



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of
Science and Technology - MOST**

B

Tập 63 - Số 1 - Tháng 1 năm 2021

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ 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 Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Kỹ thuật 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 Nghiệm - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
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

Đặng Ngọc Bảo

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng
Nguyễn Thị Hương Giang

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Buu - 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 - Vietnam National University, Hanoi
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, 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 - Vietnam National University, Hanoi
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Pham Hung Viet - VNU University of Science

EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang
Nguyen Thi Huong Giang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

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: khcnvn@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: khcnvn@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012
Số 592/GP-BTTTT ngày 28/12/2016
Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012
No.592/GP-BTTTT 28th December 2016

Ghi nhận hình ảnh cắt lớp 3 chiều sử dụng hiệu ứng dịch chuyển pha Doppler với nguồn sáng phổ rộng

Phạm Đức Quang^{1,2*}, Bành Quốc Tuấn¹, Vũ Thanh Tùng³, Lê Quang Thái², Nguyễn Quốc Đạt²

¹Viện Ứng dụng Công nghệ

²Trung tâm Dịch vụ Khoa học và Công nghệ,
Học viện Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo

³Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 15/6/2020; ngày chuyển phản biện 18/6/2020; ngày nhận phản biện 12/8/2020; ngày chấp nhận đăng 18/8/2020

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, các tác giả đề xuất một phương pháp mới cho phép ghi nhận hình ảnh cắt lớp 3 chiều của mẫu vật sử dụng phương pháp giao thoa với nguồn sáng phổ rộng. Tần số của sóng tham chiếu được điều chế theo hiệu ứng Doppler do sự di chuyển với một vận tốc cố định của gương tham chiếu. Sự thay đổi cường độ ánh sáng của vân giao thoa giữa sóng tham chiếu và sóng ánh sáng phản xạ từ vật (sóng vật) do hiệu ứng Doppler tại vị trí của mỗi điểm ảnh được đặc trưng bởi hàm cường độ sáng và hàm này được lấy mẫu bởi camera có tần số rất cao. Áp dụng hàm lọc thông dải và biến đổi Fourier ngược cho phổ tần số của hàm cường độ vân giao thoa cho phép khôi phục lại ảnh cắt lớp 3 chiều của mẫu vật với độ phân giải rất cao.

Từ khóa: ảnh giao thoa ánh sáng, chụp cắt lớp, đo biên dạng, giao thoa ánh sáng.

Chỉ số phân loại: 1.3

Giới thiệu

Chụp cắt lớp kết hợp quang học OCT (Optical coherence tomography) là một kỹ thuật hình ảnh sử dụng ánh sáng có độ kết hợp thấp (nguồn sáng phổ rộng) để thu được hình ảnh cắt lớp 3 chiều của các mẫu vật có độ tán xạ cao, như các mô sinh học với độ phân giải theo chiều sâu cỡ vài micromet. OCT thường được sử dụng để chụp ảnh cắt lớp y tế và trong công nghiệp không xâm lấn hay phá hủy mẫu vật, vì vậy nó đã trở thành một công cụ mạnh trong nhiều ứng dụng thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau [1-3]. Chụp cắt lớp quang học OCT được phân loại theo chụp cắt lớp kết hợp quang miền thời gian (TD-OCT) [1-3] và chụp cắt lớp kết hợp quang miền tần số (FD-OCT) [4-6]. Trong TD-OCT, ánh sáng phản xạ từ vật giao thoa với ánh sáng phản xạ từ gương tham chiếu và được ghi nhận bởi một cảm biến hình ảnh. Khi gương tham chiếu được quét, một loạt các hình ảnh giao thoa giữa sóng phản xạ từ vật thể và sóng tham chiếu được ghi lại để tạo ra hàm cường độ sóng giao thoa, các đỉnh của các hàm cường độ xác định cấu trúc của mẫu vật [1-3]. Khác với TD-OCT, gương tham chiếu của hệ thống FD-OCT được cố định, nguồn sáng băng thông rộng được sử dụng, tín hiệu giao thoa của sóng vật và sóng tham chiếu tương ứng với mỗi bước sóng của nguồn sáng được ghi nhận một cách

riêng biệt thông qua việc sử dụng cách tử quang, hoặc cảm biến quang tuyến tính hay nguồn sáng có chức năng lựa chọn và điều chỉnh bước sóng [4-6]. Do mối quan hệ theo biến đổi Fourier giữa thông tin độ sâu của vật và phổ của nguồn sáng, biến đổi Fourier từ tín hiệu cường độ giao thoa theo phổ của nguồn sáng cho phép khôi phục hình ảnh độ sâu của vật thể. OCT trong miền tần số, vì vậy có thể được chia thành OCT phổ tần số ánh sáng (Spectral Domain - SD) và OCT nguồn quét (Swept Source - SS) OCT [4-6].

Thông thường, FD-OCT có lợi thế hơn TD-OCT ở độ nhạy cao, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) cao và tốc độ đo nhanh. Độ phân giải thấp hơn liên quan đến tốc độ quét của gương tham chiếu và băng thông của nguồn sáng được coi là trở ngại lớn của hệ thống OCT trong miền thời gian [1-3], tuy nhiên với việc sử dụng nguồn sáng băng thông rộng và camera tốc độ chụp lớn, hình ảnh 3D có độ phân giải cao của mẫu vật sinh học có thể được ghi nhận theo thời gian thực bằng nhiều phương pháp trong các nghiên cứu gần đây [7-9].

Trong nghiên cứu trước, chúng tôi đã đề xuất một hệ thống hoạt động như một bộ dịch pha dựa trên hiệu ứng Doppler với nguồn sáng phổ siêu rộng được thực hiện bằng

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

Reconstructing three-dimensional tomography image using Doppler phase shift effects with a broadband light source

Duc Quang Pham^{1,2*}, Quoc Tuan Binh¹,
Thanh Tung Vu³, Quang Thai Le², Quoc Dat Nguyen²

¹National Center for Technological Progress

²Innovation and Technology Service Center,

Vietnam Institute of Science Technology and Innovation

³School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology

Received 15 June 2020; accepted 18 August 2020

Abstract:

In this study, the authors proposed a new method that allows the reconstruction of three-dimensional (3D) tomographic images of an object using a broadband light source. The frequency of the reference wave was modulated by Doppler's effect due to the movement with a constant velocity of the reference mirror. The variation of the interference light intensity caused by Doppler's effect at the position of each pixel of the camera was characterised by the light intensity function and this function was sampled by a very high frame rate camera. Applying the band-pass filter and inverse Fourier transform to the spectrum of the intensity function allowed reconstructing the 3D image of the object with very high resolution.

Keywords: light interferometric images, light interferometry, optical tomography, profilometry.

