưu là 120 phút. Lựa chọn điểm trung tâm: 120 phút; miền biến thiên 100-140 phút.

Xây dựng mô hình toán học theo Box-Behnken

Nhân tố và các mức độ bố trí theo mô hình Box-Behnken được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Nhân tố và các mức độ bố trí theo mô hình Box-Behnken.

Nhân tố (biến)	Mức độ các biến được mã hóa			
	Ký hiệu	-1	0	+1
Nhiệt độ (°C)	A	100	115	130
Áp suất (atm)	B	1	1,2	1,4
Thời gian (min)	C	100	120	140

Kết quả thực nghiệm quá trình chưng cất tinh dầu sả theo quy hoạch thực nghiệm bậc 2 Box-Behnken với 3 yếu tố. Tiến hành xây dựng hàm hồi quy bậc 2 cho hàm mục tiêu như sau:

$$Y_i = b_0 + b_1A + b_2B + b_3C + b_{12}AB + b_{13}AC + b_{23}BC + b_{11}A^2 + b_{22}B^2 + b_{33}C^2$$

trong đó: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{22}, b_{23}, b_{33}$: các hệ số hồi quy; A, B, C: yếu tố thí nghiệm cân tối ưu; Y_i : là hàm mục tiêu.

Kết quả xây dựng ma trận thực nghiệm tối ưu hoá theo Box-Behnken được thể hiện ở bảng 6.

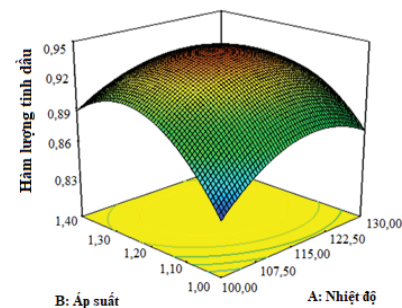
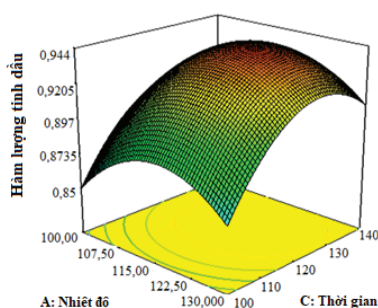
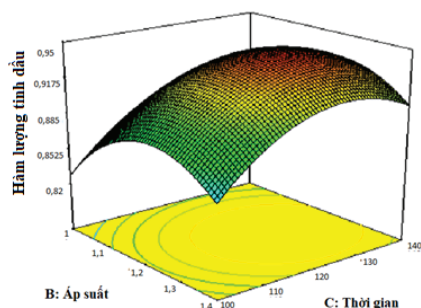
Bảng 6. Ma trận thực nghiệm tối ưu hoá theo Box-Behnken.

TT	A: nhiệt độ (°C)	B: áp suất (atm)	C: thời gian (min)	Y ₁ : hàm lượng tinh dầu (%)	Y ₂ : geraniol (%)
1	100	1	120	0,84	17,54
2	130	1	120	0,87	19,05
3	100	1,4	120	0,89	17,53
4	130	1,4	120	0,88	19,12
5	100	1,2	100	0,85	17,73
6	130	1,2	100	0,86	19,26
7	100	1,2	140	0,89	17,88
8	130	1,2	140	0,91	19,44
9	115	1	100	0,83	19,71
10	115	1,4	100	0,86	19,81
11	115	1	140	0,87	19,93
12	115	1,4	140	0,9	19,91
13	115	1,2	120	0,94	20,21
14	115	1,2	120	0,93	20,19
15	115	1,2	120	0,95	20,23

Mô hình hàm lượng tinh dầu

Kiểm tra sự có ý nghĩa của mô hình và các hệ số được tiến hành bằng phân tích hồi quy (bảng 7). Chuẩn F=71,69 cho thấy mô hình hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Các giá trị $p < 0,05$ cho biết các hệ số hồi quy có nghĩa và được giữ lại trong mô hình để tiến hành tối ưu hóa. Chuẩn F cho “sự không tương thích” của mô hình là 0,1 ($p = 0,9821$) cho thấy mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm. Hệ số $R^2 = 0,9601$ cho thấy, mô hình mô tả đến 96,01% sự thay đổi của hàm mục tiêu phụ thuộc vào các biến ảnh hưởng. Như vậy, hàm lượng tinh dầu được biểu diễn bằng mô hình bậc 2 như sau:

$$Y_1 = 0,94 + 6,25E-03A + 0,015B + 0,021C - 1,00E - 02AB - 0,029A^2 - 0,041B^2 - 0,034C^2$$

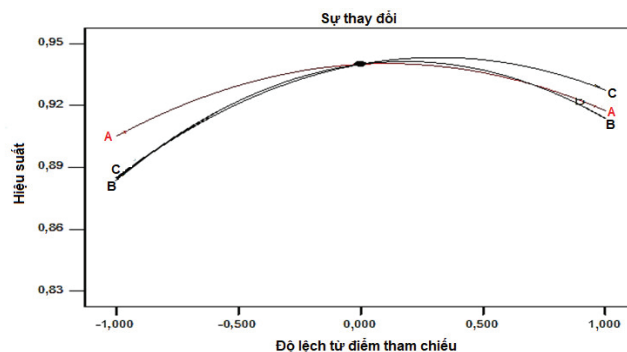


Hình 3. Bề mặt đáp ứng của hàm lượng tinh dầu.

Bảng 7. Kết quả phân tích hồi quy hàm lượng tinh dầu.

Source	Sum of squares	df	Mean of square	F value	p-value (prob>F)	Ghi chú
Model	0,018	7	2,56E-03	71,69	<0,0001	significant
A-Nhiệt độ	3,13E-04	1	3,13E-04	8,75	0,0212	
B-Ap suất	1,80E-03	1	1,80E-03	50,4	0,0002	
C-Thoigian	3,61E-03	1	3,61E-03	101,15	<0,0001	
AB	4,00E-04	1	4,00E-04	11,2	0,0123	
A^2	3,05E-03	1	3,05E-03	85,45	<0,0001	
B^2	6,28E-03	1	6,28E-03	175,92	<0,0001	
C^2	4,21E-03	1	4,21E-03	117,76	<0,0001	
Residual	2,50E-04	7	3,57E-05			
Lack of fit	5,00E-05	5	1,00E-05	0,1	0,9821	not significant
Pure error	2,00E-04	2	1,00E-04			
Cor total	0,018	14				

Xét ảnh hưởng của từng yếu tố (khi các yếu tố khác giữ ở mức trung tâm) (hình 2) đến hàm lượng tinh dầu nhận thấy: Hàm lượng tinh dầu chịu ảnh hưởng mạnh nhất bởi nhiệt độ (A), áp suất (B) và thời gian (C), khi các chỉ số này tăng thì hàm lượng tinh dầu tăng mạnh đến giới hạn. Kết quả được thể hiện ở hình 2 và 3.



Hình 2. Ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm lượng tinh dầu.

Mô hình hàm lượng geraniol

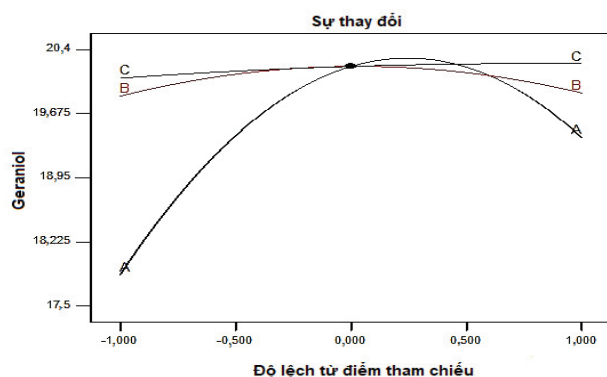
Kiểm tra sự có nghĩa của mô hình và các hệ số được tiến hành bằng phân tích hồi quy (bảng 8). Chuẩn F=9717,95 cho thấy mô hình hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Các giá trị $p < 0,05$ cho biết các hệ số hồi quy có nghĩa và được giữ lại trong mô hình để tiến hành tối ưu hóa. Chuẩn F cho “sự không tương thích” của mô hình là 0,19 ($p = 0,9256$) cho thấy mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm. Hệ số $R^2 = 0,9997$ cho thấy mô hình mô tả đến 99,97% sự thay đổi của hàm mục tiêu phụ thuộc vào các biến ảnh hưởng. Như vậy, hàm lượng geraniol được biểu diễn bằng mô hình bậc 2 như sau:

$$Y_2 = 20,21 + 0,77A + 0,017B + 0,081C + 0,02AB - 0,03BC - 1,58A^2 - 0,32B^2 - 0,051C^2$$

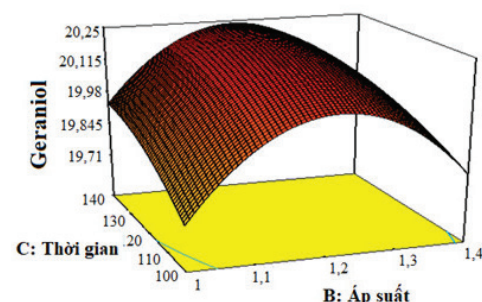
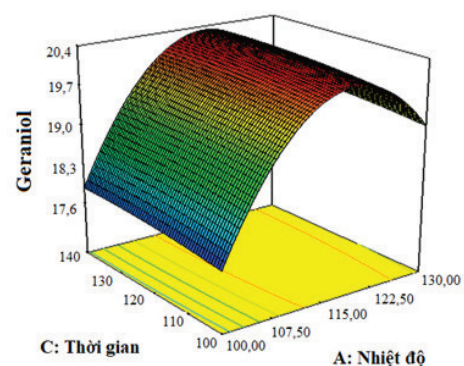
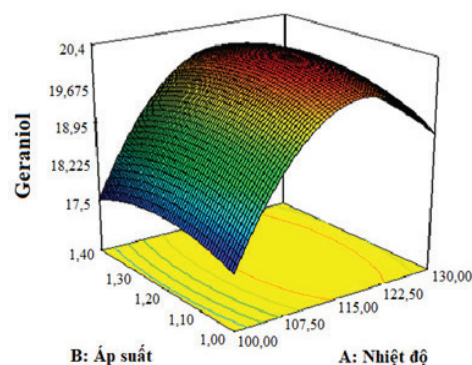
Bảng 8. Kết quả phân tích hồi quy hàm lượng geraniol.

Source	Sum of squares	df	Mean of square	F value	p-value (prob>F)	Ghi chú
Model	14,25	8	1,78	9717,95	<0,0001	significant
A-Nhiệt độ	4,79	1	4,79	26124,61	<0,0001	
B-Áp suất	2,45E-03	1	2,45E-03	13,36	0,0106	
C-Thời gian	0,053	1	0,053	288,07	<0,0001	
AB	1,60E-03	1	1,60E-03	8,73	0,0255	
BC	3,60E-03	1	3,60E-03	19,64	0,0044	
A ²	9,23	1	9,23	50356,73	<0,0001	
B ²	0,38	1	0,38	2046,24	<0,0001	
C ²	9,70E-03	1	9,70E-03	52,9	0,0003	
Residual	1,10E-03	6	1,83E-04			
Lack of fit	3,00E-04	4	7,50E-05	0,19	0,9256	not significant
Pure error	8,00E-04	2	4,00E-04			
Cor total	14,25	14				

Xét ảnh hưởng của từng yếu tố (khi các yếu tố khác giữ ở mức trung tâm) (hình 4) đến hàm lượng geraniol cho thấy: Hàm lượng geraniol chịu ảnh hưởng mạnh nhất bởi nhiệt độ (A), áp suất (B), thời gian (C), khi các chỉ số này tăng thì hàm lượng geraniol tăng mạnh đến giới hạn. Khi nhiệt độ, áp suất, thời gian tiếp tục tăng, hàm lượng geraniol giảm. Kết quả được thể hiện ở hình 4 và 5.



Hình 4. Ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm lượng geraniol.

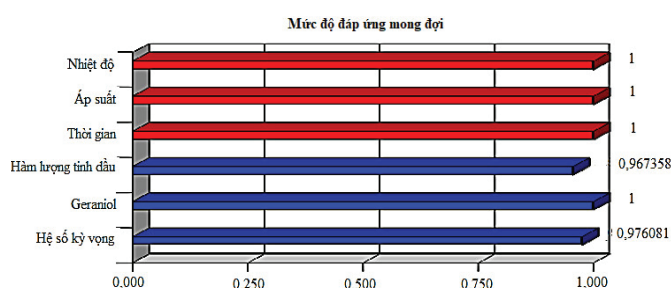


Hình 5. Bề mặt đáp ứng của hàm lượng geraniol.

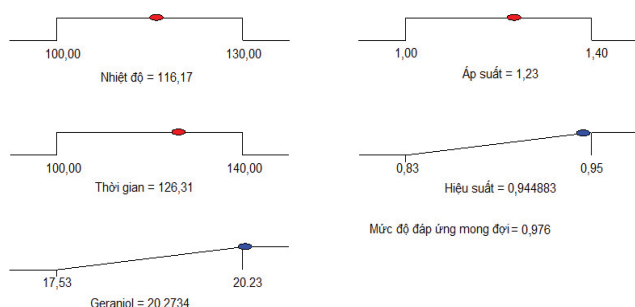
Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật (nhiệt độ, áp suất, thời gian) thích hợp cho chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang

Quá trình thu hồi tinh dầu được tiến hành sao cho thu được hàm lượng tinh dầu lớn nhất và geraniol không nhỏ hơn 20%. Tiến hành giải bài toán tối ưu bằng cách chấp mục tiêu theo thuật toán “hàm mong đợi” được đưa ra bởi Derringer và Suich. Kết quả tối ưu hóa bằng phần mềm Design-Expert 7.1 được thể hiện ở hình 6 và 7.

Kết quả hình 6 cho thấy, khi các yếu tố như: nhiệt độ, áp suất và thời gian đạt được 100% thì khả năng đạt được hàm mục tiêu: hàm lượng tinh dầu 96,7% và geraniol 100%. Hàm mong đợi đạt được 97,6% là khá cao, như vậy đã đạt được mục tiêu đặt ra.



Hình 6. Mức độ đáp ứng sự mong đợi của các thông số công nghệ và các hàm mục tiêu.



Hình 7. Kết quả tối ưu hóa của mô hình.

Kết quả hình 7 cho thấy, quá trình chưng cất tinh dầu được tiến hành ở nhiệt độ 116,17°C, áp suất 1,23 atm thời gian 126,31 phút, hàm lượng tinh dầu đạt được là 0,945%, hàm lượng geraniol đạt 20,27% với mức độ đáp ứng sự mong đợi là 97,60%.

Thực nghiệm kiểm tra lại kết quả tối ưu hóa

Thực nghiệm được lặp lại 3 lần với thông số tối ưu, điều chỉnh thông số nhiệt độ, áp suất và thời gian phù hợp với thực tế. Các giá trị thu được cho thấy kết quả thực nghiệm (bảng 9) gần với giá trị chạy mô hình tối ưu hóa.

Bảng 9. Kết quả thực nghiệm chưng cất tinh dầu sả ở điều kiện tối ưu.

Số TN	Nhiệt độ (°C)	Áp suất (atm)	Thời gian (phút)	Hàm lượng tinh dầu (%)	Hàm lượng geraniol (%)
1	116±1	1,2±0,05	126±1	0,93	20,10
2	116±1	1,2±0,05	126±1	0,93	20,19
3	116±1	1,2±0,05	126±1	0,95	20,23
Giá trị thực nghiệm trung bình				0,94±0,0001	20,17±0,0044
Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu				0,945	20,27

Kết quả thu được từ thực nghiệm: hàm lượng tinh dầu 0,94% và geraniol 20,17%. Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu: hàm lượng tinh dầu 0,945% và geraniol 20,07% gần tương đương nhau, như vậy mô hình thực nghiệm phù hợp với thực tế.

Kết luận

Nghiên cứu đã xác định miền biến thiên của 3 yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang là nhiệt độ, áp suất, thời gian và đã xây dựng mô hình toán học

cho bài toán tối ưu với 3 yếu tố: nhiệt độ, áp suất, thời gian cũng như xác định được 2 hàm mục tiêu: hàm lượng tinh dầu cao nhất và geraniol không nhỏ hơn 20% cho chưng cất tinh dầu bằng phương pháp chưng lôi cuốn theo hơi nước trực tiếp từ lá cây sả hương Tây Giang. Từ kết quả nghiên cứu đã xây dựng được ma trận thực nghiệm tối ưu hoá theo Box-Behnken.

Đã tối ưu hóa các thông số kỹ thuật thích hợp cho chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang, kết quả thực nghiệm phù hợp với bài toán tối ưu cho thấy mô hình thực nghiệm phù hợp với thực tế, qua đó đã xác định các thông số kỹ thuật tối ưu cho chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang: nhiệt độ 116±1°C, áp suất 1,2±0,05 atm, thời gian 126±1 phút để đạt hàm lượng tinh dầu 0,94% và geraniol 20,17%.

Trong quá trình nghiên cứu còn có những hạn chế như: Thiết bị chưng cất bằng hơi nước chế tạo trong nước quy mô nhỏ, chưa tự động hóa được các thông số nhiệt độ, áp suất dẫn đến có sự sai lệch các lần thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học về hàm lượng tinh dầu và geraniol trong lá cây sả hương Tây Giang, các thông số kỹ thuật cho việc tách và thu nhận tinh dầu bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước trực tiếp giúp doanh nghiệp có thêm dữ liệu trong việc khai thác, sản xuất tinh dầu sả từ cây sả hương Tây Giang.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện từ tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài mã số: ĐTĐL.CN-2020. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mona El Shazly, et al. (2017), "Effect of planting density and biofertilization on growth and productivity of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (Lemongrass) plant under Siwa Oasis conditions", *Journal of Medicinal Plants Studies*, **5**(2), pp.195-203.
- [2] Lê Đình Mối và cs (2001), *Tài nguyên thực vật có tinh dầu ở Việt Nam*, 443tr, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [3] Nguyễn Năng Vinh, Nguyễn Thị Minh Tú (2009), *Công nghệ chất thơm thiên nhiên*, 113tr, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội.
- [4] Đỗ Tất Lợi (1962), *Các phương pháp tinh chế tinh dầu*, 81tr, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [5] T.A. Hegazy, et al. (2013), "Effect of biofertilizers and/or urea on growth, yield, essential oil and chemical compositions of *Cymbopogon citratus* plants", *Journal of Applied Sciences Research*, **9**(1), pp.309-320.
- [6] K. Nakahara, et al. (2003), "Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella Grass)", *Janpan Agricultural Research Quarterly*, **37**(4), pp.249-252.
- [7] Tiêu chuẩn Quốc gia (tinh dầu sả Java) TCVN 11426:2016 (ISO 3848:2016).
- [8] Bộ Y tế (2017), *Dược điển Việt Nam IV, tập II*, Nhà xuất bản Y học.
- [9] Bộ Y tế (2017), *Dược điển Việt Nam III, tập II*, Nhà xuất bản Y học.
- [10] R.P. Adams (2017), *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mas Spectrometry*, Allured Publishing Corporation.
- [11] Nguyễn Minh Tuyên (2005), *Quy hoạch thực nghiệm*, 227tr, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [12] G. Derringer, R. Suich (1980), "Simultaneous optimization of several responses variables", *Journal of Quality Technology*, **12**(4), pp.214-219.

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến quá trình chế biến bột giàu protein từ khô dầu Sacha inchi

Nguyễn Minh Nam^{1*}, Trương Thị Chiên¹, Bùi Thị Minh Tâm², Nguyễn Đăng Bắc²,
Nguyễn Tiên Khương², Tiên Thị Lượ²

¹Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ

²Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn

Ngày nhận bài 11/7/2022; ngày chuyển phản biện 15/7/2022; ngày nhận phản biện 21/7/2022; ngày chấp nhận đăng 26/7/2022

Tóm tắt:

Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) có nguồn gốc từ vùng rừng nhiệt đới Amazon tại Peru. Hạt Sacha inchi có giá trị dinh dưỡng cao với hàm lượng dầu 35-60%, protein 25-30%... [1], nên Sacha inchi được coi là “siêu thực phẩm”. Dầu Sacha inchi chứa các thành phần axit béo không bão hòa (omega 3, 6 và 9) mà con người không tự tổng hợp được. Tuy nhiên, quá trình khai thác dầu Sacha inchi tạo ra một lượng lớn các phụ phẩm (70% vỏ hạt và khô dầu) được loại bỏ như chất thải hoặc sử dụng làm thức ăn gia súc. Với mục tiêu đánh giá tiềm năng, gia tăng giá trị sử dụng cho phụ phẩm giàu protein này, các tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ bao gồm kích thước hạt nghiền, nhiệt độ, thời gian hấp đến quá trình khử tanin (để loại bỏ mùi vị ngái, chát sít miệng) của khô dầu Sacha inchi; khảo sát tỷ lệ nước bổ sung tách dịch, chế độ sấy (nhiệt độ đầu vào, tốc độ bơm nhập liệu) đến chất lượng cũng như tỷ lệ thu hồi sản phẩm bột protein. Kết quả cho thấy, khô dầu Sacha inchi được nghiền nhỏ với kích thước 2-3 mm, hấp ở 120°C, trong 20 phút là loại được mùi vị ngái chát. Sau khi khử tanin được bổ sung nước, xay nghiền tách dịch và sấy ở nhiệt độ đầu vào 170-180°C, nhiệt độ đầu ra 70°C, tốc độ bơm nhập liệu 35-40 vòng/phút sẽ cho tỷ lệ thu hồi bột cao nhất. Bột giàu protein từ khô dầu có độ ẩm <10%, protein >40% và lipit >5%.

Từ khóa: bột giàu protein, khô dầu Sacha inchi, khử tanin, sấy phun.

Chỉ số phân loại: 2.10

Đặt vấn đề

Hạt Sacha inchi rất giàu dinh dưỡng, với các thành phần chính như lipit chiếm 33,4-54,3%, protein 24,2-27,0%, carbohydrate 13,4-30,9%, tro 2,7-6,46%. Thành phần protein của hạt Sacha inchi rất giàu các axit amin cần thiết cho cơ thể người như cystein, tyrosin, threonine và tryptophan. Trên thế giới, ngành công nghiệp dầu Sacha inchi đã phát triển đáng kể do nhu cầu cao về dầu không bão hòa từ thực phẩm chức năng, dinh dưỡng, dược mỹ phẩm tăng cao. Các sản phẩm phụ của chế biến dầu Sacha inchi là vỏ và khô dầu chiếm tới 70% hạt thô. Dựa trên các giá trị dinh dưỡng của bột Sacha inchi (đặc biệt là hàm lượng protein), loại bột này có tiềm năng được sử dụng làm protein thay thế trong các sản phẩm thực phẩm. Đã có một số nghiên cứu về ảnh hưởng của các phương pháp chế biến đến thành phần dinh dưỡng và các yếu tố kháng dinh dưỡng (tanin, saponin...) trong hạt, khô dầu Sacha inchi để tận dụng chế biến một số sản phẩm như bánh, sữa Sacha inchi... [2-7]. Các tác động tiêu cực của các yếu tố kháng dinh dưỡng có thể được ngăn chặn bằng cách sử dụng các kỹ thuật chế biến khác nhau nhằm giảm hoặc loại bỏ các hợp chất có hại này trước khi cho người và động vật ăn. Để cải thiện chất lượng dinh dưỡng của hạt cây ăn được cách xử lý nhiệt thường được áp dụng [4].

Cây Sacha inchi được nhập nội vào Việt Nam từ năm 2012 và được đánh giá là một trong những loại cây trồng đa tác dụng (cây lâm nghiệp, nông nghiệp, dược liệu và lấy dầu). Những năm gần đây, trong nước đã có một số nghiên cứu tập trung vào công nghệ

chế biến dầu, rang sấy và các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng, thành phần dinh dưỡng từ hạt Sacha inchi [8, 9]. Tuy nhiên, chưa có công bố kết quả nghiên cứu đánh giá về giá trị gia tăng từ phụ phẩm khô dầu Sacha inchi. Trong khi xu hướng quan tâm của con người tới các nguồn protein từ thực vật ngày càng tăng do việc ăn nhiều protein từ động vật (thịt đỏ) là nguyên nhân gây ra các bệnh tim mạch, huyết áp... Từ thực tế đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu “Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến quá trình chế biến bột giàu protein từ khô dầu Sacha inchi”.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

- Bánh khô dầu Sacha inchi là bánh bã hạt Sacha inchi sau khi đã ép lấy dầu, được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Tập đoàn Thiên Minh Đức (Nghệ An).

- Kích thước bánh khô dầu Sacha inchi: đường kính 450 mm, chiều dày 65 mm (hình 1).



Hình 1. Bánh khô dầu Sacha inchi.

*Tác giả liên hệ: Email: nmnam@most.gov.vn

The influence of some technological parameters in the processing of protein-rich powder from Sacha inchi oil pressed-cake

Minh Nam Nguyen^{1*}, Thi Chien Truong¹,
Thi Minh Tam Bui², Dang Bac Nguyen²,
Tien Khuong Nguyen², Thi Luot Tien²

¹National Center for Technological Progress,
Ministry of Science and Technology

²Vietnam Institute of Agricultural Engineering
and Post-Harvest Technology,
Ministry of Agriculture and Rural Development

Received 11 July 2022; accepted 26 July 2022

Abstract:

Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) was originally cultivated in Amazon rainforest in Peru. Sacha inchi seeds have high nutritional value (oil 35-40%, protein 25-30%...) [1], therefore, they are considered a “superfood”. Sacha inchi oil contains unsaturated fatty acids (omega 3, 6, 9) that humans cannot synthesise on their own. However, the Sacha inchi oil extraction process produces a large number of by-products (70% of the nut shells and oil press-cake) that are either discarded as waste or used as animal feed. To evaluate the potential and increase the use value of this protein-rich by-product, the team studied the influence of technological factors including milled particle size, temperature, and steaming time on the reduction process of tannin (to remove the stale, acrid taste) in Sacha inchi oil press-cake. The authors investigated the percentage of water added for separation, drying mode (input temperature, input pump speed) to quality as well as the recovery rate of protein powder products. The results showed that Sacha inchi oil press-cake must be crushed with a grinding size of 2-3 mm, a steaming temperature of 120°C in 20 minutes to remove the acrid taste. After de-tanning is added water, grinding, separating, and drying at the input temperature range of 170-180°C, the output temperature of 70°C, the input pump speed of 35-40 rpm, the product has the highest powder recovery rate. Protein-rich powder from Sacha inchi oil press-cake has moisture content ≤10%, protein >40%, and lipids >5%.

Keywords: de-tanning, protein-rich powder, Sacha inchi oil press-cake, spray-drying.

Classification number: 2.10

Phương pháp công nghệ

Thí nghiệm 1 - Đánh giá chất lượng bánh khô dầu Sacha inchi nguyên liệu: Tiến hành phân tích các chỉ tiêu độ ẩm (%), hàm lượng protein (%), tanin (%), lipit (%), xơ thô (%) để đánh giá chất lượng nguyên liệu.

Thí nghiệm 2 - Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ khử tanin trong bánh khô dầu Sacha inchi để sử dụng làm nguyên liệu chế biến bột protein:

- Khảo sát ảnh hưởng của kích thước nghiền hạt khô dầu Sacha inchi khi đưa vào hấp: Bánh khô dầu Sacha inchi được nghiền nhỏ để khảo sát với 3 khoảng kích thước khác nhau là 1-2, 2-3 và 3-4 mm. Cố định các thông số để khử tanin: nhiệt độ hấp 120°C, thời gian 30 phút.

- Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ hấp: Bánh khô dầu Sacha inchi được nghiền theo kích thước đã chọn từ thí nghiệm trước để tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ hấp khử tanin tại các nhiệt độ khác nhau là 100, 110 và 120°C. Đánh giá chất lượng bột sau khi hấp qua hàm lượng tanin (%), nhận xét cảm quan. Cố định mức thời gian hấp là 20 phút.

- Khảo sát ảnh hưởng của thời gian hấp: Cố định ở mức nhiệt tối ưu từ kết quả thí nghiệm trên, tiến hành khảo sát theo 3 mốc thời gian (10, 20 và 30 phút), đánh giá chất lượng bột sau khi hấp qua hàm lượng tanin (%), nhận xét cảm quan.

Thí nghiệm 3 - Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu đến chất lượng tách dịch: Tiến hành khảo sát thay đổi tỷ lệ nước/nguyên liệu theo ba mức: 3/1, 4/1 và 5/1. Mỗi thí nghiệm gồm 2 kg nguyên liệu khô dầu. Căn cứ vào chỉ tiêu hàm lượng chất khô hòa tan (°Bx) của dịch thu được, tỷ lệ bột thu hồi chọn ra tỷ lệ nước/nguyên liệu phù hợp để tách dịch.

Thí nghiệm 4 - Nghiên cứu ảnh hưởng của các chế độ sấy đến tỷ lệ thu hồi và chất lượng bột sản phẩm: Tiến hành đánh giá ảnh hưởng của các chế độ sấy bằng cách cố định nhiệt độ đầu ra là 70°C, nhiệt độ sấy đầu vào thay đổi theo các mức: 160, 170, 180 và 190°C, tương ứng với các tốc độ bơm nhập liệu là: 35, 40, 45 và 50 vòng/phút, tốc độ quay của đĩa phun là 5-6 (20.000-25.000 vòng/phút). Các chỉ tiêu đánh giá là tỷ lệ thu hồi, độ ẩm (%) và chất lượng bột sản phẩm.

Phương pháp phân tích

Các chỉ tiêu độ ẩm đo bằng máy đo ẩm nhanh Adam AMB 310 (Anh), xác định hàm lượng protein theo TCVN 8125:2015, tanin theo TCVN 13304:2021, lipit theo TCVN 8948:2011, xơ thô theo TCVN 5103:1990, chất khô hoà tan bằng máy đo độ brix Atago (Nhật Bản). Hiệu suất thu hồi bột (%) được tính bằng % khối lượng bột thu hồi trên khối lượng bột nguyên liệu. Đo chỉ số màu của bột bằng máy đo màu Minolta CR 300 Konica (Nhật Bản).

Kết quả

Đánh giá chất lượng bánh khô dầu Sachi inchi nguyên liệu

Hạt Sachi inchi mua tại vùng nguyên liệu, sau đó ép lấy dầu thu được bánh khô dầu. Các lần thí nghiệm thống nhất một chế độ công nghệ ép. Bánh khô dầu Sachi inchi sau đó được nghiền nhỏ. Kết quả thể hiện ở bảng 1.

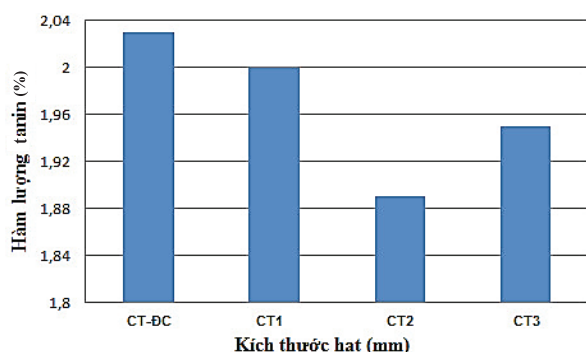
Bảng 1. Kết quả phân tích các chỉ tiêu đánh giá chất lượng khô dầu Sachi inchi.

Chỉ tiêu đánh giá					
Độ ẩm (%)	Hàm lượng protein (%)	Hàm lượng tanin (%)	Hàm lượng lipid (%)	Hàm lượng xơ thô (%)	Nhận xét cảm quan
7,84	45,44	2,03	7,15	17,51	Mùi ngái đặc trưng, vị chát, se sít miệng

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, khô dầu Sachi inchi có hàm lượng protein rất cao (45,44%), phù hợp với việc sử dụng để chế biến thành các sản phẩm bột dinh dưỡng. Tuy nhiên, trong bánh khô dầu Sachi inchi có hàm lượng tanin là 2,03%, do vậy không thể ăn được hạt Sachi inchi vì mùi vị ngái, chát, se sít miệng. Việc khử, loại bớt hàm lượng tanin là công đoạn rất cần thiết trước khi chế biến các sản phẩm tiếp theo.

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ khử tanin trong bánh khô dầu Sachi inchi

Khảo sát ảnh hưởng của kích thước nghiền hạt khô dầu Sachi inchi khi đưa vào hấp: Kích thước hạt là một yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử tanin trong khô dầu Sachi inchi. Khi kích thước hạt càng nhỏ thì hiệu quả khử tanin càng tăng, do diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của hạt bột với hơi ẩm cao và ngược lại. Nhưng, nếu hạt bột quá nhỏ thì sẽ hạn chế khả năng khuếch tán của hơi ẩm vào bên trong khối nguyên liệu và làm giảm hiệu quả khử tannin. Vì vậy, cần khảo sát kích thước hạt bột phù hợp cho quá trình khử tanin. Kết quả được thể hiện ở hình 2 và bảng 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của kích thước hạt đến hàm lượng tanin trong khô dầu Sachi inchi.

Bảng 2. Đánh giá cảm quan ảnh hưởng của kích thước nghiền hạt đến sự khử tanin.

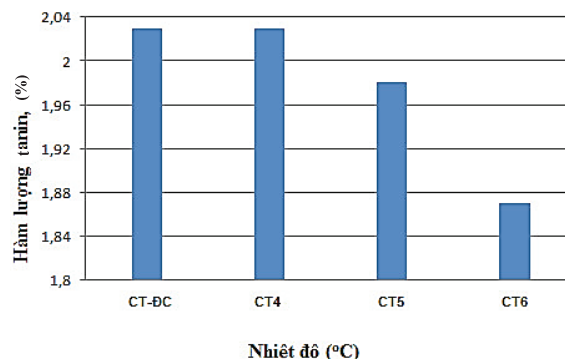
Kích thước hạt (mm)	Nhận xét cảm quan
Đối chứng (CT)	Mùi ngái, vị chát, se sít miệng, không thể ăn được
1-2 (CT1)	Vẫn còn mùi ngái, vị còn chát
2-3 (CT2)	Hết mùi ngái và không còn vị chát, cảm nhận được vị bùi ngậy
3-4 (CT3)	Vẫn còn mùi ngái, vị còn chát

Kết quả nghiên cứu cho thấy, với kích thước hạt nghiền 2-3 mm có sự giảm hàm lượng tanin nhiều nhất và cảm quan tốt nhất, điều này có thể giải thích là do khi kích thước hạt phù hợp thì diện tích trao đổi nhiệt và độ rỗng xốp giữa các hạt bột trong khối nguyên liệu là tối ưu thì khả năng khuếch tán ẩm trong quá trình hấp tốt nhất nên kết quả khử tanin giảm được nhiều nhất. Vì vậy, nghiên cứu chọn nghiền bánh khô dầu Sachi inchi ra hạt đồng đều có kích thước 2-3 mm (CT2) cho các thí nghiệm tiếp theo.

Ảnh hưởng của nhiệt độ hấp đến sự khử tanin trong khô dầu Sachi inchi: Để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ hấp đến sự khử tanin, bánh khô dầu Sachi inchi được nghiền thành hạt có kích thước 2-3 mm, sau đó hấp ở các mức nhiệt độ: 100, 110 và 120°C. Kết quả được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng tanin và chất lượng cảm quan bột bánh khô dầu Sachi inchi.

Nhiệt độ (°C)	Chỉ tiêu đánh giá	
	Hàm lượng tanin (%)	Nhận xét cảm quan
ĐC (CT)	2,03	Mùi ngái, vị chát, se sít miệng, không thể ăn được
100 (CT4)	2,03	Vẫn còn hơi mùi ngái, vị còn chát
110 (CT5)	1,98	Hết mùi ngái và vị hơi chát, còn rất nhẹ sự se sít miệng, cảm nhận được vị bùi ngậy
120 (CT6)	1,87	Hết mùi ngái và không còn vị chát, hết se sít miệng, cảm nhận được vị bùi ngậy đặc trưng



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ hấp đến hàm lượng tanin trong khô dầu Sachi inchi.

Kết quả bảng 3 và hình 3 cho thấy sự thay đổi rất rõ của hàm lượng tanin trong bột bánh bả Sachi inchi sau khi được hấp ở các nhiệt độ khác nhau. Ở nhiệt độ hấp 100°C, hàm lượng tanin (2,03%) không có sự giảm tanin so với mẫu đối chứng, điều này cũng phù hợp với kết quả khi thử cảm quan vẫn còn chất và mùi ngái, không ăn được. Khi tăng nhiệt độ lên 110°C, đã có sự giảm đối với hàm lượng tanin 1,98% và kết quả cảm quan nhận thấy vị còn hơi chất, hết mùi ngái, tuy nhiên vẫn thấy sự se sít miệng nhẹ. Ở nhiệt độ hấp 120°C, kết quả cảm quan không còn sít miệng, mùi vị bùi ngậy, hàm lượng tanin xuống còn 1,87%. Kết quả này cũng phù hợp với công bố của các tác giả W. Yuenyongputthakarn và cs (2017) [1], S. Suwanangul và cs (2021) [6]. Như vậy, bột khô dầu Sachi inchi sẽ được hấp ở nhiệt độ 120°C để khử vị chất, se sít miệng khi ăn, chính là làm giảm các thành phần kháng dinh dưỡng trong nguyên liệu để phục vụ cho các công đoạn chế biến tiếp theo.