Classification number: 1.3

cách di chuyển gương tham chiếu với vận tốc không đổi [10]. Biên độ phức (complex amplitude), bao gồm thông tin về pha và biên độ của sóng phản xạ từ mỗi điểm trên bề mặt của vật tương ứng với từng bước sóng của nguồn sáng, có thể được tính toán từ phổ của hàm cường độ vân giao thoa thu được từ một loạt các ảnh giao thoa của sóng vật và sóng tham chiếu. Điều này cho phép khôi phục chính xác cấu trúc 3D và hình ảnh quang phổ đầy đủ (full spectral image) bề mặt của vật.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một phương pháp tái tạo ảnh mới, mở rộng ứng dụng của bộ dịch pha dựa trên hiệu ứng Doppler cho hình ảnh chụp cắt lớp 3D. Phương pháp mới cũng có thể cải thiện hiệu suất của OCT trong miền thời gian. Hàm cường độ giao thoa được điều chế bằng chuyển động của gương tham chiếu và được lấy mẫu bằng một camera có tốc độ khung hình rất cao. Biến đổi Fourier của hàm cường độ giao thoa chỉ ra mối liên hệ giữa phổ của ánh sáng phản xạ từ vật và vận tốc của gương tham chiếu. Bằng cách áp dụng bộ lọc thông dải cho miền tần số của cường độ giao thoa, nhiều liên quan đến chuyển động của gương tham chiếu và nhiều môi trường có thể được loại bỏ. Biến đổi Fourier ngược của hàm cường độ giao thoa sau khi lọc cho phép khôi phục hình ảnh cắt lớp 3D của vật với độ phân giải rất cao.

Nội dung nghiên cứu

Nguyên lý

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống được miêu tả trong hình 1. Giả sử rằng w_R và w_O là tần số góc của sóng tham chiếu và sóng vật, $w_b = w_R - w_O$ thể hiện sự khác nhau giữa tần số góc của sóng tham chiếu và sóng vật, khi gương tham chiếu và vật đứng yên thì $w_b = 0$. Khi gương tham chiếu di chuyển với vận tốc v_R thì hiện tượng Doppler xảy ra, w_b được tính theo công thức:

$$w_b = w_R - w_O \approx \frac{4\pi v_R}{\lambda} = 2kv_R \quad (1)$$

trong đó λ là bước sóng ánh sáng.

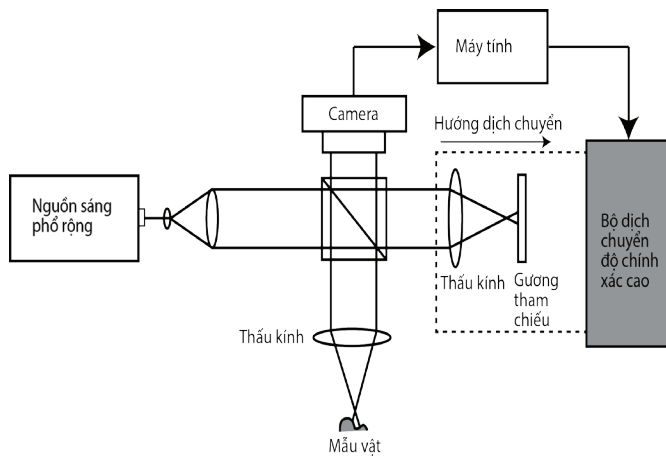
Cường độ vân giao thoa được lấy mẫu tại một điểm ảnh có vị trí x trên cảm biến của camera được miêu tả bởi công thức:

$$I(x, t) = \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} \int_{k_{\min}}^{k_{\max}} I_o(x, k, z) \{1 + v(k) \cos[\theta_o + 2kv_R t + 2zk]\} dk dz \quad (2)$$

trong đó $I_o(x, k, z) = A_o^2(x, k, z) + A_R^2(k)$ là cường độ vân giao thoa, A_o^2 và A_R^2 là biên độ sóng vật và sóng tham chiếu, k là vector sóng, θ_o là pha khởi tạo ban đầu (θ_o được quyết định bởi mối liên hệ giữa vị trí của vật và vị trí ban đầu của gương

tham chiếu), $v(k) = 2A_o(x, k, z)A_R(k)/[A_o^2(x, k, z) + A_R^2(k)]$ là độ tương phản của vân giao thoa, z là chiều dài khác nhau về đường đi của sóng tham chiếu và sóng vật liên quan tới thông tin 3 chiều của vật, véc-tơ sóng k_{max} và k_{min} tương ứng với bước sóng λ_{min} và λ_{max} trong giải phổ của nguồn sáng.

Chú ý rằng, trong thực tế cảm biến quang của camera là một ma trận điểm ảnh 2 chiều với vị trí các điểm ảnh được đánh số theo 2 chiều x và y , tuy nhiên để đơn giản trong việc miêu tả nguyên lý hệ thống, cảm biến quang trong trường hợp này là một mảng 1 chiều theo chiều x , các phép toán trong trường hợp ma trận 2 chiều được tính toán hoàn toàn tương tự. Giả sử rằng, mẫu vật có chiều sâu tuyệt đối là $(Z_{max} - Z_{min})$ và được chia thành $L > 0$ lớp bằng nhau, mỗi lớp có chiều dài Δl , vị trí của mỗi lớp được đánh số bởi số nguyên dương l , $L \geq l > 0$. Do đặc tính hấp thụ của vật, giải phổ và cường độ ánh sáng phản xạ từ các lớp khác nhau của vật là khác nhau.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống.

Giải phổ của sóng ánh sáng phản xạ từ lớp l của vật được chia thành N_l phần, trong đó cường độ sáng $I_{oi}(x, z_l)$ và độ tương phản $v_i(x, z_l)$ ($1 \leq i \leq N$) của các bước sóng khác nhau trong mỗi phần là tương đương nhau, trong trường hợp này phương trình (2) được viết lại thành:

$$I(x, t) = \sum_{l=0}^L \sum_{i=0}^{N_l} I_i(x, t, z_l) \quad (3)$$

trong đó $I_i(x, t, z_l) = I_o(x, k_{li}, z_l)\{1 + v(k_{li})\cos[\theta_o + 2kv_R t + 2z_l k_{li}]\}$, $z_l = Z_{min} + l\Delta l$

Từ công thức (3), có thể nhận thấy rằng $I_i(x, t, z_l)$ là một hàm của thời gian, do đó biến đổi Fourier theo thời gian của nó là $FI_i(x, w_b, z_l)$ được tính theo công thức:

$$FI_i(x, w_b, z_l) = I_{oi}(x, z_l)(k_{l,i+1} - k_{l,i})\delta(w_b) + I_{oi}(x, z_l)v_i(x, z_l)\text{rect}\left[\frac{w_b - v_R(k_{l,i+1} + k_{l,i})}{2(k_{l,i+1} - k_{l,i})v_R}\right]e^{j\theta_o + jz_l w_b/(2v_R)} + I_{oi}(x, z_l)v_i(x, z_l)\text{rect}\left[\frac{w_b + v_R(k_{l,i+1} + k_{l,i})}{2(k_{l,i+1} - k_{l,i})v_R}\right]e^{-j\theta_o - jz_l w_b/(2v_R)} \quad (4)$$

trong đó $\delta(w_b)$ là hàm delta của w_b . Từ công thức (4), phổ của $FI_i(x, w_b, z_l)$ được thể hiện trong khoảng $2v_R k_{l,i} \leq w_b \leq 2v_R k_{l,i+1}$. Cho mỗi tần số $w_b = 2v_R k$ chọn trong phổ của $FI_i(x, w_b, z_l)$ được tính theo công thức:

$$FI_i(x, w_b, z_l) = I_{oi}(x, z_l)v_i(x, z_l)e^{j(\theta_o + z_l k)} \quad (5)$$

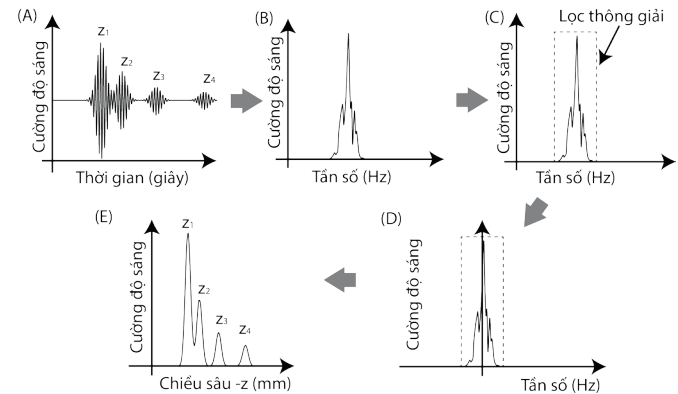
và biến đổi Fourier của hàm cường độ vân giao thoa $I(x, t)$ tại một tần số w_b xác định tương ứng với vector sóng k được tính theo công thức:

$$FI(x, k) = e^{j\theta_o} \sum_{l=0}^L I_{oi}(x, z_l)v_{li}(x, z_l)e^{jz_l k} \quad (6)$$

Từ công thức (6), có thể thấy rằng $FI(x, k)$ là biến đổi Fourier của $I(x, z_l)$ theo chiều sâu z_l :

$$I(x, z_l) = e^{j\theta_o} I_{oi}(x, z_l)v_i(x, z_l) \quad (7)$$

Từ công thức (7) ta có thể thấy rằng, $I(x, z_l)$ là hàm cường độ của vân giao thoa theo chiều sâu z_l và nó được tính bằng biến đổi Fourier ngược của $FI(x, k_l)$ trong công thức (6). Vì cường độ của sóng tham chiếu là không đổi, do đó $I(x, z_l)$ chính là ảnh cắt lớp của vật theo các chiều sâu khác nhau. Quá trình lấy mẫu và khôi phục ảnh 3 chiều cắt lớp của vật được miêu tả trong hình 2.



Hình 2. Quá trình lấy mẫu và khôi phục ảnh 3D cắt lớp của mẫu vật được thực hiện qua các bước: (A) Lấy mẫu hàm cường độ vân giao thoa bởi camera có tốc độ chụp cực nhanh, (B) Biến đổi Fourier, (C) Áp dụng hàm lọc thông dải, (D) Chuyển về trung tâm và biến đổi Fourier ngược để khôi phục lại, (E) Ảnh cắt lớp 3 chiều cho từng điểm ảnh của vật.

Khoảng đo và độ phân giải

Giả sử rằng có N_s mẫu vân giao thoa $I(x, t)$ được lấy mẫu bởi camera, khi đó độ phân giải phổ tần số của $FI(x, k)$ sẽ là $\Delta f_b = f_s/N_s$. Mỗi tần số f_b được chọn trong phổ tần số của $FI(x, k)$ tương đương với bước sóng λ trong phổ của sóng ánh sáng phản xạ từ vật:

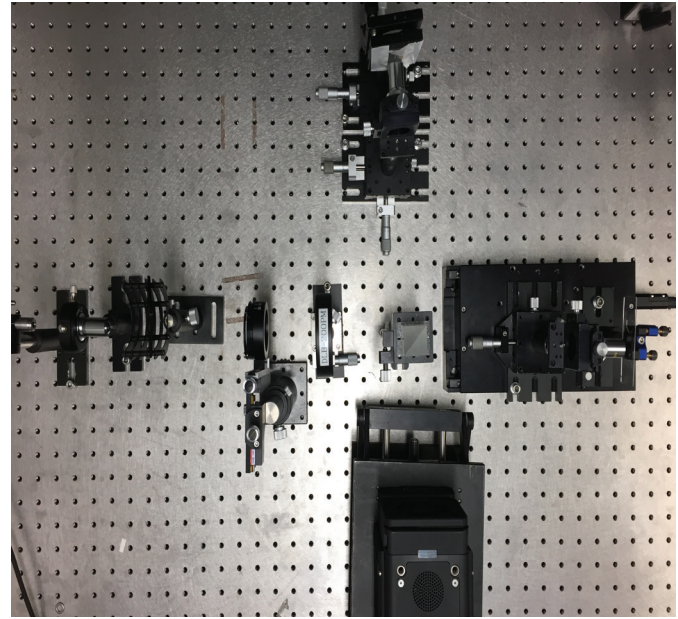
$$\lambda = \frac{2v_R}{f_b} \quad (8)$$

Từ công thức (7), $I(x, z_l)$ là cường độ sáng của vật tại vị trí z_l được tính bằng biến đổi Fourier ngược của $FI(x, k)$ theo $1/\lambda$, vì vậy chiều sâu lớn nhất của vật mà hệ thống có thể đo được được tính theo công thức: $0 \leq z_{lmax} \leq \lambda_{max}/2$, trong đó từ công thức (8), $\lambda_{max} = 2v_R/f_{bmin}$, $f_{bmin} = N_s/f_s$. Điều này có nghĩa là nếu vật có chiều sâu lớn hơn z_{lmax} , hệ thống không thể đo chính xác được và độ phân giải của phép đo chiều sâu của vật từ công thức (8) là: $\Delta z = z_{lmax}/N_s$.

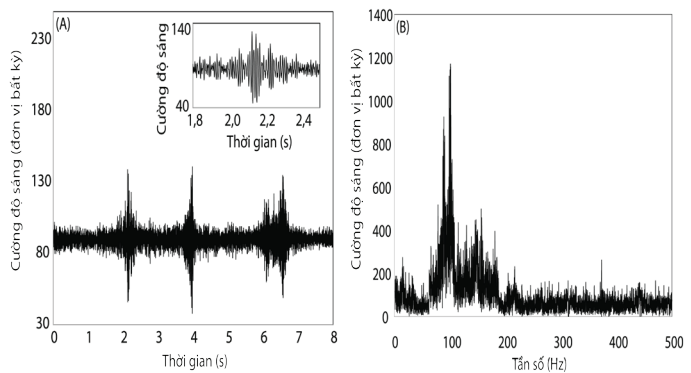
$$z_{lmax} = \frac{v_R N_s}{f_s} \quad (9)$$