Ảnh hưởng thời gian hấp đến sự khử tanin trong khô dầu Sachi inchi: Từ kết quả của nghiên cứu trước đã chọn được nhiệt độ hấp tối ưu, chúng tôi tiến hành đánh giá ảnh hưởng của thời gian hấp đến hiệu quả khử tanin trong bột khô dầu Sachi inchi. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian đến hàm lượng tanin và chất lượng cảm quan bột bánh bả Sachi inchi.

Thời gian (phút)	Chỉ tiêu đánh giá	
	Hàm lượng tanin (%)	Nhận xét cảm quan
ĐC	2,03	Mùi ngái, vị chất, se sít miệng, không thể ăn được
10	1,97	Mùi ngái, vị chất đỡ hơn mẫu đối chứng nhưng chưa ăn được
20	1,89	Hết mùi ngái và không còn vị chất se sít miệng, cảm nhận được vị bùi ngậy đặc trưng
30	1,84	Hết mùi ngái và không còn vị chất, hết sít miệng, cảm nhận được vị bùi ngậy đặc trưng

Kết quả bảng 4 cho thấy, thời gian cũng có ảnh hưởng nhiều đến sự khử tanin trong bột bả Sachi inchi. Khi quá trình hấp khử chất chưa đủ thời gian (10 phút) thì hàm lượng tanin trong bột chưa giảm được nhiều (1,97%), do đó cảm quan thấy còn vị chất rất rõ và chưa thể ăn được. Sau 20-30 phút hấp, kết quả cảm quan cho vị chất cũng như mùi ngái không còn, cảm nhận được ngay vị bùi ngậy của bột bánh bả Sachi inchi và hàm lượng tanin đã giảm xuống (từ 1,89 giảm còn 1,84%).

Sau nhiều lần làm thí nghiệm lặp lại, chúng tôi chọn thời gian 20 phút là thích hợp cho thí nghiệm khử tanin trong bột bánh bả Sachi inchi.

Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu đến chất lượng dịch

Sau khi đã loại được mùi vị ngái chất của khô dầu Sachi inchi, chúng tôi tiếp tục đánh giá tỷ lệ nước bổ sung để tách dịch. Để quá trình xay nghiền tách dịch tối ưu thì lượng nước bổ sung có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng dịch thu được. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nước bổ sung đến chất lượng dịch thu hồi.

Tỷ lệ nước/nguyên liệu	Chất khô hòa tan (°Bx)	Hiệu suất thu hồi bột (%)	Nhận xét cảm quan
2/1	7,9	45,91	Bã nhiều, còn nhiều bột mịn, thu được ít dịch
3/1	7,5	50,15	Bã tơi, dịch sánh, trắng sáng
4/1	6,2	52,87	Bã tơi không còn bột mịn, dịch sánh, trắng sáng
5/1	4,0	53,10	Bã tơi không còn bột mịn, thu được nhiều dịch

Kết quả bảng 5 cho thấy rất rõ ảnh hưởng của tỷ lệ nước bổ sung trong công đoạn nghiền tách dịch. Với tỷ lệ nước thấp (2/1) thì nguyên liệu trong quá trình nghiền không được đồng đều, trong bã còn nhiều chất khô hòa tan chưa được tách hết, do vậy kết quả đo độ brix (7,9) cao hơn không đáng kể so với tỷ lệ 3/1 (7,5) nên hiệu suất bột thu hồi thấp (45,91%). Ở tỷ lệ 5/1 thì dịch thu hồi loãng độ brix thấp (4,0) do lượng nước bổ sung nhiều, hiệu suất thu hồi bột cao hơn ở các mức nước bổ sung khác, điều này được giải thích là do lượng nước nhiều nên trong quá trình xay lọc lượng chất khô không hòa tan thu được cao hơn, tuy nhiên thời gian sấy kéo dài do lượng dịch thu được nhiều. Do đó, chúng tôi chọn tỷ lệ bổ sung nước là 3/1-4/1 để nghiền tách dịch nguyên liệu cho hiệu suất thu hồi bột cao với thời gian sấy tối ưu.

Nghiên cứu ảnh hưởng của các chế độ sấy đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột sản phẩm

Sấy phun là công nghệ tiên tiến tạo nên sản phẩm dạng bột khô chất lượng cao. Nhiệt độ không khí sấy thấp quá hay cao quá đều bất lợi cho quá trình sấy phun đối với tất cả các loại dịch. Ở thí nghiệm này, chúng tôi đánh giá ảnh hưởng của các chế độ sấy bằng cách thay đổi nhiệt độ không khí sấy đầu vào, biến thiên với các mức: 160, 170, 180 và 190°C, tương ứng với tốc độ bơm nhập liệu là: 30-45 vòng/phút, nhiệt độ đầu ra 70°C. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của các chế độ sấy đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột sản phẩm.

Nhiệt độ sấy (°C)	Hiệu suất thu hồi (%)	Độ ẩm (%)	Nhận xét cảm quan
160	48,91	6,25	Sản phẩm thu hồi có màu sắc, hương vị đặc trưng, có hiện tượng hơi dính thành buồng sấy
170	54,15	4,67	Bột sản phẩm thu hồi khô, có màu sắc, hương vị đặc trưng
180	53,68	4,35	Sản phẩm thu hồi khô, màu sắc, hương vị đặc trưng
190	46,73	4,20	Có hiện tượng hơi cháy trên thành buồng sấy

Kết quả ở bảng 6 cho thấy, nhiệt độ không khí sấy có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất và chất lượng bột thu hồi. Nhiệt độ không khí sấy thấp (160°C), độ ẩm sản phẩm còn cao nên bám nhiều trên thành thiết bị làm giảm hiệu suất thu hồi của sản phẩm sau sấy (48,91%). Nhiệt độ không khí sấy tăng (170-180°C) làm độ ẩm sản phẩm giảm, tỷ lệ thu hồi tăng lên (53,68-

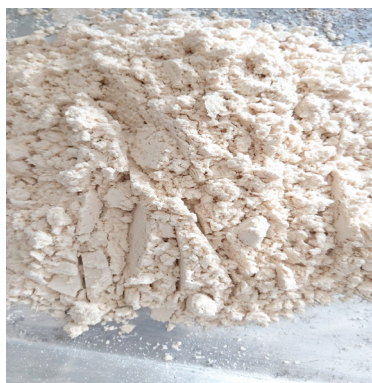
54,15%). Tuy nhiên, khi nhiệt tăng quá cao (190°C) thì có hiện tượng cháy sản phẩm trong thành buồng sấy. Do vậy, chúng tôi chọn khoảng nhiệt độ sấy 170-180°C là phù hợp nhất.

Bảng 7. Đánh giá chất lượng bột giàu protein uống liền từ khô dầu Sacha inchi.

Chỉ tiêu lý hóa					
Chỉ tiêu dinh dưỡng			Chỉ số màu sắc		
Độ ẩm (%)	Protein (%)	Lipid (%)	L	a*	b*
4,35	48,23	6,42	83,15±0,02a	1,75±0,07b	13,10±0,07b

Ghi chú: L, a*, b* là chỉ số màu sắc Lab Colour. Trong đó: L (Lightness - Luminance): kênh L là trục thẳng đứng, biểu diễn mức độ sáng của màu, có giá trị từ 0 (Black) đến 100 (White). Kênh này hoàn toàn chỉ chứa các thông tin về độ sáng, chứ không chứa giá trị màu nào thực sự; a*: kênh chứa các giá trị màu từ Green (-) cho tới Red (+); b*: có các giá trị màu từ Blue (-) đến Yellow (+). Các cột có chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả ở bảng 7 và hình 4 cho thấy, tại khoảng nhiệt độ không khí sấy thích hợp là 170-180°C, độ ẩm của sản phẩm bột sấy đạt 4,35%, hàm lượng protein đạt 48,23%, hàm lượng lipid đạt 6,42%. Màu sắc của sản phẩm trắng sáng tự nhiên, sản phẩm có hương vị đặc trưng.



Hình 4. Bột giàu protein từ khô dầu Sacha inchi.

Kết luận

Hiện nay bột protein là một trong những thực phẩm bổ sung được sử dụng phổ biến. Dựa trên ưu thế có nguồn protein chất lượng cao của phụ phẩm khô dầu Sacha inchi, việc nghiên cứu chế biến thành bột giàu protein là thiết thực. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các thông số công nghệ thích hợp cho quá trình khử tanin của nguyên liệu (bằng phương pháp nhiệt ẩm) là kích thước nghiền hạt thích hợp là 2-3 mm, nhiệt độ hấp 120°C và

thời gian hấp trong 20 phút. Sau khi khử được mùi vị ngái chát của khô dầu Sacha inchi, tiếp tục tách dịch với tỷ lệ nước/nguyên liệu là 3/1-4/1, nghiền lọc 3 lần. Dịch sau đó được sấy phun với các thông số nhiệt độ đầu vào 170-180°C, nhiệt độ đầu ra 70°C, tốc độ bơm nhập liệu 35-40 vòng/phút. Bột giàu protein thu hồi có các chỉ tiêu độ ẩm <10%, protein >40% và lipid >5%.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua nhiệm vụ KH&CN cấp Bộ: “Nghiên cứu công nghệ sản xuất dầu và bột giàu protein từ hạt Sacha inchi”. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Yuenyongputthakarn, et al. (2017), *A Study on Potential Application of Sacha Inchi Oil Extraction By-product in Functional Food Product Development*, Burapha University.
- [2] E.G.T. Sánchez, et al. (2021), “Sacha inchi oil press-cake: Physicochemical, characteristics, food-related applications and biological activity”, *Food Reviews International*, DOI: 10.1080/87559129.2021.1900231.
- [3] D.S. Kim, N. Joo (2019), “Nutritional composition of Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) as affected by different cooking methods”, *International Journal of Food Properties*, **22**(1), pp.1235-1241
- [4] M. Nadeem, et al. (2010), “An overview of anti-nutritional factors in cereal grains with special reference to wheat - A review”, *Pakistan Journal of Food Sciences*, **20**(1-4), pp.54-61.
- [5] S. Rawdkuen, et al. (2016), “Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and Sacha inchi seeds”, *Food Bioscience*, **15**, pp.64-71.
- [6] S. Suwanangul, et al. (2021), “Effects of thermal treatments on physico-chemical properties and antinutritional factor reductions of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) meal”, *Naresuan University Journal: Science and Technology*, **29**(3), DOI: 10.14456/nujst.2021.25.
- [7] S. Wang, et al. (2018), “Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses”, *Food Chemistry*, **265**, pp.316-328.
- [8] Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thị Hồng Minh (2017), “Xác định thành phần dinh dưỡng và tối ưu hóa điều kiện rang hạt Sacha inchi”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, **10**, tr.87-93.
- [9] Nguyễn Thị Trâm (2018), *Cây đậu núi Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) - Cây nhiệt đới lâu năm cho omega 3-6-9*, 159tr, Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Nghiên cứu sử dụng axit xitric trong giai đoạn sơ chế nhằm ổn định chất lượng sản phẩm hành tím sấy

Hoàng Thị Lệ Hằng¹, Nguyễn Đức Hạnh¹, Hoàng Thị Tuyết Mai¹, Nguyễn Thị Lại^{2*},
Phạm Hương Sơn², Nguyễn Minh Nam², Phạm Minh Khoa³, Lê Trung Tâm⁴

¹Viện Nghiên cứu Rau quả, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

²Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ

³Trường THPT chuyên Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁴Trung tâm Ứng dụng tiến bộ KH&CN, Sở KH&CN Sóc Trăng

Ngày nhận bài 5/7/2022; ngày chuyển phản biện 8/7/2022; ngày nhận phản biện 5/8/2022; ngày chấp nhận đăng 9/8/2022

Tóm tắt:

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm mục đích ổn định chất lượng sản phẩm hành tím (*Allium ascalonicum*) sấy khô ở giai đoạn sơ chế nguyên liệu. Tiến hành xử lý hành thái lát bằng cách ngâm trong dung dịch axit xitric với các nồng độ 0,05, 0,1 và 0,15% trong các khoảng thời gian 3, 5, 7 phút, công thức đối chứng không xử lý. Trên cơ sở phân tích các chỉ tiêu hóa lý và đánh giá cảm quan chất lượng sản phẩm sau sấy đã xác định được các thông số kỹ thuật xử lý hành tím sau khi thái lát là ngâm trong dung dịch acid xitric nồng độ 0,1% trong thời gian 5 phút. Việc xử lý này tạo cho sản phẩm hành tím sấy có chất lượng dinh dưỡng và cảm quan cao nhất, hàm lượng allicin và anthocyanin giữ lại được là tốt nhất (lần lượt đạt 445,8 mg/100 g chất khô và 62,7 mg/100 g chất khô).

Từ khóa: axit xitric, chống biến màu, hành tím sấy.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Hành tím là một trong những mặt hàng đặc sản của tỉnh Sóc Trăng, ngoài tác dụng làm thực phẩm cho các bữa ăn gia đình, hành tím còn rất tốt cho sức khỏe do chứa nhiều hoạt chất như vitamin C, vitamin B6, canxi..., đặc biệt là các hợp chất có hoạt tính sinh học như anthocyanin, allicin có tác dụng kháng oxy hóa mạnh, có khả năng hạn chế đột biến của tế bào ung thư, có tác dụng ngăn ngừa ung thư, hạ huyết áp, phòng ngừa bệnh tim mạch. Hành tím sấy được sử dụng làm gia vị trong nhiều món ăn khi chế biến trực tiếp, cũng như làm gia vị cho mì ăn liền, đồ hộp, bột gia vị..., là sản phẩm có thị trường tiêu thụ đa dạng và tiềm năng xuất khẩu rất lớn. Tuy nhiên, trong quá trình chế biến hành tím sấy một số thành phần dinh dưỡng cũng như các hoạt chất sinh học, đặc biệt thành phần anthocyanin và allicin rất dễ bị biến đổi, không những trong công đoạn chế biến nhiệt mà cả trong công đoạn sơ chế [1]. Hơn nữa, màu sắc của sản phẩm cũng bị biến đổi rất lớn, hành tím sau sấy thường bị sẫm màu, mất màu tím nên làm giảm giá trị cảm quan, từ đó làm giảm giá trị của sản phẩm.

Axit xitric (E330) là phụ gia thực phẩm an toàn, được sử dụng phổ biến trong công đoạn sơ chế, bảo quản thực phẩm nhằm ổn định chất lượng cho sản phẩm. Axit xitric có tác dụng làm giảm pH, bất hoạt các enzyme gây sẫm màu, đồng thời pH thấp cũng giúp ổn định màu tím cho anthocyanin. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng axit xitric trong công đoạn sơ chế để chống biến màu và ổn định chất lượng cho sản phẩm hành tím sấy là rất cần thiết nhằm xác định được nồng độ và thời gian xử lý thích hợp.

*Tác giả liên hệ: Email: orchidnlai@gmail.com

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Hành tím được trồng tại Vĩnh Châu, Sóc Trăng. Củ hành tím sau thu hái được phơi khô đến độ ẩm trên 80%; hàm lượng chất khô tổng số khoảng 14,6%Bx; anthocyanin 16,55 mg/100 g hành tươi (tương đương 91,03 mg/100 g chất khô) và allicin 137,5 mg/100 g hành tươi (tương đương với 756,33 mg/100 g chất khô).

Phương pháp nghiên cứu

Bố trí thí nghiệm:

- Thí nghiệm 1: Xác định nồng độ axit xitric xử lý thích hợp cho chế biến hành tím sấy. Hành tím sau khi được làm sạch và thái lát với độ dày 2 mm, được chia thành các mẫu có cùng khối lượng ($m=5$ kg), sau đó ngâm trong dung dịch axit xitric nồng độ 0,05, 0,1 và 0,15% trong thời gian 5 phút. Công thức đối chứng không xử lý. Các mẫu sau xử lý được để ráo và tiến hành sấy ở nhiệt độ 65°C cho đến khi độ ẩm hành sấy đạt khoảng 5%. Độ dày lớp sấy với khối lượng nguyên liệu: 5 kg/m². Tiến hành xác định sự thay đổi độ ẩm (%), hàm lượng allicin (mg/100 g), hàm lượng anthocyanin (mg/100 g), chất lượng cảm quan. Từ đó lựa chọn được nồng độ xử lý phù hợp.

- Thí nghiệm 2: Xác định thời gian xử lý axit xitric nhằm ổn định chất lượng hành tím sấy. Hành tím sau khi được làm sạch và thái lát với độ dày 2 mm, được xử lý bằng dung dịch axit xitric với nồng độ phù hợp (là kết quả của thí nghiệm 1) trong các khoảng thời gian khác nhau: 3, 5 và 7 phút. Các mẫu sau

Research on using citric acid in the preliminary processing stage for quality stability of dried red onion products

Thi Le Hang Hoang¹, Duc Hanh Nguyen¹,
Thi Tuyen Mai Hoang¹, Thi Lai Nguyen^{2*},
Huong Son Pham², Minh Nam Nguyen²,
Minh Khoa Pham³, Trung Tam Le⁴

¹Fruit and Vegetable Research Institute, VAAS

²National Center for Technological Progress, MOST

³High School for Gifted Students, University of Science,
Vietnam National University, Hanoi

⁴Center for Application of Advanced Science and Technology,
Soc Trang Provincial Department of Science and Technology

Received 5 July 2022; accepted 9 August 2022

Abstract:

This study aimed to stabilise the quality of dried red onion (*Allium ascalonicum*) product by using citric acid in the preliminary processing of raw materials. Sliced red onion was treated with 0.05, 0.1, and 0.15% citric acid at intervals of 3, 5, and 7 minutes, compared with the untreated sample. The analysis of physicochemical parameters and sensory evaluation of dry red onion products proved that sliced red onions soaked in 0.1% citric acid for 5 minutes have the best quality after drying. The product still retains the highest nutritional and sensory quality with allicin and anthocyanin content reaching 445.8 mg/100 g dry matter and 62.7 mg/100 g dry matter, respectively.

Keywords: anti-discolouration, citric acid, dried red onion.