Thí nghiệm và kết quả

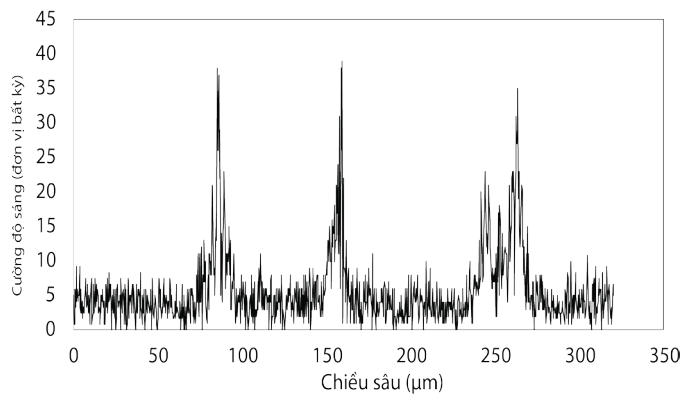
Thí nghiệm được tiến hành theo hình 3, nguồn sáng phổ rộng NKT SUPERK COMPACT SUPERCONTINUUM LASERS với giải phổ nằm trong khoảng từ 450 tới 2.400 nm được sử dụng để chiếu sáng vật. Camera tốc độ cao Redlake; MotionScope M5 với kích thước điểm ảnh là $13,68 \times 13,68 \mu m^2$ được sử dụng để ghi nhận hình ảnh của các vân giao thoa. Mẫu vật là một lát tế bào Hành được sử dụng. Thí nghiệm được tiến hành như quy trình trong hình 2. Thấu kính phóng đại được sử dụng với $10\times$ khuếch đại. Vận tốc của gương tham chiếu vẫn được thiết lập là $40 \mu m/s$. Tốc độ chụp của camera là 1.000 fps và 8.000 ảnh vân giao thoa được ghi nhận. Cường độ vân giao thoa được trích xuất từ 8.000 ảnh vân giao thoa được hiển thị trong hình 4(A), phổ tần số vân giao thoa được hiển thị trong hình 4(B) nằm trong khoảng từ 66,75 tới 191,75 Hz và độ phân giải là 0,125 Hz. Giải phổ của ánh sáng vật được tính theo công thức (8) trong khoảng 0,417 tới 1,199 μm . Ảnh 3 chiều tại vị trí điểm ảnh trung tâm của vật được hiển thị trong hình 5.



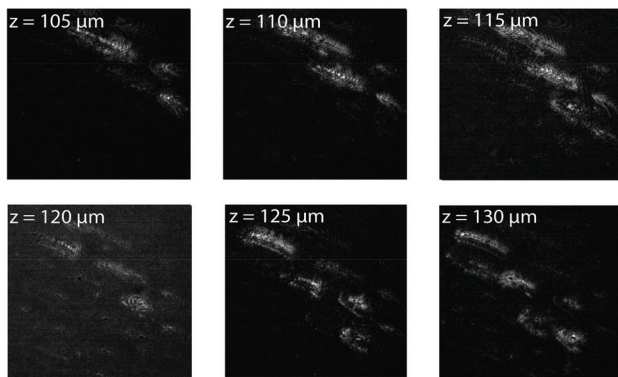
Hình 3. Sơ đồ hệ thí nghiệm.



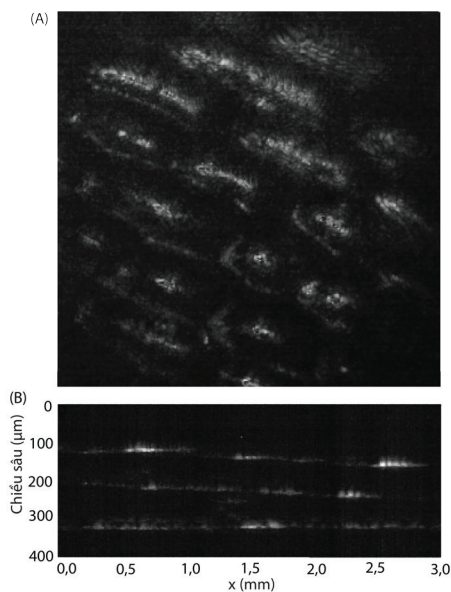
Hình 4. (A) Hàm cường độ vân giao thoa và (B) Phổ tần số tại vị trí điểm ảnh trung tâm thu được từ 8.000 tấm vân giao thoa.



Hình 5. Ảnh cường độ sáng theo chiều sâu của vật tại vị trí điểm ảnh trung tâm của camera được khôi phục từ phổ tần số của hàm cường độ vân giao thoa.



Hình 6. Ảnh cắt lớp cường độ sáng của vật tại các chiều sâu khác nhau.



Hình 7. (A) Ảnh cường độ sáng trung bình được tính từ các ảnh tại vị trí các lớp khác nhau và (B) Ảnh cắt theo chiều dọc y-z của vật được khôi phục lại.

Quy trình khôi phục được lặp lại với tất cả các điểm ảnh của ảnh vân giao thoa và ảnh cường độ sáng của vật tại các vị trí chiều sâu theo trục z được hiển thị trong hình 6 và 7. Ảnh cường độ sáng trung bình được tính từ tất cả các ảnh cường độ sáng tại các bước sóng khác nhau được thể hiện trong hình 7(A). Ảnh cắt ngang theo chiều y - z của ảnh 3 chiều của vật được thể hiện trong hình 7(B).

Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã đề xuất một phương pháp mới được coi là sự kết hợp giữa TD-OCT và FD-OCT để tái tạo hình ảnh 3 chiều của vật thể sinh học với độ phân giải theo các chiều xy và z rất cao. Bộ dịch pha sử dụng hiệu ứng Doppler cho phép thu được chính xác phổ của tín hiệu ánh sáng phản xạ từ vật. Bộ lọc thông dải được sử dụng để lựa chọn phần tín hiệu có chứa thông tin của vật trong phổ của hàm cường độ tín hiệu giao thoa, đồng thời loại bỏ

các tín hiệu gây nhiễu sinh ra bởi sự di chuyển cơ học của gương tham chiếu. Bên cạnh đó, với việc áp dụng các bộ lọc thông dải lên từng vùng khác nhau trong phổ của hàm cường độ sáng giao thoa cho phép chúng ta khôi phục lại thông tin 3 chiều của vật với từng bước sóng hoặc từng dải màu khác nhau mà không yêu cầu bất kỳ một bộ lọc màu vật lý nào.

Hệ quang học được thiết lập rất đơn giản, tuy nhiên kỹ thuật dịch chuyển pha cho phép hàng nghìn bước sóng của nguồn sáng có thể được sử dụng để khôi phục lại hình ảnh 3 chiều của vật. Trong các thí nghiệm được tiến hành trong nghiên cứu này, thời gian đo vật là 8 giây, điều này hoàn toàn có thể giảm xuống đáng kể với việc sử dụng các camera tốc độ khung hình cao hơn. Với camera tốc độ chụp cao hơn, tốc độ của gương tham chiếu khi đó cũng có thể được điều chỉnh tăng lên để thu được thông tin từ nhiều bước sóng của nguồn sáng hơn và hệ thống có thể khôi phục lại được hình ảnh 3 chiều của vật có chiều sâu lớn hơn trong thời gian ngắn hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 103.03-2018.344. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.R. Hee, J.A. Izatt, E.A. Swanson, D. Huang, J.S. Schuman, C.P. Lin, C.A. Puliafito, and J.G. Fujimoto (1995), "Optical coherence tomography of the human retina", *Archiv. Ophthalmol.*, **113**, pp.325-332.
- [2] W. Drexler, U. Morgner, F.X. Kartner, C. Pitris, S.A. Boppart, X.D. Li, E.P. Ippen, and J.G. Fujimoto (1999), "In vivo ultrahigh-resolution optical coherence tomography", *Opt. Lett.*, **24**, pp.1221-1223.
- [3] M. Wojtkowski, T. Bajraszewski, P. Targowski and A. Kowalczyk (2003), "Real-time in vivo imaging by high-speed spectral optical coherence tomography", *Opt. Lett.*, **28**, pp.1745-1747.
- [4] J.F. Boer, B. Cense, B.H. Park, M.C. Pierce, G.J. Tearney, and B.E. Bouma (2003), "Improved signal-to-noise ratio in spectral-domain compared with time-domain optical coherence tomography", *Opt. Lett.*, **28**, pp.2067-2069.
- [5] W.Y. Oh, S.H. Yun, G.J. Tearney, B.E. Bouma (2005), "115 kHz tuning repetition rate ultrahigh-speed wavelength-swept semiconductor laser", *Opt. Lett.*, **30**, pp.3159-3161.
- [6] J.L.B. Ramos, Y. Li, and D. Huang (2009), "Clinical and research applications of anterior segment optical coherence tomography - a review", *Clinical and Experimental Ophthalmology*, **37**, pp.81-89.
- [7] N.D. Shemonski, F.A. South, Y.-Z. Liu, S.G. Adie, P.S. Carney, and S.A. Boppart (2015), "Computational high-resolution optical imaging of the living human retina", *Nat. Photonics*, **9**, pp.440-443.
- [8] J. Scholler, V. Mazlin, O. Thouvenin, K. Groux, P. Xiao, J.-A. Sahel, M. Fink, C. Boccara, and K. Grieve (2019), "Probing dynamic processes in the eye at multiple spatial and temporal scales with multimodal full field oct", *Biomed. Opt. Express*, **10**, pp.731-746.
- [9] P. Mecê, J. Scholler, K. Groux, and C. Boccara (2020), "High-resolution in-vivo human retinal imaging using full-field OCT with optical stabilization of axial motion", *Biomed. Opt. Express*, **11**, pp.492-504.
- [10] Q.D. Pham, S. Hasegawa, T. Kiire, D. Barada, T. Yatagai, and Y. Hayasaki (2012), "Selectable-wavelength low-coherence digital holography with chromatic phase shifter", *Opt. Express*, **20**, pp.19744-19756.

Các tham số mật độ mức cập nhật của hạt nhân ^{153}Sm trong mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược

Nguyễn Ngọc Anh^{1*}, Nguyễn Xuân Hải¹, Nguyễn Quang Hưng^{2,3}, Lê Tấn Phúc^{2,3}, Phạm Đình Khang⁴

¹Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

²Viện Nghiên cứu Khoa học Cơ bản và Ứng dụng, Trường Đại học Duy Tân

³Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân

⁴Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 18/6/2020; ngày chuyển phản biện 22/6/2020; ngày nhận phản biện 20/7/2020; ngày chấp nhận đăng 3/8/2020

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, các tác giả đánh giá lại giá trị tham số mật độ mức a , tham số mật độ mức tiệm cận a_{asy} và tham số năng lượng dịch chuyển ngược trong mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược của hạt nhân ^{153}Sm . Quá trình đánh giá dựa trên các số liệu thực nghiệm về sơ đồ mức hạt nhân trong Thư viện số liệu cấu trúc hạt nhân được đánh giá (ENSDF - Evaluated Nuclear Structure Data File), khoảng cách mức trung bình tại năng lượng liên kết của neutron (D_0), và số liệu cập nhật về sơ đồ mức hạt nhân trong nghiên cứu thực nghiệm phân rã gamma nổi tăng được thực hiện trên Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt. Các bộ giá trị tham số mới cập nhật lần lượt là (1) $a=18,09\pm0,25$ MeV⁻¹ và $E_I=-0,92\pm0,07$ MeV cho trường hợp a không phụ thuộc vào năng lượng; và (2) $a_{asy}=15,00\pm0,20$ MeV⁻¹ và $E_I=-0,81\pm0,08$ MeV cho trường hợp a phụ thuộc vào năng lượng. Mật độ mức xác định được từ các bộ tham số cập nhật trong thực nghiệm của nhóm nghiên cứu phù hợp với các số liệu thực nghiệm hơn so với mật độ mức xác định được từ bộ tham số có trong Thư viện tham số hạt nhân (RIPL-3) phục vụ tính toán phản ứng hạt nhân và đánh giá số liệu hạt nhân. Do đó có thể kết luận rằng, các giá trị mật độ mức cập nhật được xác định trong công trình này có độ chính xác và tin cậy cao hơn các giá trị hiện có trong Thư viện RIPL-3. Do đó khuyến cáo các nghiên cứu về sau nên sử dụng các giá trị mật độ mức cập nhật này.

Từ khóa: mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược, tham số mật độ mức, tham số mật độ mức tiệm cận, tham số năng lượng dịch chuyển ngược.

Chỉ số phân loại: 1.3

Tổng quan

Mật độ mức hạt nhân được định nghĩa là số mức kích thích hạt nhân trên một đơn vị năng lượng kích thích. Đây là một tham số rất quan trọng trong các nghiên cứu về phản ứng hạt nhân, đặc biệt là phản ứng tổng hợp hạt nhân trong vật lý thiên văn [1, 2]. Mặc dù vậy, do các giới hạn về điều kiện, số lượng dữ liệu thực nghiệm về mật độ mức hạt nhân hiện còn rất hạn chế, đặc biệt là tại vùng năng lượng kích thích cao (trên 20 MeV). Trong các vùng mà số liệu thực nghiệm chưa có, mật độ mức hạt nhân được xác định từ các mô hình lý thuyết. Một trong số các mô hình đơn giản và phổ biến nhất được sử dụng để mô tả mật độ mức hạt nhân là mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược (Back-Shifted Fermi Gas - BSFG) [3]. Mô hình BSFG chứa hai tham số tự do là tham số mật độ mức a (hoặc tham số mật độ mức tiệm cận a_{asy}) và tham số năng lượng dịch chuyển ngược E_I . Giá trị của các tham số này cho từng hạt nhân được xác định bằng cách làm khớp mô hình BSFG với các dữ liệu về số đếm mức tích lũy (thường được cung cấp bởi các thư viện số liệu hạt nhân, ví dụ như thư viện số liệu cấu trúc hạt nhân ENSDF [4]) và khoảng cách mức trung bình D_0 tại năng lượng kích thích bằng đúng năng lượng liên kết của neutron

với hạt nhân [5, 6]. Độ chính xác của mật độ mức xác định từ mô hình BSFG phụ thuộc rất lớn vào độ chính xác và tin cậy của các tham số tự do a (hoặc a_{asy}) và E_I .

Đối với hạt nhân ^{153}Sm , giá trị tham số tự do a_{asy} và E_I hiện tại có thể được tìm thấy từ cơ sở dữ liệu hạt nhân tham khảo RIPL-3¹ [7] và dựa trên việc phân tích số liệu thực nghiệm về sơ đồ mức hạt nhân của ^{153}Sm cập nhật đến năm 2006 [8]. Tuy nhiên, trong công trình nghiên cứu gần đây nhất, chúng tôi đã công bố một số lượng lớn số liệu mới trong sơ đồ mức của hạt nhân ^{153}Sm thu được từ phổ phân rã gamma nổi tăng từ phản ứng $^{152}\text{Sm}(n, \gamma)^{153}\text{Sm}$ với nguồn neutron nhiệt từ Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt [9]. Các dữ liệu cập nhật mới này cho phép đánh giá lại các tham số tự do của mô hình BSFG cho hạt nhân ^{153}Sm .