Classification number: 4.1

xử lý được dễ ráo và tiến hành sấy ở nhiệt độ 65°C cho đến khi độ ẩm hành sấy đạt khoảng 5%. Độ dày lớp sấy với khối lượng nguyên liệu: 5 kg/m². Tiến hành xác định sự thay đổi hàm lượng allicin (mg/100 g), hàm lượng anthocyanin (mg/100 g), chất lượng cảm quan. Từ đó xác định được thời gian xử lý phù hợp.

Phương pháp phân tích:

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu lý hóa:

- Xác định độ ẩm: Bằng thiết bị đo độ ẩm nhanh ADAM - AMB 310 (Anh) theo nguyên tắc sấy mẫu đến độ ẩm không đổi ở 105°C.

- Xác định hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (TSS): Được xác định bằng chiết quang kế điện tử theo TCVN 4417-87.

- Xác định hàm lượng allicin (mg/100 g): Bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) với detector PDA.

Hàm lượng anthocyanin (mg/100 g) được xác định theo phương pháp pH vi sai [2].

Phương pháp cảm quan về chất lượng sản phẩm: Đánh giá cảm quan ở sản phẩm cuối cùng theo TCVN 3215-79. Trong đó hệ số trọng lượng của các chỉ tiêu màu sắc, cấu trúc, mùi, vị lần lượt là 1,0, 1,2, 1,2 và 0,6.

Phương pháp xử lý số liệu: Sử dụng phần mềm Excel để hệ thống hoá các thông tin, số liệu phục vụ phân tích, đánh giá. Các số liệu phân tích được xử lý thống kê bằng phần mềm SAS 9.0. Phân tích giả thiết thống kê theo ANOVA và các giá trị trung bình được so sánh bằng LSD ở mức p<0,05.

Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thời gian thực hiện: từ tháng 1 đến tháng 12/2020.

Địa điểm: Bộ môn Sinh lý, Sinh hóa và Công nghệ sau thu hoạch, Viện Nghiên cứu Rau quả.

Kết quả

Xác định nồng độ dung dịch axit xitric xử lý thích hợp cho chế biến hành tím sấy

Tiến hành thí nghiệm như bố trí ở thí nghiệm 1, sự thay đổi một số chỉ tiêu chất lượng của các mẫu hành sau sấy được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch axit xitric xử lý đến một số chỉ tiêu chất lượng chính của hành tím sau sấy.

Chỉ tiêu	Nồng độ axit xitric (%)			
	Đôi chứng	0,05	0,10	0,15
Độ ẩm (%)	5,17 ^a	5,22 ^a	5,19 ^a	5,17 ^a
Hàm lượng anthocyanin (mg/100 g chất khô)	57,9 ^c	58,5 ^b	62,8 ^a	63,2 ^a
Hàm lượng allicin (mg/100 g chất khô)	312,7 ^c	395,6 ^b	445,6 ^a	446,4 ^a

Ghi chú: trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$.

Kết quả thu được từ bảng 1 cho thấy:

Về độ ẩm: Với cùng thời gian sấy 15 giờ, độ ẩm của các mẫu nói chung không có sự khác biệt đáng kể. Điều đó cho thấy nồng độ axit có trong dung dịch xử lý không ảnh hưởng đến tốc độ bay hơi nước của hành tím trong quá trình sấy.

Đối với thành phần anthocyanin: Hàm lượng anthocyanin có ảnh hưởng trực tiếp đến màu sắc của sản phẩm, do anthocyanin tạo nên màu tím cho sản phẩm [3]. Hàm lượng anthocyanin có trong mẫu hành tím sấy tăng dần tỷ lệ thuận với nồng độ axit xitric xử lý. Khi xử lý axit xitric ở nồng độ 0,05 và 0,10%, hàm lượng anthocyanin có trong hành sấy tăng lên và có sự khác biệt rõ rệt giữa hai nồng độ axit xử lý. Tuy nhiên, khi tăng nồng độ axit từ 0,10 lên 0,15%, hàm lượng anthocyanin có trong hành sấy không có sự khác biệt về mặt thống

kê. Điều đó được giải thích là do anthocyanin là hợp chất khá phân cực (-H, -OH, -OCH₃), tan tốt trong dung môi phân cực là nước, ethanol, methanol, acetone... [4], nên trong quá trình xử lý một lượng nhỏ anthocyanin bị khuếch tán vào dung dịch ngâm, nhưng với thời gian ngâm rất ngắn (5 phút) thì lượng anthocyanin bị thất thoát này không nhiều và với ngưỡng nồng độ axit khảo sát từ 0,05-0,15% đã tạo cho hành tím thái lát một ngưỡng pH nhất định có tác dụng ổn định anthocyanin.

Về thành phần allicin: Tương tự như thành phần anthocyanin, hàm lượng allicin có trong các mẫu hành sau sấy tăng tỷ lệ thuận với nồng độ axit xử lý, tuy nhiên mức độ tăng giữa các mẫu là khác nhau. Cụ thể, hàm lượng allicin của mẫu được xử lý ở nồng độ axit 0,15% tuy cao nhất nhưng không sai khác có ý nghĩa so với mẫu xử lý ở nồng độ 0,1%, trong khi đó sự chênh lệch giữa mẫu 0,1 và 0,05% là khá lớn. Điều đó cho thấy, môi trường pH được tạo ra bởi axit xitric nồng độ 0,1% là đã có khả năng hạn chế sự phân huỷ của allicin có trong hành tím, kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu Wang Wei và cs (2010) [5] khi nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến sự ổn định của allicin cho thấy allicin ổn định nhất ở pH 3-5 và không ổn định ở pH 8-11.

Ngoài thành phần hoá học, các chỉ tiêu cảm quan cũng là một trong những yếu tố quyết định đến chất lượng của sản phẩm hành tím sấy, đặc biệt đối với các dạng sản phẩm gia vị. Tiến hành đánh giá chất lượng cảm quan của các mẫu sản phẩm hành tím sau sấy khi được xử lý ở các nồng độ axit xitric khác nhau. Kết quả được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ axit xitric xử lý trong quá trình sơ chế đến chất lượng cảm quan của sản phẩm hành tím sấy.

Chỉ tiêu	Nồng độ axit xitric (%)			
	Đối chứng	0,05	0,10	0,15
Cấu trúc (1.2)	4,50 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a
Màu sắc (1.0)	3,10 ^c	4,0 ^b	4,3 ^a	4,3 ^a
Mùi (1.2)	4,00 ^b	4,5 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a
Vị (0.6)	4,20 ^c	4,4 ^a	4,4 ^a	4,0 ^b
Tổng điểm có hệ số	15,82 ^d	17,44 ^c	17,86 ^a	17,62 ^b
Xếp loại	Khá	Khá	Khá	Khá

Ghi chú: trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$.

Kết quả bảng 2 cho thấy, các công thức đều có điểm đánh giá chất lượng cảm quan cao hơn đối chứng, trong đó có mẫu được xử lý bằng dung dịch axit xitric nồng độ 0,1 và 0,15% được đánh giá loại khá cao hơn mẫu xử lý ở nồng độ 0,05%.

Về cấu trúc: Không có sự khác biệt giữa các mẫu, điều này cho thấy axit xitric không ảnh hưởng đến cấu trúc của hành tím trong quá trình xử lý.

Về màu sắc: Điểm màu sắc của các mẫu tăng theo nồng độ axit xử lý. Điều này được giải thích là do axit xitric có tác

dụng thay đổi pH của các lát hành nên ổn định màu tự nhiên do thành phần anthocyanin tạo nên, đồng thời môi trường axit có tác dụng hạn chế sự hoạt động của hệ enzym PPO nên sẽ hạn chế quá trình biến màu của sản phẩm trong quá trình sấy [6]. Trên thực tế, mẫu được xử lý bằng dung dịch axit xitric có màu trắng ngà và không xuất hiện màu vàng, đồng thời vẫn giữ được màu tím đặc trưng của hành tím. Vì vậy, có thể ở pH thấp (nồng độ axit cao) sẽ góp phần hạn chế hoạt động của hệ enzym oxy hoá gây biến màu cho sản phẩm. Tuy nhiên, điểm màu sắc của mẫu được xử lý ở nồng độ 0,1 và 0,15% là như nhau.

Về mùi: Hành xử lý axit xitric ở các nồng độ khác nhau không có sự khác biệt rõ rệt về mùi, các mẫu đều có mùi thơm nhẹ, đặc trưng của hành, không còn mùi hăng cay như hành nguyên liệu và được đánh giá cao hơn công thức đối chứng.

Về vị: Điểm cảm quan về vị của sản phẩm của công thức đối chứng và công thức xử lý axit xitric nồng độ 0,05 và 0,10% không có sự khác biệt rõ rệt, các mẫu còn lại có vị tốt, đặc trưng của hành tím. Chỉ tiêu về vị của sản phẩm hành tím ở mẫu được xử lý axit nồng độ 0,15% thấp nhất, do sản phẩm có vị hơi chua.

Như vậy, xử lý bằng cách ngâm hành thái lát với dung dịch axit xitric nồng độ 0,05 và 0,10% không làm thay đổi vị của sản phẩm.

Từ các kết quả nghiên cứu từ bảng 1 và 2 cho thấy, hành tím sau thái lát được xử lý bằng phương pháp ngâm trong dung dịch axit xitric nồng độ 0,1% là phù hợp.

Xác định thời gian xử lý dung dịch axit xitric nhằm ổn định chất lượng hành tím sấy

Thời gian xử lý là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến khả năng ổn định chất lượng của hành tím trong quá trình sơ chế. Vì vậy, sau khi xác định được nồng độ của dung dịch axit xitric cần xử lý chúng tôi tiến hành xác định thời gian xử lý thích hợp. Thí nghiệm được tiến hành như bố trí ở thí nghiệm 2. Sự thay đổi một số chỉ tiêu chất lượng của các mẫu hành sau sấy được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian xử lý axit xitric đến một số chỉ tiêu chất lượng chính của hành tím sau sấy.

Chỉ tiêu	Thời gian xử lý (phút)		
	3	5	7
Độ ẩm (%)	5,21 ^a	5,20 ^a	5,18 ^a
Hàm lượng anthocyanin (mg/100 g chất khô)	58,2 ^b	62,7 ^a	63,1 ^a
Hàm lượng allicin (mg/100 g chất khô)	395,9 ^b	445,8 ^a	446,3 ^a

Ghi chú: trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$.

Kết quả bảng 3 cho thấy, độ ẩm của các mẫu có sự chênh lệch nhưng không đáng kể, điều này có thể giải thích là cho dù thời gian xử lý (ngâm) có sự chênh lệch nhau đáng kể tạo nên lượng dung dịch thẩm thấu vào hành tím tuy khác nhau nhưng

chúng vẫn ở dạng tự do nên trong thời gian sấy dài (15 giờ) chúng sẽ bị bay hơi do nhiệt nên không ảnh hưởng đến độ ẩm cuối cùng của sản phẩm. Đối với thành phần anthocyanin và allicin, hàm lượng anthocyanin và allicin có trong mẫu hành tím sấy tăng dần tỷ lệ thuận với thời gian xử lý. Tuy nhiên, các giá trị này không chênh lệch nhau đáng kể ở mẫu được xử lý ở 5 và 7 phút, trong khi mẫu được xử lý trong thời gian 3 phút có giá trị thấp hơn nhiều. Điều đó cho thấy, với thời gian xử lý ngắn (3 phút) mức độ thâm thấu của dung dịch axit xitric xử lý vào toàn bộ mẫu chưa triệt để so với thời gian xử lý dài hơn (5-7 phút). Điều này được giải thích là với ngưỡng nồng độ axit 0,1% trong thời gian 5-7 phút đã tạo một giới hạn pH phù hợp có tác dụng ổn định toàn bộ lượng anthocyanin và allicin trong các lát hành tím.

Để xác định thời gian xử lý thích hợp, chúng tôi tiếp tục tiến hành đánh giá chất lượng cảm quan của các mẫu sản phẩm hành tím sau sấy khi được xử lý trong các khoảng thời gian khác nhau. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian xử lý axit xitric trong quá trình sơ chế đến chất lượng cảm quan của sản phẩm hành sấy.

Chỉ tiêu	Thời gian xử lý (phút)		
	3	5	7
Cấu trúc (1,2)	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a
Màu sắc (1,0)	4,0 ^b	4,5 ^a	4,5 ^a
Mùi (1,2)	4,6 ^a	4,7 ^a	4,6 ^a
Vị (0,6)	4,4 ^a	4,5 ^a	4,2 ^b
Tổng điểm có hệ số	17,56 ^c	18,24 ^a	17,94 ^b
Xếp loại	Khá	Tốt	Khá

Ghi chú: trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$.

Kết quả bảng 4 cho thấy, các công thức đều có điểm đánh giá chất lượng cảm quan cao, trong đó có mẫu được xử lý trong thời gian từ 5 phút được đánh giá cao nhất (xếp loại tốt).

Về cấu trúc và mùi: Không có sự khác biệt giữa các mẫu, điều này cho thấy axit xitric không ảnh hưởng đến cấu trúc và mùi của hành trong quá trình xử lý.

Về màu sắc: Điểm màu sắc của các mẫu không có sự chênh lệch nhau đáng kể ở các mẫu có thời gian xử lý 5-7 phút. Điều đó cho thấy, với thời gian đủ để lượng dung dịch xử lý thâm thấu vào toàn bộ các lát hành tím (5-7 phút) thì màu sắc của sản phẩm hầu như chỉ phụ thuộc vào giá trị pH trong thịt các lát hành. Ngược lại, với thời gian xử lý ngắn, các lát hành chưa được xử lý triệt để nên

sẽ tạo cho sản phẩm sau sấy có màu sắc không đẹp (do một phần anthocyanin bị phân huỷ bởi nhiệt độ và sự nâu hoá do hoạt động của hệ enzym PPO).

Về mùi: Hành xử lý ở các công thức khác nhau không có sự khác biệt rõ rệt về mùi, các mẫu đều có mùi thơm nhẹ, đặc trưng của hành, không còn mùi hăng cay như hành nguyên liệu.

Từ các kết quả nghiên cứu ở bảng 3 và 4 cho thấy, với thời gian khảo sát 5-7 phút là có hiệu quả ổn định chất lượng và các chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm hành sau sấy. Xét về hiệu quả kinh tế chúng tôi chọn thời gian xử lý là 5 phút.

Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu thu được, chúng tôi rút ra kết luận như sau: Sử dụng axit xitric trong công đoạn sơ chế với nồng độ 0,1% trong thời gian 5 phút có tác dụng ổn định chất lượng cho sản phẩm hành tím sấy. Với chế độ này sản phẩm giữ được hàm lượng allicin và anthocyanin cao nhất đạt lần lượt là 445,8 mg/100 g chất khô và 62,7 mg/100 g chất khô, đồng thời tạo ra sản phẩm hành tím sấy có chất lượng cảm quan tốt nhất.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này thông qua đề tài mã số ĐTĐLCN-18/20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kazuya Hayashi, et al. (1996), "Stability of anthocyanins in various vegetables and fruits", *Food Science and Technology International*, **2(1)**, pp.30-33.
- [2] Huỳnh Thị Kim Cúc và cs (2004), "Xác định hàm lượng anthocyanin trong một số nguyên liệu rau quả bằng phương pháp pH vi sai", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, **3(7)**, tr.47-54.
- [3] Wentian Chen, et al. (2018), "Coupling effects of pre-heating time and extraction medium pH on red radish anthocyanin yield, glucosinolate degradation and off-odor removal", *International Journal of Food Science & Technology*, **53(3)**, pp.709-718.
- [4] Anna Marquez, et al. (2013), "Identification by HPLC-MS of anthocyanin derivatives in raisins", *Journal of Chemistry*, **2013**, pp.1-7.
- [5] Wang Wei, et al. (2010), "Study on the stability of allicin in the Saimaiti Garlic", *China Condiment*, **2**, pp.53-55.
- [6] P.M. Lee, et al. (1991), "Biochemical studies of cocoa bean polyphenol oxias", *Journal of Science and Food Agriculture*, **55**, pp.251-260.

Nghiên cứu bảo quản quả thanh long ruột đỏ bằng màng bao gói kháng khuẩn chứa Polyguanidine

Đặng Thảo Yên Linh^{1*}, Trương Thị Nguyệt Ánh, Chu Xuân Quang, Trần Hùng Thuận

Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/7/2022; ngày chuyển phản biện 5/7/2022; ngày nhận phản biện 25/7/2022; ngày chấp nhận đăng 29/7/2022

Tóm tắt:

Phương pháp bảo quản quả thanh long bằng các loại màng bao gói thông minh (đã được cải thiện về khả năng thấm nước, thấm khí) để cải tạo môi trường vi khí hậu trong bao gói được đánh giá là phương pháp phù hợp với điều kiện cơ sở vật chất tại Việt Nam và cho hiệu quả tốt nhất. Trong nghiên cứu này, quả thanh long ruột đỏ được bảo quản bằng màng bao gói kháng khuẩn (LLDPE-G) chế tạo trên cơ sở nhựa polyethylene mạch thẳng tỷ trọng thấp (LLDPE) kết hợp chất kháng khuẩn là polyme gốc guanidine (polyhexamethylen guanidine - PHMG). Mục tiêu của nghiên cứu là xác định được ảnh hưởng của tỷ lệ diện tích màng bao gói LLDPE-G/khối lượng nông sản (cm^2/g); nhiệt độ bảo quản ($^{\circ}\text{C}$) đến điều kiện cân bằng khí O_2 , CO_2 trong bao gói và chất lượng dinh dưỡng, cảm quan của quả thanh long ruột đỏ trong quá trình tồn trữ. Kết quả thực nghiệm đã xác định được tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng quả là $2,00 \text{ cm}^2/\text{g}$ và nhiệt độ bảo quản thích hợp là 6°C , tương ứng với trạng thái cân bằng môi trường vi khí hậu ở nồng độ khí O_2 khoảng 3,77% và CO_2 là 5,84%. Chất lượng quả thanh long ruột đỏ bảo quản ở điều kiện này được đánh giá sau 20 ngày tồn trữ, hao hụt khối lượng tự nhiên đạt 7,86%, quả vẫn giữ được màu đỏ đặc trưng (chỉ số a 50,55), chất khô hòa tan tổng số (TSS) đạt 14,56°Brix, hàm lượng vitamin C đạt 9,72 mg/100 g và đạt tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm về vi sinh theo quy định thực hành sản xuất nông nghiệp tốt (GAP).