Mục đích chính của nghiên cứu này là đánh giá lại giá trị của các tham số tự do trong mô hình BSFG trên cơ sở các số liệu cập nhật về sơ đồ mức thực nghiệm của hạt nhân

¹Một thư viện các tham số hạt nhân tham khảo. Đây là một trong số các thư viện số liệu hạt nhân được sử dụng rộng rãi nhất trong cộng đồng nghiên cứu vật lý hạt nhân thế giới.

*Tác giả liên hệ: Email: ngocanh8999@gmail.com

Updated nuclear level density parameters of ^{153}Sm nucleus within the back-shifted Fermi gas model

Ngoc Anh Nguyen^{1*}, Xuan Hai Nguyen¹,
Quang Hung Nguyen^{2,3}, Tan Phuc Le^{2,3}, Dinh Khang Pham⁴

¹Dalat Nuclear Research Institute, Vietnam Atomic Energy Institute

²Institute of Fundamental and Applied Sciences, Duy Tan University

³Faculty of Natural Sciences, Duy Tan University

⁴Hanoi University of Science and Technology

Received 18 June 2020; accepted 3 August 2020

Abstract:

The present work re-evaluates the level density parameter a , asymptotic level density parameter a_{asy} , and back-shifted energy parameter E_1 within the back-shifted Fermi gas model (BSFG) for the ^{153}Sm nucleus. This reevaluation is based on the experimental nuclear level scheme extracted from the ENSDF library, the average level spacing at the neutron binding energy (D_0 value), and the latest updated nuclear level scheme obtained from an experimental gamma cascade experiment, which was performed at the Dalat Nuclear Research Reactor using the thermal neutron beam. The updated values of the BSFG level parameters are: (1) $a=18.09\pm0.25$ MeV⁻¹ and $E_1=-0.92\pm0.07$ MeV for the energy-independent level density parameter; and (2) $a_{asy}=15.00\pm0.20$ MeV⁻¹ and $E_1=-0.81\pm0.08$ MeV for the energy-dependent level density parameter. It has been found that the total nuclear level densities calculated using these updated parameters agree with the experimental data better than those using parameters taken from the nuclear reference database RIPL-3. These updated parameters are more accurate and reliable than those extracted from RIPL-3 and are, therefore, highly recommended for all the applications hereafter.

Keywords: asymptotic level density parameter, back-shifted energy parameter, back-shifted Fermi gas model, level density parameter.

Classification number: 1.3

^{153}Sm trong công trình trước đó [9]. Các tham số mới này có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá các mô hình mật độ mức cũng như các tính toán liên quan tới tiết diện phản ứng năng lượng thấp.

Mô hình khí Fermi dịch chuyển ngược và phương pháp xác định giá trị tham số tự do

Mô hình khí Fermi dịch chuyển ngược

Theo mô hình BSFG, mật độ mức hạt nhân $\rho(U, J)$ với U và J lần lượt là năng lượng và moment góc (spin) tổng cộng của hạt nhân kích thích được tính theo công thức sau [3]:

$$\rho_{BSFG}(U) = \frac{\exp[2\sqrt{a(U-E_1)}]}{12\sqrt{2}\sigma a^{\frac{1}{4}}(U-E_1)^{5/4}} \quad (1)$$

$$f(J) = \exp\left[\frac{J^2}{2\sigma^2}\right] - \exp\left[\frac{(J+1)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

$$\rho(U, J) = \rho(U)f(J) \quad (3)$$

trong đó, a là tham số mật độ mức; E_1 là tham số năng lượng dịch chuyển ngược; và σ là tham số cắt nguồn spin (spin cut-off parameter) phụ thuộc vào U , a , và E_1 .

Một trong số các công thức xác định σ phổ biến nhất là [10]:

$$\sigma^2 = 0,0146A^{5/3} \frac{1 + \sqrt{(1 + 4a(U-E_1))}}{2a} \quad (4)$$

trong đó, A là số khối của hạt nhân (bằng tổng số neutron N và số proton Z). Nhìn chung các công thức tính tham số σ khác nhau không có sự khác biệt đáng kể (xem phân tích hệ thống trong tài liệu [11]). Trong nghiên cứu này, chúng tôi xác định σ theo phương trình (4) kết hợp với hiệu chỉnh ở vùng năng lượng thấp theo đề xuất đã nhắc tới trong tài liệu kỹ thuật của RIPL-3 [12].

Ban đầu, tham số a trong mô hình BSFG được giả thiết là không phụ thuộc vào năng lượng kích thích. Tuy nhiên, nhiều kết quả nghiên cứu sau đó đã cho thấy ảnh hưởng đáng kể của hiệu ứng lớp tới mật độ mức, đặc biệt là ở vùng năng lượng kích thích cao. Do đó Ignatuk và cộng sự [6] đã đưa ra công thức hiệu chỉnh ảnh hưởng của hiệu ứng lớp tới tham số a như sau:

$$a(U, Z, A) = a_{asy} \left[1 + \frac{\delta W(Z, A)}{U - E_1} [1 - \exp(-\gamma(U - E_1))] \right] \quad (5)$$

trong đó, a_{asy} là tham số mật độ mức tiệm cận. Tham số a_{asy} không phụ thuộc vào năng lượng kích thích và do đó có thể thay thế a để cùng với E_1 đóng vai trò là các tham số tự do của mô hình BSFG trong trường hợp a được giả thiết là phụ thuộc vào năng lượng kích thích. Tham số $\delta W(Z, A)$ là tham số hiệu chỉnh cho hiệu ứng lớp, được xác định dựa trên sự

chênh lệch về khối lượng hạt nhân thực nghiệm và khối lượng hạt nhân xác định từ mẫu giọt chất lỏng, γ là tham số suy giảm mật độ.

Một mô hình mật độ mức tin cậy không chỉ cần mô tả tốt số đếm mức tích lũy trong vùng gián đoạn mà còn phải phù hợp với số liệu thực nghiệm về khoảng cách mức trung bình D_0 [5, 6]. D_0 được xác định thông qua mật độ mức như sau [12]:

$$D_0^{-1} = \frac{1}{2} \sum_i \rho(B_n, J_i) \quad (6)$$

với J_i là các trạng thái spin của hạt nhân hợp phần và là năng lượng liên kết của neutron với hạt nhân. Đối với hạt nhân ^{153}Sm , spin của hạt nhân hợp phần có một giá trị duy nhất là $\frac{1}{2}\hbar$ và $B_n = 5,868 \text{ MeV}$ [8].