Từ khóa: bảo quản, màng kháng khuẩn, polyme gốc guanidine, thanh long ruột đỏ.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Việt Nam là nước có diện tích và sản lượng thanh long lớn nhất châu Á và cũng là nước xuất khẩu thanh long hàng đầu thế giới. Sản lượng thanh long ở Việt Nam đạt khoảng 1,2 triệu tấn vào năm 2019 và dự kiến sẽ đạt 1,7 triệu tấn vào năm 2025. Năng suất trung bình hàng năm khoảng 22,7 tấn/ha. Hiện nay, lượng thanh long Việt Nam xuất khẩu lớn hơn rất nhiều so với tiêu thụ trong nước. Thanh long được xuất khẩu sang khoảng 40 quốc gia và vùng lãnh thổ khác nhau. Ngoài các thị trường truyền thống xuất khẩu thanh long như Trung Quốc, Thái Lan, Indonesia, Malaysia, Hà Lan và Đài Loan (Trung Quốc). Thanh long còn được xuất sang các thị trường khó tính như Mỹ, Ý, Nhật Bản, Singapore và đang xâm nhập một số thị trường mới như Ấn Độ, New Zealand, Úc và Chi Lê. Sản lượng quả tươi ước đạt 222,3 nghìn tấn. Qua đó có thể thấy rằng, thanh long là một loại trái cây chủ lực có năng suất sản lượng tốt, thị trường xuất khẩu cũng rất rộng mở [1]. Tuy nhiên, đặc trưng trái cây Việt Nam thuộc loại nhiệt đới, thêm vào đó thanh long cũng là loại quả có giá trị dinh dưỡng cao tạo điều kiện cho các vi sinh vật, côn trùng, sâu bọ phát triển gây hư hỏng. Do đó thời gian bảo quản sẽ rất ngắn, nếu không sử dụng chất bảo quản sinh học, hoặc bảo quản bằng những chất mà tiêu chuẩn cho phép, thời gian giữ trái tươi cũng chỉ được 4-5 ngày, còn khi sử dụng công nghệ, thời gian tối đa cũng chỉ gần 2 tuần. Theo như đánh giá đối với những phương pháp bảo quản đã được nghiên cứu và áp dụng cho bảo quản thanh long thì phương pháp bảo quản bằng các loại màng bao gói thông minh (đã được cải thiện về khả năng

thấm nước, thấm khí) để cải tạo môi trường vi khí hậu trong bao gói được đánh giá là phương pháp phù hợp với điều kiện cơ sở vật chất tại nước ta và cho hiệu quả tốt nhất. Vì vậy, việc tiếp tục nghiên cứu phát triển bảo quản thanh long bằng các loại màng bao gói này với các tính năng mới đã được phát triển là một hướng đi phù hợp trong giai đoạn hiện nay.

Gần đây, LLDPE-G trên cơ sở LLDPE kết hợp chất kháng khuẩn là polyme gốc guanidine PHMG có khả năng kháng khuẩn sử dụng cho bảo quản nông sản thực phẩm đã được chế tạo thành công. Qua đánh giá, nhận thấy đây là một loại bao bì phù hợp sử dụng cho bảo quản quả thanh long, bởi ngoài khả năng tạo môi trường vi khí hậu trong bao gói, loại màng này còn có thêm tính năng kháng khuẩn, thích hợp cho bảo quản các loại rau củ có giá trị dinh dưỡng cao. Tuy nhiên, do mỗi loại nông sản sẽ có cường độ hô hấp khác nhau, mỗi một loại màng bao gói khác nhau lại có độ thấm khí và thấm nước khác nhau, chính vì vậy, để có hiệu quả bảo quản tốt nhất thì các yếu tố về tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản và nhiệt độ bảo quản là những yếu tố cần được quan tâm nghiên cứu.

Nghiên cứu này góp phần đánh giá được hiệu quả bảo quản của một loại màng bao gói mới có khả năng kháng khuẩn đã được chế tạo thành công tại Trung tâm Công nghệ Vật liệu, đồng thời góp phần kéo dài thời gian bảo quản và đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm cho quả thanh long phục vụ tiêu dùng trong nước và xuất khẩu.

*Tác giả liên hệ: Email: dangthaoyenlinh@gmail.com

Research on preserving red flesh dragon fruit by antimicrobial packaging containing polyguanidin

Thao Yen Linh Dang*, Thi Nguyet Anh Tuong,
Xuan Quang Chu, Hung Thuan Tran

Center for Advanced Materials Technology,
National Center for Technological Progress

Received 1 July 2022; accepted 29 July 2022

Abstract:

The method of preserving dragon fruit with smart packaging films (improved in terms of water permeability and air permeability) to improve the microclimate in the packaging is evaluated as a suitable method for these condition facilities in Vietnam and gives the best efficiency. In this study, red flesh dragon fruit was packaged in antibacterial packaging film (LLDPE-G) made based on linear low-density polyethylene (LLDPE) combined with polyhexamethylene guanidine (PHMG). The objective of this study was to determine the effect of the ratio of LLDPE-G packaging film area/agricultural products' mass (cm^2/g), storage temperature ($^{\circ}\text{C}$) to oxygen and carbon dioxide balance in the package, and nutritional and sensory quality of red-flesh dragon fruit during storage. Experimental results showed that the packaging film area/fruit mass ratio is $2.00 \text{ cm}^2/\text{g}$, and the appropriate storage temperature is 6°C , corresponding to the equilibrium of the microclimate at $3.77\% \text{ O}_2$ gas concentration and $5.84\% \text{ CO}_2$ concentration. After 20 days of storage, the natural weight loss reached 7.86% , the fruit still retained its characteristics (with index a 50.55), total soluble solids (TSS) reached 14.56°Brix , vitamin C content reached $9.72 \text{ mg}/100 \text{ g}$. These indicators met the food hygiene and safety standards on microbiology according to regulations of good agricultural practices (GAP).

Keywords: antibacterial film, guanidine-based polymer, preservation, red flesh dragon fruit.

Classification number: 4.1

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Nguyên vật liệu

- LLDPE-G có khả năng kháng khuẩn $\geq 99\%$, độ dày $0,04 \text{ mm}$; kích thước $400 \times 300 \text{ mm}$ (chế tạo tại Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ).

- Quả thanh long sử dụng trong nghiên cứu là thanh long ruột đỏ được thu mua tại xã Cẩm Lĩnh, huyện Ba Vì, TP Hà Nội. Thời gian thu hoạch quả là 31-35 ngày sau khi nở hoa (khoảng 80% diện tích quả có màu hồng đặc trưng). Sau thu hoạch, quả được sơ chế và lựa chọn sao cho có kích thước và ngoại hình đồng đều với trọng lượng $600 \pm 10 \text{ g}/\text{quả}$. Sau đó được vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm trong vòng 2 giờ, rửa sạch bằng nước, làm khô tự nhiên chuẩn bị cho thí nghiệm.

Thiết bị và cơ sở nghiên cứu

- Thiết bị chính sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: cân phân tích Ohaus (Mỹ); chiết quang kế Digital Refractometer PR-101 (Nhật Bản); máy đo O_2 , CO_2 ICA 250 (Úc); tủ sấy Binder (Đức); tủ cấy vi sinh vật cấp II (Nhật Bản); nồi hấp vô trùng (Nhật Bản); máy khuấy từ; bình tam giác 100 ml ; pipetman AHN (Đức) $100-1.000 \mu\text{l}$; $1, 2$ và 5 ml ; bình định mức $10, 50, 100, 250$ và 500 ml ; ống nghiệm; ống định mức 50 ml ; giá để ống nghiệm; một số dụng cụ khác...

- Cơ sở nghiên cứu: Phòng thí nghiệm Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ.

Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm 1: Xác định tỷ lệ diện tích màng bao gói/ khối lượng nông sản và nhiệt độ bảo quản thích hợp cho bảo quản quả thanh long ruột đỏ:

- Yếu tố phi thí nghiệm: độ dày màng bao gói $0,04 \text{ mm}$, độ ẩm 95% .

- Yếu tố thí nghiệm: Từ các thí nghiệm khảo sát, chúng tôi lựa chọn được các giá trị tỷ lệ diện tích/khối lượng nông sản là 2 và $4 \text{ cm}^2/\text{g}$; nhiệt độ bảo quản $2, 4$ và 6°C .

- Các chỉ tiêu theo dõi: nồng độ khí O_2 , CO_2 trong bao gói, hao hụt khối lượng tự nhiên, màu sắc, TSS, vitamin C.

Thí nghiệm 2: So sánh chất lượng thanh long ruột đỏ khi bảo quản trong điều kiện thích hợp và điều kiện thông thường: thanh long ruột đỏ được bảo quản trong điều kiện thích hợp đã xác định được từ thí nghiệm 1 và so sánh với phương pháp bảo quản thông thường ở nhiệt độ 10°C .

Phương pháp phân tích

- Xác định thành phần khí O_2 , CO_2 sinh ra trong bao gói bằng máy đo O_2 , CO_2 ICA 250 (Úc) theo phương pháp tính.

- Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên bằng phương pháp cân, sử dụng cân phân tích có độ chính xác cao ($\pm 0,01 \text{ g}$).

- Xác định màu sắc bằng máy đo màu Konica Minolta (Nhật Bản).

- Xác định hàm lượng TSS bằng máy Digital Refractometer PR-101 của Hãng Atago (Nhật Bản) có dải giới hạn $0-50^{\circ}\text{Brix}$, độ chính xác $0,1$ (theo TCVN 7771:2007) [2].

- Xác định hàm lượng vitamin C theo TCVN 6427-2: 1998 (ISO 6557/2:1984) [3].

- Định lượng *Coliforms* theo TCVN 6848:2007 [4].

- Định lượng *E. coli* theo TCVN 7924-2:2008 [5].

Phương pháp xử lý số liệu

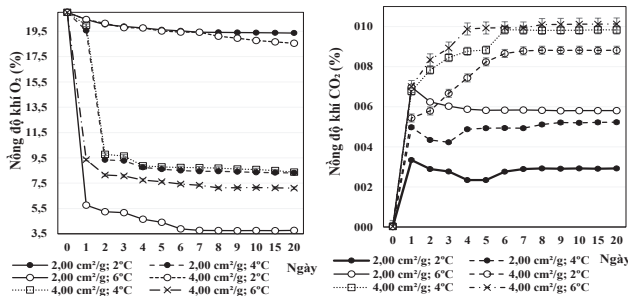
Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các lần lặp lại trong cùng thí nghiệm $p < 0,05$.

Kết quả và bàn luận

Sự thay đổi nồng độ khí O_2 và CO_2 trong quá trình bảo quản

Mỗi loại rau quả khác nhau đều có cường độ hô hấp khác nhau và mỗi loại màng khác nhau cũng có những đặc tính thẩm khí khác nhau. Vì vậy, khi sử dụng màng LLDPE-G cho bảo quản quả thanh

long ruột đỏ cần phải tìm ra được tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản và độ dày màng thích hợp để tạo được môi trường vi khí hậu trong bao gói, giúp giảm cường độ hô hấp của quả cũng như ức chế vi sinh vật phát triển gây hư hỏng dẫn đến tổn thất trong quá trình bảo quản. Nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, với nồng độ khí O_2 3,77% và CO_2 5,84% là điều kiện CA (khí quyển điều chỉnh) tối ưu cho bảo quản quả thanh long ruột đỏ [6]. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định được tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản và nhiệt độ bảo quản thích hợp để nồng độ khí trong bao gói đạt gần với giá trị mong muốn nhất. Kết quả theo dõi sự thay đổi nồng độ khí O_2 , CO_2 trong quá trình bảo quản ở các công thức khác nhau được thể hiện ở hình 1.

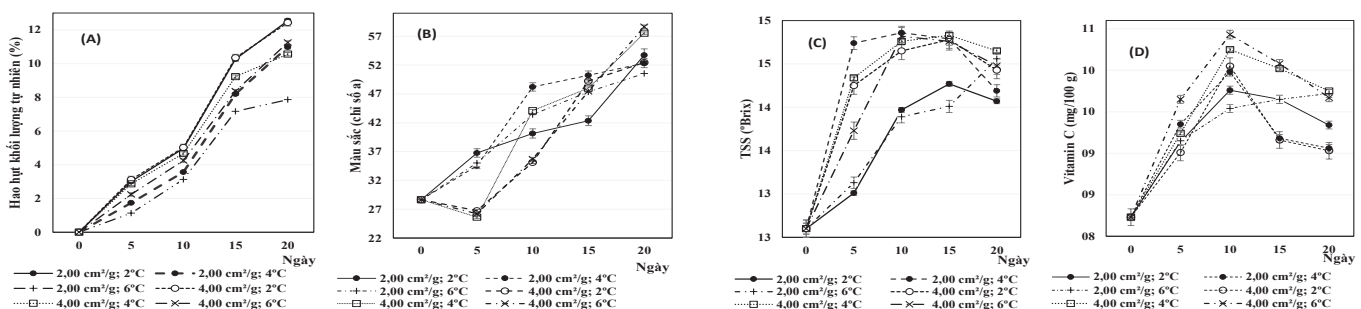


Hình 1. Sự thay đổi nồng độ khí O_2 , CO_2 trong quá trình bảo quản quả thanh long ruột đỏ ở các công thức khác nhau.

Kết quả hình 1 cho thấy, xu hướng chung ở tất cả các công thức là nồng độ khí O_2 giảm dần và CO_2 tăng dần trong bao gói. Điều này là do trong quá trình bảo quản, quả hô hấp tiêu thụ khí O_2 và thải ra CO_2 . Do mỗi công thức có tỷ lệ bao gói/khối lượng nông sản và nhiệt độ bảo quản khác nhau nên nồng độ khí O_2 và CO_2 có trạng thái cân bằng khác nhau. Trạng thái cân bằng bắt đầu đạt được ở ngày thứ 6-7 của quá trình bảo quản. Trong đó, công thức bảo quản quả thanh long ruột đỏ với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản là 6°C cho nồng độ khí trong bao gói đạt gần giá trị mong muốn nhất, tương ứng với nồng độ khí O_2 là 3,77% và CO_2 là 5,84%.

Sự thay đổi chất lượng của quả thanh long ruột đỏ trong quá trình bảo quản

Để tìm ra được tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản cũng như nhiệt độ bảo quản thích hợp một số chỉ tiêu bao gồm: hao hụt khối lượng tự nhiên, màu sắc quả, TSS và vitamin C là những chỉ tiêu được quan tâm theo dõi. Kết quả được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Sự thay đổi chất lượng quả thanh long ruột đỏ trong quá trình bảo quản ở các công thức khác nhau.

Kết quả ở hình 2 cho thấy:

- Hao hụt khối lượng tự nhiên (hình 2A): Tổn thất sau thu hoạch của rau quả nói chung và quả thanh long ruột đỏ nói riêng là do sự hao hụt khối lượng và chất lượng. Vì khó xác định chính xác sự hao hụt khối lượng do hô hấp của quả, nên hao hụt khối lượng tự nhiên thường được sử dụng để đánh giá gián tiếp sự tổn thất của rau quả sau thu hoạch. Kết quả hình 2A cho thấy, tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên của quả thanh long ruột đỏ tăng dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các công thức. Tuy nhiên, ở cùng một nhiệt độ bảo quản, nếu tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản tăng thì hao hụt khối lượng tự nhiên của quả tăng. Cụ thể, quả thanh long ruột đỏ được bảo quản ở cùng nhiệt độ là 6°C với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g có hao hụt khối lượng tự nhiên sau 20 ngày bảo quản đạt 7,86%. Tuy nhiên ở cùng nhiệt độ bảo quản, nếu tăng tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản lên 4,00 cm²/g thì hao hụt khối lượng của quả là 11,25% sau 20 ngày bảo quản.

- Màu sắc của quả (hình 2B): Quả thanh long ruột đỏ sau thu hoạch màu sắc sẽ tiếp tục biến đổi do vẫn còn diễn ra hoạt động sống. Trong 3 chỉ số màu sắc (L, a, b) chỉ số a trực tiếp thể hiện màu đỏ của quả thanh long ruột đỏ, giá trị của chỉ số a trên trục tọa độ là từ -60 đến +60, chỉ số này đạt giá trị càng lớn thì quả càng có màu thiên về đỏ. Kết quả thí nghiệm cho thấy, tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản và nhiệt độ bảo quản ảnh hưởng đến sự thay đổi màu sắc của quả thanh long ruột đỏ trong quá trình bảo quản. Ở tất cả các công thức, chỉ số a của quả tăng dần, chứng tỏ màu đỏ của quả tăng dần trong quá trình bảo quản, điều này có thể giải thích là do trong quá trình bảo quản quả tiếp tục chín do còn hoạt động hô hấp và lượng betacyanin (chất tạo màu đỏ đặc trưng của quả thanh long) đã được chứng minh là tăng theo mức độ chín của quả nên chỉ số a của quả tăng lên [7]. Quả được bảo quản tại công thức với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ 6°C cho sự biến đổi màu sắc diễn ra chậm nhất, sau 20 ngày bảo quản chỉ số a của quả vẫn đạt 50,55. Trong khi tại công thức tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 4,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản là 6°C chỉ số a của quả sau 20 ngày bảo quản là 58,65.

- TSS: Cùng với sự thay đổi màu sắc bên ngoài chất lượng dinh dưỡng của quả thanh long ruột đỏ cũng thay đổi trong thời gian bảo quản. Kết quả hình 2C cho thấy, TSS của quả cũng biến động khác nhau tùy vào từng công thức bảo quản. TSS ở các công thức đều tăng lên từ ngày bảo quản đầu tiên đến ngày thứ 15 do quả vẫn

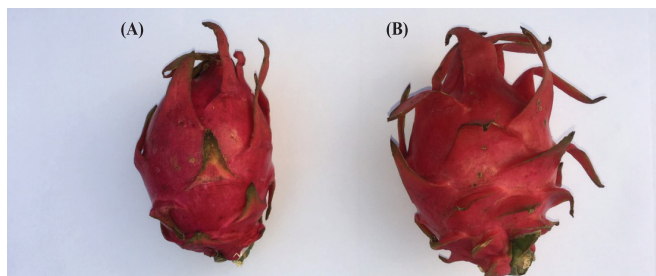
tiếp tục hô hấp trong quá trình bảo quản, đường được tích tụ do sự phân giải tinh bột và thủy phân hemicellulose tạo thành các đường xilose, manose... [8]. Đến ngày thứ 20 thì TSS ở các công thức đều giảm, duy chỉ có công thức bảo quản quả với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản là 6°C là TSS vẫn tăng đạt 14,56° Brix. Sự biến động về TSS của quả có liên quan chặt chẽ với quá trình hô hấp của quả, có thể nói rằng, với diện tích bao gói và nhiệt độ bảo quản thích hợp đã giúp hô hấp của quả được duy trì ở mức tốt nhất hạn chế sự chuyển hóa gây mất các chất dinh dưỡng trong quả.