Phương pháp xác định giá trị của các tham số tự do

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành làm khớp mô hình BSFG với số đếm mức tích lũy thực nghiệm $N_{exp}(E_x)$ từ tài liệu [9] và giá trị thực nghiệm từ tài liệu [7] cho hai trường hợp: a phụ thuộc vào năng lượng kích thích và a không phụ thuộc vào năng lượng kích thích. Các kết quả thu được sẽ được so sánh với mật độ mức tính từ các tham số hiện tại của RIPL-3. Lưu ý rằng, tham số của RIPL-3 chỉ tính cho trường hợp tham số a phụ thuộc vào năng lượng kích thích. Giá trị của $\delta W(Z, A)$ và γ được chọn lần lượt bằng $3,67784 \text{ MeV}$ và $0,07671 \text{ MeV}^{-1}$ theo RIPL-3 [7].

Do biểu thức của mô hình BSFG là biểu thức tính mật độ mức, trong khi đó số liệu thực nghiệm lại ở dạng số đếm mức tích lũy, chúng tôi sử dụng biểu thức tích phân đơn giản sau đây để xác định đường đếm mức tích lũy của mô hình BSFG [12]:

$$N_{BSFG}(E_x) = \int_0^{E_x} \rho_{BSFG}(E) dE \quad (7)$$

Các tham số tự do a (hoặc a_{asy}) và E_l của mô hình BSFG được xác định sao cho:

$$\int_0^{E_{max}} [N_{BSFG}(E) - N_{exp}(E)]^2 dE \quad (8)$$

và

$$[D_0^{exp} - D_0^{BSFG}]^2 \quad (9)$$

là cực tiểu. Trong các công thức (8) và (9), E_{max} là ngưỡng mà ở dưới mức năng lượng này toàn bộ các mức kích thích của hạt nhân đều đã được phát hiện bằng thực nghiệm². Đối với hạt nhân ^{153}Sm , E_{max} được xác định lần lượt bằng $1,2$ và $1,8 \text{ MeV}$ đối với đường đếm mức tích lũy toàn phần (xét tới tất cả các spin) và đường đếm mức tích lũy riêng phần (chỉ

xét tới các mức có spin bằng $\frac{1}{2}\hbar$ và $\frac{3}{2}\hbar$) [9]. Quá trình xác định giá trị của các tham số tự do nêu trên được thực hiện bằng chương trình xử lý số liệu ROOT [13] và thư viện cực tiểu hóa MINUIT2 [14].

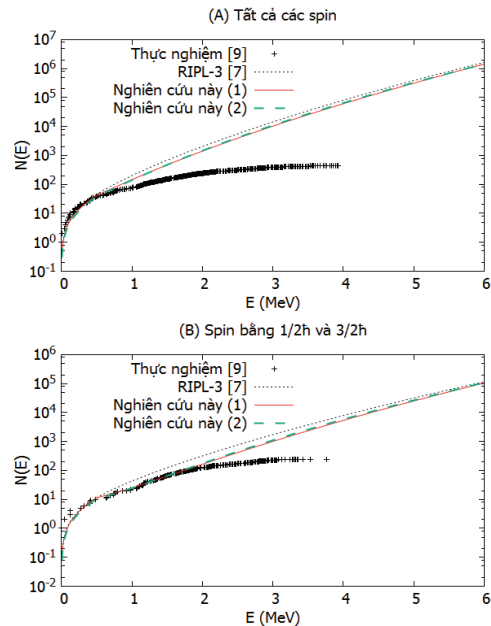
Kết quả và thảo luận

Giá trị các tham số tự do của mô hình BSFG cho hạt nhân ^{153}Sm thu được trong nghiên cứu của chúng tôi được trình bày ở bảng 1. Kết quả cho thấy, giá trị của các tham số tự do trong trường hợp a phụ thuộc vào năng lượng khác biệt không nhiều so với bộ tham số hiện tại trong RIPL-3. Giá trị D_0^{BSFG} tương ứng với hai bộ tham số thu được trong nghiên cứu và bộ tham số từ RIPL-3 đều phù hợp với giá trị thực nghiệm $D_0^{exp} = 48 \pm 3 \text{ eV}$ [7].

Bảng 1. Giá trị các tham số tự do trong mô hình BSFG cho hạt nhân ^{153}Sm .

Tham số	Nghiên cứu này (1) (a không phụ thuộc năng lượng)	Nghiên cứu này (2) (a phụ thuộc năng lượng)	RIPL-3
$a \text{ (MeV}^{-1}\text{)}$	$18,09 \pm 0,25$	-	-
$a_{asy} \text{ (MeV}^{-1}\text{)}$	-	$15,00 \pm 0,20$	$15,10 \pm 0,17$
$E_l \text{ (MeV)}$	$-0,92 \pm 0,07$	$-0,81 \pm 0,08$	$-0,8778$
$D_0^{BSFG} \text{ (eV)}$	$48,06$	$48,42$	$47,98$

So sánh đường đếm mức tích lũy thu được từ BSFG với các bộ tham số trong bảng 1 với số liệu thực nghiệm từ tài liệu [9] trong hai trường hợp: số đếm mức tích lũy toàn phần (tính tới toàn bộ spin của các mức) và riêng phần (chỉ tính tới các mức có spin bằng $\frac{1}{2}\hbar$ và $\frac{3}{2}\hbar$) được trình bày ở hình 1.

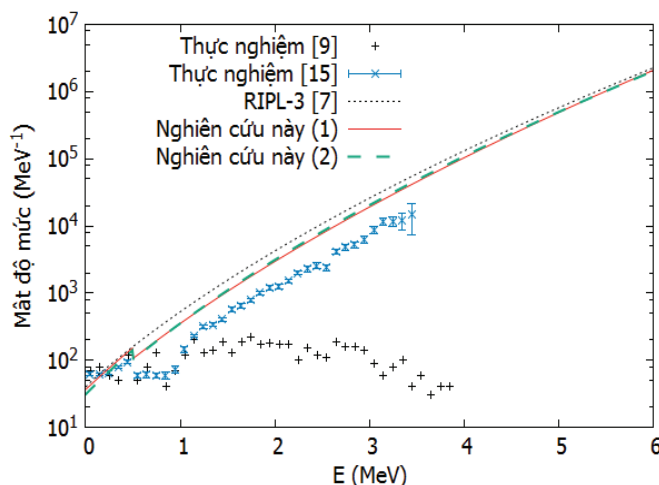


Hình 1. So sánh đường đếm mức tích lũy theo mô hình BSFG xác định từ các bộ tham số khác nhau với số liệu thực nghiệm trong tài liệu [9]. Nghiên cứu này (1) tương ứng với trường hợp tham số a không phụ thuộc vào năng lượng; (2) tham số a phụ thuộc vào năng lượng như trong bảng 1.

²Các mức nằm dưới ngưỡng E_{max} có thể được phát hiện nhưng chưa xác định được một cách đơn trị giá trị spin và độ chắn lẻ.