- Vitamin C: Hàm lượng vitamin C của quả thanh long ruột đỏ cũng thay đổi trong quá trình bảo quản. Trong khi hàm lượng vitamin C trong quả ở các công thức đều có xu hướng giảm vào ngày thứ 15 của quá trình bảo quản thì hàm lượng vitamin C trong quả ở công thức tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản là 6°C vẫn được duy trì và chưa có dấu hiệu giảm (hình 2D). Do đó có thể thấy rằng, xu hướng biến đổi hàm lượng vitamin C của quả thanh long ruột đỏ ở công thức này cũng chậm hơn ở các công thức còn lại.

Tổng hợp các kết quả thu được có thể kết luận rằng, tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản 6°C là phù hợp cho bảo quản quả thanh long ruột đỏ. Với điều kiện bao gói này, nồng độ khí O₂ và CO₂ trong bao gói có thể duy trì được trạng thái cân bằng gần nhất với điều kiện tối ưu mong muốn, tương ứng với nồng độ khí O₂ khoảng 3,77% và CO₂ là 5,84%. Nồng độ khí được duy trì ở mức thích hợp đã làm chậm hô hấp của quả, giúp duy trì được chất lượng dinh dưỡng của quả trong quá trình bảo quản.

Xác định được chất lượng vi sinh của quả thanh long ruột đỏ khi bảo quản trong điều kiện thích hợp

Nhận thấy rằng, bảo quản quả thanh long ruột đỏ bằng LLDPE-G ứng dụng kỹ thuật MAP ở điều kiện thích hợp với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2,00 cm²/g và nhiệt độ bảo quản ở 6°C đã tạo được ra trong bao gói môi trường vi khí hậu thích hợp để ức chế quá trình hô hấp của quả thanh long ruột đỏ khiến hàm lượng một số chất dinh dưỡng không bị mất đi quá nhiều cho hoạt động hô hấp, đồng thời việc duy trì nồng độ khí CO₂ phù hợp cũng đã tránh được việc xảy ra tình trạng hô hấp yếm khí làm biến đổi nhanh chóng các chất dinh dưỡng giúp chất lượng dinh dưỡng của quả được duy trì tốt hơn so với phương pháp bảo quản thông thường với độ dày bao gói và diện tích không được tính toán điều chỉnh phù hợp. Thêm vào đó, một đặc tính quan trọng của LLDPE-G chính là đặc tính kháng khuẩn, đặc biệt là khả năng giữ thực phẩm được bao gói không bị nhiễm các vi sinh vật gây bệnh. Quả thanh long ruột đỏ là một loại quả tươi giàu dinh dưỡng, chính đặc điểm này



Hình 3. Quả thanh long ruột đỏ sau 20 ngày bảo quản trong điều kiện thường (A) và điều kiện thích hợp đã xác định (B).

là một trong các nguyên nhân làm cho chúng mau biến đổi hư hỏng do hoạt động của vi sinh vật. Vì vậy, bên cạnh giá trị về dinh dưỡng của quả sau bảo quản, chất lượng vi sinh của quả thanh long ruột đỏ sau 20 ngày bảo quản tiếp tục được kiểm nghiệm để đánh giá hiệu quả kháng khuẩn của màng sử dụng trong bao gói. Kết quả được trình bày ở hình 3 và bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu vi sinh của quả thanh long ruột đỏ sau 20 ngày bảo quản.

Điều kiện bảo quản	Chỉ tiêu vi sinh vật	Đơn vị	Kết quả	Giới hạn cho phép (GAP)	Đánh giá
Thích hợp đã xác định	<i>E. coli</i>	CFU/g	1	200	Đạt
	<i>Coliforms</i>	CFU/g	5	10	Đạt
Thường	<i>E. coli</i>	CFU/g	53	200	Đạt
	<i>Coliforms</i>	CFU/g	78	10	Không đạt

Vi khuẩn *Coliforms* và *E. coli* là một trong những chỉ tiêu được sử dụng để đánh giá chất lượng nước và thực phẩm. Kết quả bảng 1 cho thấy, quả thanh long ruột đỏ được bao gói bằng LLDPE-G duy trì được chất lượng vi sinh đối với 2 chủng vi khuẩn này sau 20 ngày bảo quản. Kết quả kiểm nghiệm cũng cho thấy chất lượng vi sinh của quả thanh long ruột đỏ đáp ứng được theo tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm quy định tại thực hành sản xuất nông nghiệp tốt (GAP). Trong khi đó, quả thanh long ruột đỏ được bảo quản bằng màng bao gói thông thường có chất lượng *Coliform* không đạt tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm theo quy định GAP khi lượng *E. coli* sau bảo quản là 53 CFU/g còn *Coliforms* là 78 CFU/g.

Kết luận

Kết quả đã bước đầu chứng minh được hiệu quả bảo quản của màng kháng khuẩn LLDPE-G trong bảo quản nông sản tươi, cụ thể là quả thanh long ruột đỏ. Sử dụng LLDPE-G với tỷ lệ diện tích màng bao gói/khối lượng nông sản là 2 cm²/g và nhiệt độ bảo quản ở 6°C giúp giảm tỷ lệ thối hỏng, duy trì giá trị dinh dưỡng, tiêu diệt các vi sinh vật gây bệnh thực phẩm và kéo dài thời gian bảo quản của quả thanh long ruột đỏ được 20 ngày (hơn 5 ngày so với phương pháp bảo quản lạnh thông thường ở 10°C).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Minh Phúc (2020), “Hướng đi mới cho thanh long ruột đỏ tỉnh Vĩnh Long”, *Bản tin Khoa học và Công nghệ Vĩnh Long*, 1, tr.37-38.
- [2] TCVN 7771:2007 (ISO 2173:2003) - Sản phẩm rau, quả - Xác định chất rắn hoà tan - Phương pháp khúc xạ.
- [3] TCVN 6427-2:1998 (ISO 6557/2:1984) - Rau quả và các sản phẩm rau quả - Xác định hàm lượng axit ascorbic - Phần 2: Phương pháp thông dụng.
- [4] TCVN 6848:2007 (ISO 4832:2007) - Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi - Phương pháp định lượng *Coliforms* - Kỹ thuật đếm khuẩn lạc.
- [5] TCVN 6846:2007 (ISO 7251:2005) - Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi - Phương pháp phát hiện và định lượng *Escherichia coli* giả định - Kỹ thuật đếm số có xác suất lớn nhất.
- [6] Phạm Anh Tuấn, Vũ Thị Nga (2016), “Tối ưu hóa một số thông số công nghệ bảo quản quả thanh long bằng kỹ thuật bao gói khí điều biến”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 54(4A), tr.314-322.
- [7] W. Liaotrakoon (2013), *Characterization of Dragon fruit (Hylocereus spp.) Components with Valorization Potential*, PhD thesis, Ghent University, Belgium, 32pp.
- [8] H.D. Belitz, W. Grosch (1992), *Food Chemistry*, Springer.

Phân lập, tuyển chọn chủng *Streptomyces* sp. và vi nấm *Trichoderma* sp. đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê ở tỉnh Đắk Nông

Nguyễn Bá Thọ*, Trương Minh Ngọc, Đỗ Thị Mai Trinh, Nguyễn Đào Thanh Hương, Lê Thanh Bình, Nguyễn Thị Liên, Hồ Thị Nguyệt, Lê Thị Huyền

Chi nhánh Viện Ứng dụng Công nghệ tại TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 4/7/2022; ngày chuyển phản biện 8/7/2022; ngày nhận phản biện 21/7/2022; ngày chấp nhận đăng 26/7/2022

Tóm tắt:

Bệnh thán thư (Anthracnose) hay còn gọi là bệnh khô cành, khô quả là một trong những bệnh gây hại nghiêm trọng trên cây cà phê. Phòng trừ bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê bằng biện pháp sinh học là giải pháp cần thay thế trong việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học. Nghiên cứu được tiến hành nhằm tuyển chọn được chủng *Streptomyces* và *Trichoderma* có khả năng đối kháng mạnh với vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê. Kết quả nghiên cứu đã tuyển chọn được 1 chủng xạ khuẩn ĐR9S2 có khả năng đối kháng cao với vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 sau 8 ngày bằng phương pháp đối kháng trực tiếp và khuếch tán qua lỗ thạch, hiệu quả đối kháng và vòng vô khuẩn đạt lần lượt là 71,85% và 28,63 mm; 1 chủng nấm *Trichoderma* ĐR10T8 có hiệu quả đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 sau 5 ngày là 100%. Kết quả phân tích trình tự gen của chủng xạ khuẩn ĐR9S2 là *Streptomyces hiroshimensis* và vi nấm ĐR10T8 là *Trichoderma viride*.

Từ khóa: bệnh thán thư, cà phê, *Colletotrichum*, *Streptomyces*, *Trichoderma*.

Chỉ số phân loại: 4.6

Đặt vấn đề

Cà phê (*Coffea* spp.) là cây trồng chủ lực của Việt Nam, dù vậy sản xuất cà phê đang chịu nhiều ảnh hưởng của dịch bệnh, trong đó bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê do nấm *Colletotrichum* sp. gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến năng suất và chất lượng của cà phê. Một số nghiên cứu đã ghi nhận có nhiều loài *Colletotrichum* gây bệnh khô cành, khô quả trên cà phê, như: *C. asianum*, *C. fructicola*; *C. siamense*, *C. cuscatae*, *C. fragariae*, *C. theobromicola*, *C. gigasporum*, *C. costaricense*, *C. queenslandicum*... [1-6].

Để hạn chế và phòng trừ bệnh do nấm *Colletotrichum* sp. trên cây cà phê người nông dân đã sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học, biện pháp này có hiệu quả nhanh trong kiểm soát bệnh, tuy vậy biện pháp này không bền vững, gây ảnh hưởng xấu đến môi trường và sức khỏe người nông dân, giảm giá trị xuất khẩu cà phê. Để phát triển cây cà phê bền vững, an toàn với môi trường, thì biện pháp sinh học đang được quan tâm, trong đó sử dụng vi sinh vật là một trong những biện pháp hiệu quả nhất.

Nghiên cứu chủng xạ khuẩn *Streptomyces* và nấm *Trichoderma* đối kháng với nấm bệnh rất có triển vọng do chúng đều có khả năng tiết các sản phẩm hữu cơ kháng nấm bệnh [7, 8]. Nghiên cứu của A.C.F. Soares và cs (2006) [9] đã phân lập được chủng *Streptomyces* có khả năng đối kháng với nấm *Curvularia eragrostides* và *Colletotrichum gloeosporioides* gây bệnh trên cây khoai mỡ. Các chủng *Streptomyces* phân lập ở Kenya đã được chứng minh có khả năng đối kháng với nấm *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* spp. và *Colletotrichum kahawae* gây bệnh trên cây trồng [10]. Kết quả nghiên cứu vi nấm *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma longibrachyatum* của A.J. Deshmukh và cs (2010) [11] đã xác định các chủng nấm trên là một tác nhân

kiểm soát sinh học hiệu quả trong việc quản lý bệnh thán thư trên cây trồng do nấm *Colletotrichum gloeosporioides* gây ra. Dịch môi trường nuôi cấy của chủng vi nấm *Trichoderma pseudokoningii* có hiệu quả đối kháng với nấm bệnh *Colletotrichum capsici* (65,01%), *Sclerotinia sclerotiorum* (62,82%), *Rhizoctonia solani* (50,22%) và *Fusarium oxysporum* (34,53%) [12]. Do đó, nghiên cứu nhằm chọn lựa những chủng *Streptomyces* và nấm *Trichoderma* có khả năng kiểm soát mạnh với vi nấm *Colletotrichum* gây bệnh khô cành, khô quả trên cà phê đã được thực hiện.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

Chủng vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê được phân lập trên mẫu bệnh thu nhận tại tỉnh Đắk Nông [13].

Các chủng xạ khuẩn *Streptomyces* và nấm *Trichoderma* được phân lập từ 18 mẫu đất thu thập từ các vườn cà phê khỏe mạnh và đất tại khu vực rừng nguyên sinh Tà Đùng, tỉnh Đắk Nông.

Phương pháp nghiên cứu

Phân lập và sàng lọc các chủng có khả năng là xạ khuẩn *Streptomyces*: Các mẫu đất được pha loãng trong nước muối 0,85% được khử trùng đến các nồng độ khác nhau từ 10^{-1} đến 10^{-6} . Cây trái mẫu ở các nồng độ pha loãng trên đĩa petri có chứa môi trường Gause-1 [14]. Nuôi ở nhiệt độ 30°C trong vòng 4-7 ngày để thu được các khuẩn lạc riêng lẻ. Trên mỗi mẫu đất, khuẩn lạc của xạ khuẩn được cấy 3 lần lặp lại sang đĩa Petri chứa môi trường Gause-1 để làm thuần. Xác nhận dòng xạ khuẩn *Streptomyces* sp. dựa trên các đặc điểm hình thái và vi thể của các dòng xạ khuẩn phân lập.

*Tác giả liên hệ: Email: nguyenvbatho0705@gmail.com

Isolation and selection of *Streptomyces* sp. species and *Trichoderma* sp. species against coffee berry disease by *Colletotrichum* sp. CC1.5 in Dak Nong province

Ba Tho Nguyen*, Minh Ngoc Truong, Thi Mai Trinh Do,
Dao Thanh Huong Nguyen, Thanh Binh Le,
Thi Lien Nguyen, Thi Nguyet Ho, Thi Huyen Le

National Center for Technological Progress, Ho Chi Minh Branch

Received 4 July 2022; accepted 26 July 2022

Abstract:

Anthrachnose is one of the serious diseases on coffee trees. Prevention of coffee berry disease on coffee trees by biological measures is an alternative solution to the use of chemical pesticides. The study aims to select strains of *Streptomyces* and *Trichoderma* with strong antagonistic ability against *Colletotrichum* sp. CC1.5 fungus causing coffee berry disease. Results revealed that an actinomycete strain DR92S showed a high ability to antagonize *Colletotrichum* sp. CC1.5 after 8 days by direct antagonism and diffusion through agar holes, with the antagonism efficiency and inhibition zone of 71.85% and 28.63 mm, respectively. A strain of *Trichoderma* DR10T8 showed 100% inhibitory effects against *Colletotrichum* sp. CC1.5 after 5 days of treatment. The gene sequence analyses exhibited that the closest genetic relationships of the actinomycete strain DR92S and the fungal strain DR10T8 were *Streptomyces hiroshimensis* and *Trichoderma viride*, respectively.

Keywords: Anthracnose, *coffea* spp., *Colletotrichum*, *Streptomyces*, *Trichoderma*.

Classification number: 4.6

Phương pháp đối kháng trực tiếp: Được thực hiện theo mô tả của D. Dhanasekaran và cs (2012) [15]. Quan sát sự hình thành vùng kháng nấm sau 4 và 8 ngày nuôi cấy. Hiệu suất ức chế của xạ khuẩn đến sự phát triển của vi nấm theo công thức sau:

$$H = (R - r)/R \times 100$$

trong đó: H là hiệu suất đối kháng của xạ khuẩn (%); R là bán kính của hệ sợi nấm đối chứng (cm); r là bán kính của hệ sợi nấm trên đĩa có chủng xạ khuẩn (cm).

Phương pháp đối kháng gián tiếp: Nuôi cấy lác 100 vòng/phút chủng *Streptomyces* trên môi trường lỏng Gause 1 ở nhiệt độ 30°C. Sau đó ly tâm (8.000 vòng/phút trong 5 phút) để loại bỏ sinh khối thu dịch nổi. Nuôi cấy nấm bệnh *Colletotrichum* sp. CC1.5 trong môi trường PDA lỏng, pha loãng để đạt nồng độ 10^5 CFU/ml. Hút 100 µl dịch nuôi cấy chứa *Colletotrichum* sp. CC1.5 trải đều trên đĩa petri chứa môi trường PDA. Tạo những giếng nhỏ có đường kính 8 mm. Nhỏ 100 µl dịch nuôi cấy các chủng *Streptomyces* đối kháng đã

loại sinh khối. Ủ đĩa ở 4°C trong 15 phút, cho dịch trong giếng khuếch tán. Sau đó ủ ở nhiệt độ $28 \pm 2^\circ\text{C}$ trong 7 ngày cho nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 phát triển. Chủng xạ khuẩn nếu có khả năng sinh ra chất kháng khuẩn để ức chế *Colletotrichum* sp. CC1.5 sẽ xuất hiện vòng kháng khuẩn xung quanh lỗ thạch. Đo kích thước vòng vô khuẩn xung quanh giếng.

Kích thước vòng vô khuẩn = D-d.

trong đó, D là đường kính vòng đối kháng (mm); d là đường kính lỗ (mm).

Thí nghiệm được lặp lại 3 lần đối với mỗi chủng xạ khuẩn cần chọn lọc.

Phân lập và sàng lọc các chủng có khả năng là vi nấm *Trichoderma*: Các mẫu đất được sấy khô ở 50°C trong 48 giờ, sau đó được pha loãng trong nước muối 0,85% được khử trùng đến các nồng độ khác nhau từ 10^{-1} đến 10^{-6} . Lấy 0,5 ml dung dịch pha loãng nhỏ lên trên đĩa môi trường chứa môi trường PDA và ủ ở 28°C trong 72 giờ. Chọn những tảo nấm rời, có hình thái đặc trưng của nấm *Trichoderma* cấy chuyển sang môi trường PDA mới [16].

Phương pháp đối kháng trực tiếp: Cấy nấm bệnh *Colletotrichum* sp. CC1.5 và các chủng vi nấm *Trichoderma* tiềm năng trên 2 điểm đối xứng nhau qua tâm đĩa petri, các điểm cấy cách mép đĩa 1,5 cm. Đối chứng là đĩa chỉ được cấy riêng nấm bệnh, ủ ở nhiệt độ $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Theo dõi sự phát triển của nấm đối kháng với nấm bệnh sau 3-5 ngày ở nhiệt độ $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Hiệu suất ức chế của chủng vi nấm *Trichoderma* sp. đến sự phát triển của nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 theo công thức sau:

$$H = (R - r)/R \times 100$$

trong đó: H là hiệu suất đối kháng của vi nấm *Trichoderma* (%); R là bán kính của hệ nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 (cm); r là bán kính của vi nấm *Trichoderma* trên đĩa có chủng vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 (cm).

Phương pháp đối kháng gián tiếp: Nuôi cấy lác (100 vòng/phút) chủng vi nấm tiềm năng trên môi trường PDA lỏng trong 8 ngày. Sau đó ly tâm (8.000 vòng/phút trong 5 phút) để loại bỏ sinh khối thu dịch nổi. Nuôi cấy nấm bệnh *Colletotrichum* sp. CC1.5 trong môi trường PDA lỏng, pha loãng để đạt nồng độ 10^5 CFU/ml. Hút 100 µl dịch nuôi cấy chứa *Colletotrichum* sp. CC1.5 trải đều trên đĩa petri chứa môi trường PDA. Tạo những giếng nhỏ có đường kính 8 mm. Nhỏ 100 µl dịch nuôi cấy các chủng vi nấm đối kháng đã loại sinh khối. Ủ đĩa ở 4°C trong 15 phút cho dịch trong giếng khuếch tán. Sau đó ủ ở nhiệt độ $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Sau 5 ngày, khả năng đối kháng được đánh giá thông qua kích thước vòng vô khuẩn. Kích thước vòng vô khuẩn được tính theo công thức sau:

$$\text{Kích thước vòng đối kháng} = D-d$$

trong đó: D là đường kính vòng đối kháng (mm); d là đường kính lỗ thạch (mm).

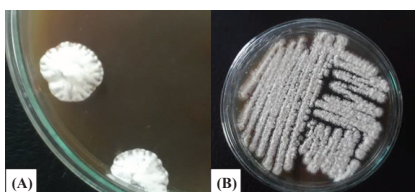
Thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

Định danh *Streptomyces* và *Trichoderma* bằng phương pháp sinh học phân tử: Chủng *Streptomyces* được định danh bằng phương pháp định danh giải trình tự đoạn 16S rDNA bằng cặp mồi 9F/1541R [17]. Đối với nấm *Trichoderma* được định danh bằng phương pháp giải trình tự đoạn ITS1/ITS4 với cặp mồi V9G/LS266 [18].

Kết quả và bàn luận

Phân lập, tuyển chọn chủng *Streptomyces* có khả năng đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5

Tất cả 18 mẫu đất lấy từ vườn cà phê khỏe mạnh trong vùng bị bệnh và mẫu đất ở rừng tự nhiên, đã phân lập và làm thuần được 20 chủng mang đặc điểm hình thái của *Streptomyces* như khuẩn lạc khô và có hình dạng phóng xạ (hình 1).



Hình 1. Khuẩn lạc xạ khuẩn trên môi trường Gause I. (A) Khuẩn lạc chủng ĐR9S2 sau 4 ngày nuôi cấy; (B) Chủng ĐR9S2 sau 7 ngày nuôi cấy.

Khả năng đối kháng chủng vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 của các chủng xạ khuẩn *Streptomyces* phân lập được xác định thông qua hiệu quả ức chế và kích thước vòng kháng vô khuẩn (bảng 1).

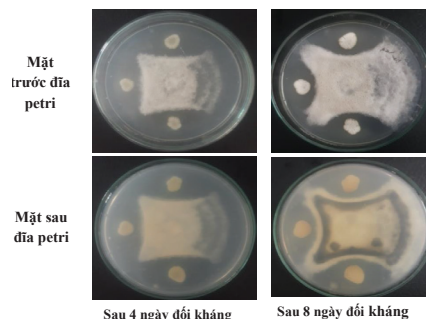
Bảng 1. Khả năng đối kháng nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 của một số chủng *Streptomyces* phân lập.

STT	Tên chủng	Đối kháng trực tiếp		Đối kháng gián tiếp (D-d, mm)
		Hiệu quả ức chế sau 4 ngày (%)	Hiệu quả ức chế sau 8 ngày (%)	
1	ĐR1S1	65,22 ^{hi} ±1,59	62,96 ^h ±1,13	26,90 ^{gh} ±0,71
2	ĐR3S3	55,56 ^{def} ±1,13	57,04 ^b ±0,56	24,47 ^{fg} ±0,07
3	ĐR7S2	62,67 ^{gh} ±0,49	54,07 ^{gh} ±2,34	23,63 ^h ±0,70
4	ĐR9S2	66,67 ^h ±1,13	71,85 ^a ±0,67	28,63 ^b ±0,31
5	ĐR9S6	56,25 ^{efg} ±2,17	51,85 ^{fg} ±1,48	23,17 ^{ef} ±1,07
6	ĐR10S4	68,12 ^a ±2,54	67,41 ^k ±0,59	27,57 ^a ±0,28
7	ĐR11S5	53,62 ^{def} ±0,97	43,70 ^{abcd} ±1,22	19,47 ^{cd} ±1,77
8	ĐR15S4	49,31 ^{abcde} ±3,24	47,41 ^{cdef} ±1,43	10,63 ^a ±1,50
9	ĐR12S5	49,27 ^{abcde} ±1,11	56,30 ^b ±0,59	24,33 ^{fg} ±1,01
10	ĐR15S3	49,27 ^{abcde} ±2,23	41,48 ^{ab} ±0,78	14,63 ^b ±0,33
11	ĐR17S4	48,61 ^{abcd} ±2,18	42,96 ^{abc} ±0,21	16,90 ^{bc} ±1,18
12	ĐV1S3	50,67 ^{cde} ±1,32	40,74 ^a ±1,09	17,97 ^{cd} ±0,99
13	ĐV2S5	59,42 ^{gh} ±3,07	42,96 ^{abc} ±2,11	18,50 ^{cd} ±0,20
14	ĐV4S1	52,78 ^{def} ±1,35	48,12 ^{def} ±1,26	14,40 ^a ±0,83
15	ĐV8S6	57,97 ^{fg} ±1,15	48,88 ^{ef} ±1,51	20,80 ^{de} ±0,78
16	ĐV10S4	50,00 ^{bcd} ±3,95	45,93 ^{bcd} ±2,65	18,93 ^{cd} ±0,52
17	ĐV11S3	44,93 ^{abc} ±1,71	45,18 ^{abcde} ±1,70	19,97 ^d ±0,31
18	ĐV13S5	45,33 ^{abc} ±1,14	46,67 ^{cde} ±1,49	11,63 ^a ±0,90
19	ĐV15S3	42,67 ^a ±0,85	45,18 ^{abcde} ±1,51	19,73 ^{cd} ±1,22
20	ĐV16S2	43,06 ^{ab} ±4,20	48,15 ^{def} ±0,89	16,80 ^{bc} ±1,18

Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị theo sau bởi các chữ cái giống nhau khác biệt không có ý thống kê ở mức $\alpha=0,05$ bằng trắc nghiệm phân hạng LSD.

Tất cả 20 chủng xạ khuẩn phân lập được đều có khả năng đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, tuy nhiên mức độ đối kháng giữa các chủng *Streptomyces* có sự khác biệt. Kết quả bảng 1 cho thấy, phần lớn các chủng xạ khuẩn phân lập ở mẫu đất rừng có hiệu quả đối kháng cao hơn các chủng phân lập ở mẫu đất vườn. Kết quả đối kháng trực tiếp sau 4 ngày, quan sát thấy đã xuất hiện vòng

kháng khuẩn xung quanh khuẩn lạc xạ khuẩn, hiệu quả ức chế đạt 42,67-68,12%. Sau 8 ngày, vòng kháng khuẩn xung quanh khuẩn lạc rõ ràng (hình 2), hiệu quả ức chế đạt 40,74-71,85%. Trong 20 chủng xạ khuẩn được thử nghiệm khả năng đối kháng trực tiếp với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, chủng ĐR9S2 có hiệu quả đối kháng tốt nhất (71,85%), thấp nhất là chủng ĐV1S3 (40,74%). Kết quả đối kháng độc lỗ của 20 chủng *Streptomyces* cho thấy tất cả 20 chủng phân lập được đều tạo vùng kháng nấm, với đường kính vòng vô khuẩn từ 10,63 đến 28,63 mm (bảng 1). Trong đó, chủng ĐR9S2 có kết quả đường kính vòng kháng khuẩn cao nhất (28,63 mm) (hình 3).

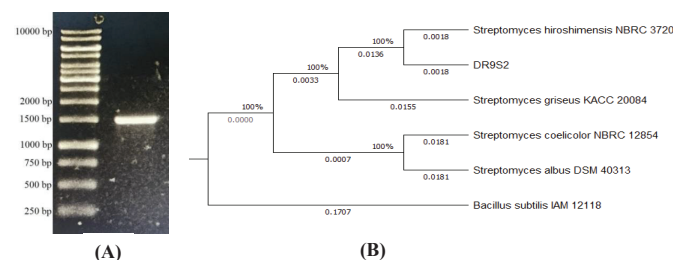


Hình 2. Đối kháng giữa chủng *Streptomyces hirosimensis* ĐR9S2 với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 trên môi trường PDA ở 28°C theo thời gian.



Hình 3. Khả năng đối kháng nấm bệnh *Colletotrichum* sp. CC1.5 của chủng *Streptomyces hirosimensis* ĐR9S2 bằng phương pháp đối kháng gián tiếp.

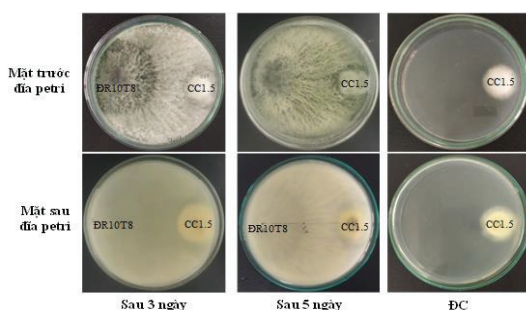
Từ kết quả thí nghiệm cho thấy, ĐR9S2 là chủng có khả năng đối kháng mạnh nhất, lần lượt là 71,85% và 28,63 mm. Chủng này được định danh đến loài bằng kỹ thuật sinh học phân tử. Kết quả điện di sản phẩm PCR của chủng xạ khuẩn ĐR9S2 với cặp mồi 16S-rDNA trên gel agarose cho thấy xuất hiện một băng vạch DNA sáng rõ ràng kích thước khoảng 1,5 kb (hình 4A), sản phẩm PCR này được phân tích trình tự và so sánh trên NCBI-Blast cho thấy chủng xạ khuẩn ĐR9S2 là *Streptomyces hirosimensis* (độ tương đồng 100%) (hình 4B).



Hình 4. Kết quả điện di sản phẩm PCR với cặp mồi 16S-rDNA và cây phát sinh loài của chủng xạ khuẩn được tuyển chọn. (A) Kết quả điện di sản phẩm PCR đoạn 16S-rDNA của chủng ĐR9S2 (M: thang DNA 1 kb); (B) Cây phả hệ mối tương quan giữa các chủng *Streptomyces* bằng giải trình tự 16S-rDNA của chủng ĐR9S2 và các chủng *Streptomyces* tham khảo.

Phân lập, tuyển chọn chủng vi nấm *Trichoderma* có khả năng đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 trên môi trường PDA

Kết quả từ mẫu đất ở vườn trồng cà phê khỏe mạnh và đất rừng nguyên sinh đã phân lập được 53 chủng vi nấm *Trichoderma* sp. và sàng lọc, đánh giá hiệu quả đối kháng của các chủng phân lập được với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 bằng phương pháp đối kháng trực tiếp. Kết quả thu nhận được 15 chủng nấm *Trichoderma* có khả năng đối kháng (được thể hiện ở bảng 2). Sau 3 ngày, tất cả 15 chủng nấm *Trichoderma* cho hiệu quả ức chế nấm gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê ở mức trung bình đến rất cao (47,48 đến 86,56%). Sau 5 ngày, nấm bệnh *Colletotrichum* sp. CC1.5 không phát triển được và bị nấm *Trichoderma* mọc bao phủ lên (hình 5), hiệu quả đối kháng ghi nhận rất cao trong đó có 2 chủng là ĐR8T6 và ĐR10T8 ức chế hoàn toàn nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 (hiệu quả đối kháng 100%). Tuy nhiên, trong kết quả khuếch tán qua lỗ thạch của các chủng cho thấy, mặc dù chủng ĐR8T6 có khả năng đối kháng trực tiếp cao nhưng khả năng tiết chất ức chế vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 không cao kết quả vòng kháng nấm đạt 11,60 mm.



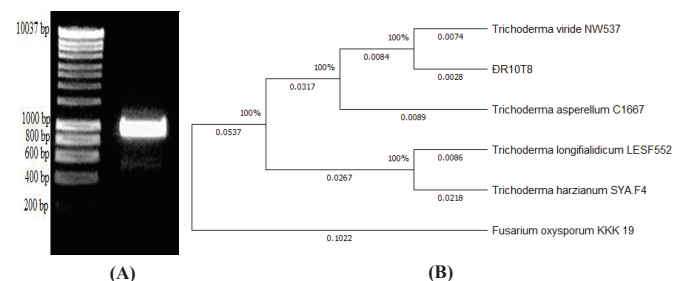
Hình 5. Đối kháng giữa chủng nấm *Trichoderma viride* ĐR10T8 với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 trên môi trường PDA ở 28°C, theo thời gian.

Bảng 2. Khả năng ức chế nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 của một số chủng *Trichoderma*.

STT	Tên chủng	Đối kháng trực tiếp		Đối kháng gián tiếp (D-d, mm)
		Hiệu quả ức chế sau 3 ngày (%)	Hiệu quả ức chế sau 5 ngày (%)	
1	ĐR1T5	71,74 ^a ±9,38	96,11 ^b ±2,13	16,90 ^{abc} ±1,96
2	ĐR5T3	80,23 ^b ±5,54	95,66 ^b ±0,94	20,50 ^{def} ±2,02
3	ĐR8T6	84,16 ^a ±5,95	100,00 ^a ±0,00	11,60 ^a ±2,60
4	ĐR10T8	86,56 ^a ±4,80	100,00 ^a ±0,00	32,80 ^b ±2,71
5	ĐR12T7	71,48 ^d ±5,49	94,03 ^{bc} ±3,08	18,93 ^{bcd} ±1,70
6	ĐR13T3	63,89 ^e ±4,85	87,32 ^c ±4,41	22,867 ^{ef} ±0,61
7	ĐR15T3	55,81 ^e ±8,31	84,57 ^c ±5,17	24,63 ^{efg} ±0,55
8	ĐR17T4	67,34 ^d ±7,52	88,33 ^{bc} ±7,21	16,10 ^{abc} ±1,56
9	ĐV1T3	47,48 ^b ±2,47	81,00 ^a ±8,38	14,60 ^{abc} ±2,54
10	ĐV3T4	56,72 ^d ±5,45	86,41 ^b ±5,30	19,30 ^{bcd} ±2,31
11	ĐV5T3	62,07 ^d ±9,08	90,67 ^b ±5,73	17,93 ^{bcd} ±2,51
12	ĐV8T5	72,36 ^d ±8,75	91,52 ^{ab} ±3,53	18,87 ^{bcd} ±2,63
13	ĐV10T4	72,93 ^d ±7,59	91,82 ^{ab} ±4,21	13,90 ^{ab} ±0,29
14	ĐV15T2	76,27 ^d ±10,17	95,22 ^a ±2,32	30,03 ^{gh} ±1,13
15	ĐV17T5	71,50 ^d ±8,71	94,44 ^a ±2,61	26,40 ^{fg} ±0,06

Ghi chú: trong cùng một cột, các giá trị theo sau bởi các chữ cái giống nhau khác biệt không có ý thống kê ở mức $\alpha=0,05$ bằng trắc nghiệm phân hạng LSD.

Từ kết quả đối kháng của các chủng vi nấm *Trichoderma* phân lập với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, chúng tôi đã chọn được 1 chủng *Trichoderma* có hoạt tính cao là ĐR10T8 để thực hiện định danh đến loài bằng kỹ thuật sinh học phân tử. Kết quả định danh vi nấm *Trichoderma* ĐR10T8 với cặp mồi ITS cho thấy, sản phẩm PCR điện di trên gel agarose xuất hiện 1 băng vạch DNA sáng và rõ ràng với kích thước khoảng 1000 bp (hình 6A). Kết quả giải trình tự của sản phẩm PCR và so sánh trên NCBI-Blast cho thấy chủng vi nấm ĐR10T8 là *Trichoderma viride* (độ tương đồng 99%) (hình 6B).



Hình 6. Kết quả điện di sản phẩm PCR với cặp mồi ITS và cây phát sinh loài của chủng *Trichoderma* được tuyển chọn. (A) Kết quả điện di sản phẩm PCR đoạn ITS của chủng ĐR10T8 (M: thang DNA 1 kb); (B) Cây phát sinh loài tương quan giữa các chủng *Trichoderma* bằng giải trình tự ITS của chủng ĐR10T8 và các chủng *Trichoderma* tham khảo.

Bàn luận

Khả năng đối kháng với vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê của chủng *Streptomyces hiroshimensis* ĐR9S2 và *Trichoderma viride* ĐR10T8 trong nghiên cứu này cho thấy cả 2 chủng đều có khả năng đối kháng với nhiều cơ chế. Các chủng xạ khuẩn *Streptomyces* có khả năng cạnh tranh dinh dưỡng nơi cư trú, tiết hợp chất kháng sinh, các enzyme có khả năng phân giải thành tế bào của nấm bệnh (protease, chitinase, cellulase [19, 20]. Chủng nấm *Trichoderma* có cơ chế trực tiếp liên quan đến hiệu quả đối kháng với nấm bệnh là có tốc độ phát triển nhanh, khả năng cạnh tranh dinh dưỡng, không gian sống với nấm bệnh tốt [21, 22] và tiết ra chitinase, glucanase, protease, có thể làm phá hủy vách tế bào của nấm và ký sinh trong sợi nấm bệnh [8].

Kết quả hiệu quả ức chế nấm bệnh *Colletotrichum* sp. của chủng *Streptomyces hiroshimensis* ĐR9S2 đạt 71,85%, so sánh với các nghiên cứu khác như của Đỗ Văn Sử và Lê Minh Tường (2016) [23], chủng *Streptomyces* CT10 có hiệu quả ức chế với nấm *Colletotrichum* sp. phân lập trên cây ớt là 60,73% và đường kính vòng kháng khuẩn đạt 13,7 mm; Nguyễn Thị Vân và cs (2019) [24] cho thấy, chủng *Streptomyces* VTCC-A-69 có hiệu quả ức chế nấm *Colletotrichum* sp. là 38%; Q.G. Fadhillah và cs (2021) [25] cho hiệu quả đối kháng của chủng *Streptomyces sanyensis* với vi nấm *Colletotrichum* sp. KA đạt 59,88%. Như vậy, chủng *Streptomyces hiroshimensis* ĐR9S2 phân lập được có khả năng kháng *Colletotrichum* sp. mạnh hơn các chủng *Streptomyces* sp. của các nghiên cứu trên đạt được.

Kết quả đánh giá hoạt lực kháng nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 của chủng nấm *Trichoderma viride* ĐR10T8 trong nghiên cứu này

(hiệu quả ức chế đạt 100% và đường kính vòng vô khuẩn 32,80 mm) có hoạt lực cao hơn trong các báo cáo của L.R. Shovan và cs (2008) [26], chủng *Trichoderma harzianum* đối kháng với nấm *Colletotrichum dematium* gây bệnh trên cây đậu nành đạt hiệu quả 89,44%; Nasreen Musheer và Shabbir Ashraf (2017) [27], đánh giá hoạt lực đối kháng của chủng *Trichoderma viride* với nấm gây bệnh *Colletotrichum leosporioides* trong điều kiện phòng thí nghiệm là 69,79%.

Kết luận

Nghiên cứu đã phân lập và tuyển chọn được 20 chủng xạ khuẩn *Streptomyces* có khả năng đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, trong đó chủng *Streptomyces hiroshimensis* ĐR9S2 có hiệu quả đối kháng và tạo vòng kháng vô khuẩn cao lần lượt là 71,85% và 28,63 mm; 15 chủng *Trichoderma* có khả năng kháng nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, trong đó chủng vi nấm có hiệu quả đối kháng và tạo vòng vô khuẩn mạnh là *Trichoderma viride* (86,56-100%, 32,80 mm).

Với kết quả khả năng kiểm soát mạnh với vi nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5, cả 2 chủng vi sinh tuyển chọn được trong nghiên cứu này cần được nghiên cứu sâu hơn về quy trình hình thành chế phẩm và thử nghiệm kiểm soát bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê ở điều kiện đồng ruộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P.W. Damm, et al. (2012a), "The *Colletotrichum acutatum* species complex", *Studies in Mycology*, **73**, pp.37-114.
- [2] P.W. Damm, et al. (2012b), "The *Colletotrichum boninense* species complex", *Studies in Mycology*, **73**, pp.1-36.
- [3] K.D. Prihastuti, et al. (2009), "Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand", *Fungal Divers.*, **39**, pp.89-109.
- [4] F. Rakotoniriana, et al. (2013), "*Colletotrichum gigasporum* sp. nov., a new species of *Colletotrichum* producing long straight conidia", *Mycol. Prog.*, **12**, pp.403-412.
- [5] D. Silva, et al. (2012), "Application of the Apn2/MAT locus to improve the systematics of the *Colletotrichum gloeosporioides* complex: An example from coffee (*Coffea* spp.) hosts", *Mycologia*, **104**, pp.396-409.
- [6] U. Weir, et al. (2012), "The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex", *Stud. Mycol.*, **73**, pp.115-180.
- [7] K.A. El-Tarabily, K. Sivasithamparan (2006), "Non-streptomycete actinomycetes as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters", *Soil Biology and Biochemistry*, **38**(7), pp.1505-1520.
- [8] Q. Wu, et al. (2017), "Identification of a novel fungus, *Trichoderma asperellum* GDFS1009, and comprehensive evaluation of its biocontrol efficacy", *PLoS ONE*, **12**(6), DOI: 10.1371/journal.pone.0179957.
- [9] A.C.F. Soares, et al. (2006), "Soil streptomycetes with in vitro activity against the yam pathogens *Curvularia eragrostides* and *Colletotrichum gloeosporioides*", *Brazilian Journal of Microbiology*, **37**, pp.456-461.
- [10] J.O. Nonoh, et al. (2010), "Isolation and characterization of *Streptomyces* species with antifungal activity from selected national parks in Kenya", *Afr. J. Microbiol. Res.*, **4**, pp.856-864.
- [11] A.J. Deshmukh, et al. (2010), "In vitro evaluation of some known bioagents to control *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and causing anthracnose of Indian bean", *Int. J. Pharm. BioSci.*, **1**(2), pp.1-6.
- [12] P. Dutta, et al. (2018), "Effect of extracellular metabolites of *Trichoderma pseudokoningii* on radial growth of *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum capsici*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum*", *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, **7**(1), pp.874-879.
- [13] Nguyễn Bá Thọ, Nguyễn Thị Liên, Võ Đình Quang (2020), "Phân lập một số chủng *Bacillus* sp. đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. gây bệnh khô cành khô quả trên cây cà phê ở tỉnh Đắk Nông", *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, **20**(3), tr.94-102.
- [14] E. Küster, S.T. Williams (1964), "Selection of media for isolation of streptomycetes", *Nature*, **202**(4935), pp.928-929.
- [15] D. Dhanasekaran, et al. (2012), *Applications of Actinobacterial Fungicides in Agriculture and Medicine*, IntechOpen, pp.29-54.
- [16] K. Kumar, et al. (2012), "Isolation and characterization of *Trichoderma* spp. for antagonistic activity against root rot and foliar pathogens", *Indian Journal of Microbiology*, **52**(2), pp.137-144.
- [17] T. Tamura, K. Hatano (1998), "Phylogenetic analyses on the strains belonging to invalidated genera of the order Actinomycetales", *Actinomycetologica*, **12**(1), pp.15-28.
- [18] H. Garcia Garces, et al. (2016), "Molecular identification and phylogenetical analysis of dermatophyte fungi from Latin America", *Mycoses*, **59**(12), pp.787-797.
- [19] Z. Jaradat, et al. (2008), "Influence of culture conditions on cellulase production by *Streptomyces* sp. (strain J2)", *Jordan Journal of Biological Sciences*, **1**(4), pp.141-146.
- [20] M. Shimizu, et al. (2009), "A promising strain of endophytic *Streptomyces* sp. for biological control of cucumber anthracnose", *Journal of General Plant Pathology*, **75**(1), pp.27-36.
- [21] S. Santos-Villalobos, et al. (2013), "Potential use of *Trichoderma asperellum* (Samuels, Liechfeldt et Nirenberg) T8a as a biological control agent against anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.)", *Biological Control*, **64**(1), pp.37-44.
- [22] P. Chaverri, G.J. Samuels (2003), "Hypocrea/*Trichoderma* (Ascomycota, Hypocreales, Hypocreaceae): Species with green ascospores", *Studies in Mycology*, **48**, pp.1-116.
- [23] Đỗ Văn Sử, Lê Minh Tường (2016), "Hiệu quả phòng trị của xạ khuẩn đối với bệnh thán thư trên cây ớt do nấm *Colletotrichum* sp.", *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, Chuyên đề Nông nghiệp*, tr.28-35.
- [24] Nguyễn Thị Vân và cs (2019), "Khảo sát khả năng đối kháng với 4 loại nấm gây bệnh trên thực vật của xạ khuẩn được phân lập từ Vườn quốc gia Cúc Phương và Ba Bể", *Tạp chí Công nghệ Sinh học*, **17**(1), tr.1-9.
- [25] Q.G. Fadhillah, et al. (2021), "The antagonistic activity of marine actinomycetes from mangrove ecosystem against phytopathogenic fungi *Colletotrichum* sp. KA", *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **22**(2), pp.837-843.
- [26] L.R. Shovan, et al. (2008), "In vitro control of *Colletotrichum dematium* causing anthracnose of soybean by fungicides, plant extracts and *Trichoderma harzianum*", *International Journal of Sustainable Crop Production*, **3**(3), pp.10-17.
- [27] Nasreen Musheer, Shabbir Ashraf (2017), "Effect of *Trichoderma* spp. on *Colletotrichum gloeosporioides* Penz and Sacc. causal organism of turmeric leaf spot disease", *Trends in Biosciences*, **10**(48), pp.9605-9608.

QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử: khoahocvacongnghevietnam@most.gov.vn.

Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, không gạch chân hay viết nghiêng.

- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.

- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số (^{1,2,...}) ở phía trên. Dấu hoa thị (*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

Đặt vấn đề/dẫn nhập

Định nghĩa vấn đề, tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phần kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

Bàn luận

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài.

Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài.

Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (^{1,2,3,...}) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách...

Tên nguồn có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được in nghiêng).

Tập (số): dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này in đậm).

Trang đầu-trang cuối là số thứ tự các trang phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

Chú ý: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

Nếu có một số tài liệu tham khảo trong cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: Kitchen (1982, p.39).

Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa soạn không trả lại bản thảo.

- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.

- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất và môi trường
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học nano
- 1.8. Khoa học tính toán
- 1.9. Các lĩnh vực khác của khoa học tự nhiên

2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng: kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của khoa học y - dược

4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

Volume 64 - Number 10DB - October 2022

Phát hiện một số bệnh gia cầm dựa trên hình ảnh thu nhận từ camera bằng mạng nơ-ron tích chập.

Đoàn Hồng Quang, Nguyễn Huy Công, Lê Hồng Minh, Phạm Vũ Ban, Nguyễn Huy Hưng, Nguyễn Tuấn Hùng

Ảnh hưởng của nhiệt độ và ánh sáng LED đến sinh trưởng, hàm lượng sắc tố và hoạt tính sinh học của sinh khối *Spirulina maxima* nuôi nước lợ.

Trương Thị Chiên, Nguyễn Thị Hiền, Mai Vũ Hoàng Giang, Trần Văn Quảng, Vũ Xuân Tạo, Trần Bảo Trâm

***Trichoderma asperellum* T10 - Chủng vi sinh tiềm năng đối kháng với nấm *Neoscytalidium dimidiatum* gây bệnh đốm trắng trên thanh long ở Bình Thuận.**

Lê Thanh Bình, Trương Minh Ngọc, Hồ Thị Nguyệt, Lê Thị Huyền

Đánh giá một số hoạt tính sinh học của dịch chiết Nghệ trắng (*Curcuma aromatica* Salisb.) thu thập tại Yên Bái.

Hà Thị Dung, Phan Xuân Bình Minh, Trần Bảo Trâm, Nguyễn Phương Lan, Nguyễn Minh Nam, Vũ Xuân Tạo

Hệ thống đèn tín hiệu đường sắt sử dụng công nghệ LED.

Đặng Quang Thạch, Nguyễn Bá Thi, Nguyễn Quang Hải, Cô Như Vãn

Thiết kế thiết bị giám sát máy móc ngoài trời có tích hợp công nghệ định vị chính xác động học thời gian thực (real-time kinematic).

Nguyễn Bá Đạt, Nguyễn Hoàng Long, Nguyễn Quốc Hưng, Lê Quốc Tuấn, Trần Hà, Nguyễn Văn Đưa, Hoàng Sĩ Hồng

Nghiên cứu phát triển hệ thống xác thực khuôn mặt 2 yếu tố bảo mật sử dụng công nghệ mã F-QR ẩn trên thẻ ID bằng laser 1064 nm và AI camera.

Bành Quốc Tuấn, Lê Hồng Minh, Lưu Hoàng Đạt, Ngô Hải Long, Cao Khắc Thiện, Đỗ Việt Hoàng, Lê Văn Bình

Nghiên cứu phát triển hệ đo nhiễu cường độ laser tương đối bằng thông rộng 40 GHz sử dụng bộ điều khiển PID và bộ xử lý tín hiệu ESA.

Ngô Hải Long, Lưu Hoàng Đạt, Trần Đình Chí, Đỗ Việt Hoàng, Lê Văn Bình, Cao Khắc Thiện, Bành Quốc Tuấn

Thiết kế động cơ phòng nổ hiệu suất cao tốc độ 3.000 vòng/phút sử dụng cho quạt gió cục bộ trong khai thác mỏ hầm lò.

Đỗ Như Ý, Đỗ Anh Tuấn, Lê Anh Tuấn, Lưu Quốc Uy

Nghiên cứu và tích hợp hệ khắc tạo màu trên bề mặt kim loại sử dụng laser sợi quang công suất cao với cấu hình MOPA.

Trần Thị Văn Anh, Đỗ Xuân Tiến, Phạm Chí Hiếu, Vũ Văn Liệu, Giang Mạnh Khôi, Đỗ Anh Tuấn, Nguyễn Thị Thu Hương

Nghiên cứu chế tạo polyme blend kháng khuẩn từ nhựa nhiệt dẻo và polyguanidine.

Tương Thị Nguyệt Ánh, Đặng Thảo Yên Linh, Phạm Ngọc Khánh, Nguyễn Hoài Trang, Đoàn Hoàng Linh, Chu Xuân Quang, Trần Hùng Thuận

Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật chưng cất tinh dầu sả hương Tây Giang theo phương pháp chưng cất lôi cuốn bằng hơi nước trực tiếp.

Mã Thị Bích Thảo, Nguyễn Phương, Trần Hà, Nguyễn Thị Hồng, Vũ Văn Liệu

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến quá trình chế biến bột giàu protein từ khô dầu Sacha inchi.

Nguyễn Minh Nam, Trương Thị Chiên, Bùi Thị Minh Tâm, Nguyễn Đăng Bắc, Nguyễn Tiên Khương, Tiên Thị Luyệt

Nghiên cứu sử dụng axit citric trong giai đoạn sơ chế nhằm ổn định chất lượng sản phẩm hành tím sấy.

Hoàng Thị Lệ Hằng, Nguyễn Đức Hạnh, Hoàng Thị Tuyết Mai, Nguyễn Thị Lại, Phạm Hương Sơn, Nguyễn Minh Nam, Phạm Minh Khoa, Lê Trung Tâm

Nghiên cứu bảo quản quả thanh long ruột đỏ bằng màng bao gói kháng khuẩn chứa Polyguanidine.

Đặng Thảo Yên Linh, Tương Thị Nguyệt Ánh, Chu Xuân Quang, Trần Hùng Thuận

Phân lập, tuyển chọn chủng *Streptomyces* sp. và vi nấm *Trichoderma* sp. đối kháng với nấm *Colletotrichum* sp. CC1.5 gây bệnh khô cành, khô quả trên cây cà phê ở tỉnh Đắk Nông.

Nguyễn Bá Thọ, Trương Minh Ngọc, Đỗ Thị Mai Trinh, Nguyễn Đào Thanh Hương, Lê Thanh Bình, Nguyễn Thị Liên, Hồ Thị Nguyệt, Lê Thị Huyền

2 Identification of some avian diseases based on images obtained from a camera, by convolutional neural networks.

Hong Quang Doan, Huy Cong Nguyen, Hong Minh Le, Vu Ban Pham, Huy Hung Nguyen, Tuan Hung Nguyen

8 Effect of temperature and LEDs on the growth, pigment content and biological activities of *Spirulina maxima* cultured in brackish water.

Thi Chien Truong, Thi Hien Nguyen, Vu Hoang Giang Mai, Van Quang Tran, Xuan Tao Vu, Bao Tram Tran

14 *Trichoderma asperellum* T10 - A potential microbial strain against the *Neoscytalidium dimidiatum* causes white spot disease on dragon fruit in Binh Thuan province.

Thanh Binh Le, Minh Ngoc Truong, Thi Nguyen Ho, Thi Huyen Le

20 Evaluation of biological activities of the extracts from *Curcuma aromatica* Salisb. collected in Yen Bai province.

Thi Dung Ha, Xuan Binh Minh Phan, Bao Tram Tran, Phuong Lan Nguyen, Minh Nam Nguyen, Xuan Tao Vu

24 Railway signal light system using LED technology.

Quang Thach Dang, Ba Thi Nguyen, Quang Hai Nguyen, Nhu Van Co

28 Designing an outdoor machinery monitoring device with integrated real-time kinematic positioning.

Ba Dat Nguyen, Hoang Long Nguyen, Quoc Hung Nguyen, Quoc Tuan Le, Ha Tran, Van Dua Nguyen, Si Hong Hoang

33 Research and development of a two-factors face authentication system using an invisible F-QR code on ID card by 1064 nm laser and AI camera.

Quoc Tuan Binh, Hong Minh Le, Hoang Dat Luu, Hai Long Ngo, Khac Thien Cao, Viet Hoang Do, Van Binh Le

38 Research and development of 40 GHz bandwidth laser relative intensity noise measurement system using PID controller and ESA spectrum analyser.

Hai Long Ngo, Hoang Dat Luu, Dinh Chi Tran, Viet Hoang Do, Van Binh Le, Khac Thien Cao, Quoc Tuan Binh

43 Design of high-performance explosion proof motor of 3,000 rpm for local exhaust ventilation in underground mining.

Nhu Y Do, Anh Tuan Do, Anh Tuan Le, Quoc Uy Luu

46 Researching and integrating colour laser marking system on a metal surface using high power fiber laser with MOPA configuration.

Thi Van Anh Tran, Xuan Tien Do, Chi Hieu Pham, Van Lieu Vu, Manh Khoi Giang, Anh Tuan Do, Thi Thu Huong Nguyen

50 Research and production of antimicrobial polymer blends from thermoplastic and polyguanidine.

Thi Nguyen Anh Tuong, Thao Yen Linh Dang, Ngoc Khanh Pham, Hoai Trang Nguyen, Hoang Linh Doan, Xuan Quang Chu, Hung Thuan Tran

56 Optimisation of distillation process parameters for extraction of Tay Giang citronella essential oil by direct steam distillation method.

Thi Bich Thao Ma, Phuong Nguyen, Ha Tran, Thi Hong Nguyen, Van Lieu Vu

63 The influence of some technological parameters in the processing of protein-rich powder from Sacha inchi oil pressed-cake.

Minh Nam Nguyen, Thi Chien Truong, Thi Minh Tam Bui, Dang Bac Nguyen, Tien Khuong Nguyen, Thi Luot Tien

68 Research on using citric acid in the preliminary processing stage for quality stability of dried red onion products.

Thi Le Hang Hoang, Duc Hanh Nguyen, Thi Tuyet Mai Hoang, Thi Lai Nguyen, Huong Son Pham, Minh Nam Nguyen, Minh Khoa Pham, Trung Tam Le

72 Research on preserving red flesh dragon fruit by antimicrobial packaging containing polyguanidine.

Thao Yen Linh Dang, Thi Nguyen Anh Tuong, Xuan Quang Chu, Hung Thuan Tran

76 Isolation and selection of *Streptomyces* sp. species and *Trichoderma* sp. species against coffee berry disease by *Colletotrichum* sp. CC1.5 in Dak Nong province.

Ba Tho Nguyen, Minh Ngoc Truong, Thi Mai Trinh Do, Dao Thanh Huong Nguyen, Thanh Binh Le, Thi Lien Nguyen, Thi Nguyen Ho, Thi Huyen Le