Quan sát hình 1A cho thấy, bộ tham số của RIPL-3 chỉ mô tả tốt đường đếm mức tích lũy toàn phần thực nghiệm trong vùng từ 0 đến khoảng 0,5 MeV; trong khi đó hai bộ tham số trong nghiên cứu này cho phép mô tả tốt đến khoảng 0,8 MeV. Tương tự, với đường đếm mức tích lũy riêng phần, hai bộ tham số xác định từ nghiên cứu của chúng tôi cho phép mô tả tốt số liệu thực nghiệm từ 0 đến 1,8 MeV, trong khi bộ tham số của RIPL-3 [7] chỉ có thể mô tả số liệu thực nghiệm đến khoảng 0,5 MeV (hình 1B). Nhìn chung hai bộ tham số trong nghiên cứu của chúng tôi cho phép mô tả số liệu đếm mức tích lũy thực nghiệm đã được cập nhật tốt hơn so với bộ tham số hiện có trong RIPL-3 (dựa trên số đếm mức tích lũy trước năm 2006).

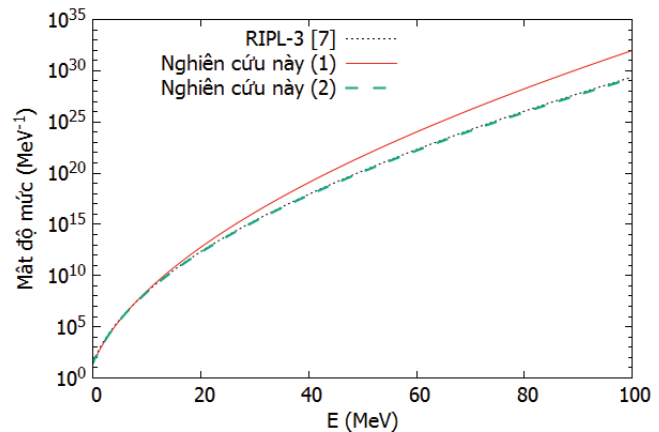
So sánh mật độ mức toàn phần tương ứng với ba bộ tham số khác nhau với số liệu mật độ mức thực nghiệm của ^{153}Sm xác định từ phản ứng (p, d) trong tài liệu [15] được trình bày ở hình 2.



Hình 2. So sánh mật độ mức toàn phần theo mô hình BSFG với các bộ tham số tự do khác nhau với số liệu thực nghiệm từ phản ứng (p, d) [15].

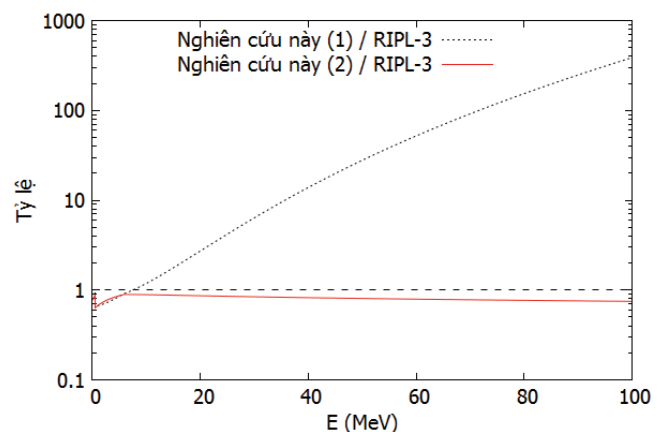
Kết quả hình 2 cho thấy, cả ba đường mật độ mức đều có dạng điệu tương đối phù hợp với dạng điệu của số liệu thực nghiệm từ phản ứng (d, p), mặc dù vậy cả ba đường mật độ mức đều chỉ phù hợp với số liệu thực nghiệm về độ lớn trong vùng năng lượng kích thích dưới 0,5 MeV. Tại vùng năng lượng trên 0,5 MeV, đường mật độ mức BSFG ứng với hai bộ tham số xác định từ nghiên cứu của chúng tôi gần với giá trị thực nghiệm của tài liệu [15] hơn so với đường mật độ mức tính theo các tham số tự do của RIPL-3.

So sánh mật độ mức toàn phần thu được từ mô hình BSFG với các bộ tham số khác nhau trong dải năng lượng kích thích từ 0 đến 100 MeV được trình bày ở hình 3.



Hình 3. So sánh mật độ mức hạt nhân trong mô hình BSFG theo các bộ tham số khác nhau.

Trong vùng năng lượng kích thích cao, đường mật độ mức theo giả thiết a phụ thuộc năng lượng xác định trong nghiên cứu của chúng tôi khác biệt nhỏ so với đường mật độ mức xác định từ tham số của RIPL-3. Tuy nhiên, đường mật độ mức tương ứng với trường hợp a không phụ thuộc năng lượng có giá trị cao hơn rõ rệt so với đường mật độ mức từ RIPL-3 (khoảng hai bậc độ lớn) tại vùng năng lượng kích thích trên 50 MeV. Điều này hoàn toàn dễ hiểu vì trong trường hợp a không phụ thuộc năng lượng, sự suy giảm mật độ mức gây bởi hiệu ứng lớp không được xét đến. Trong vùng năng lượng nhỏ hơn 15 MeV, sự khác biệt của mật độ mức tính từ BSFG sử dụng hai bộ tham số “nghiên cứu này (1)” và “nghiên cứu này (2)” là không đáng kể. Do đó, bộ tham số tương ứng với “nghiên cứu này (1)” được khuyến khích sử dụng để tính mật độ mức ở vùng năng lượng thấp (dưới 15 MeV) vì các tính toán đơn giản hơn so với trường hợp a phụ thuộc vào năng lượng. Trong vùng năng lượng cao, bộ tham số “nghiên cứu này (2)” có độ tin cậy cao hơn do đã tích hợp thành phần hiệu chỉnh hiệu ứng lớp và do vậy được khuyến cáo sử dụng.



Hình 4. Tỷ số mật độ mức tính từ mô hình BSFG với các bộ tham số thu được trong nghiên cứu của chúng tôi so với giá trị tính từ các tham số của RIPL-3.

Hình 4 biểu diễn một cách rõ ràng hơn sự khác biệt giữa mật độ mức tính từ bộ tham số “nghiên cứu này (2)” so với bộ tham số của RIPL-3 tại vùng năng lượng cao. Sự khác biệt giữa hai đường mật độ mức này vào khoảng 10 đến 30% trong toàn bộ dải năng lượng. Có thể thấy rằng, mặc dù giá trị của các tham số tự do chỉ thay đổi nhỏ (xem bảng 1) nhưng sự chênh lệch về giá trị mật độ mức là đáng kể, đặc biệt là tại vùng năng lượng kích thích cao trên 20 MeV (hình 4). Điều này cho thấy ý nghĩa quan trọng của việc cập nhật giá trị các tham số tự do của mô hình BSFG khi số liệu thực nghiệm được cập nhật.

Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thực hiện việc xác định lại giá trị của các tham số mật độ mức, tham số mật độ mức tiệm cận và tham số năng lượng dịch chuyển ngược trong mô hình mật độ mức BSFG cho hạt nhân ^{153}Sm . Giá trị của các tham số này được đánh giá dựa trên số liệu thực nghiệm về sơ đồ mức hạt nhân trong thư viện số liệu hạt nhân quốc tế ENSDF, khoảng cách mức trung bình tại năng lượng liên kết neutron và sơ đồ mức cập nhật từ nghiên cứu phân rã gamma nổi bật bằng phổ kế trùng phùng gamma-gamma. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mật độ mức xác định từ các giá trị tham số trong nghiên cứu này mô tả các số liệu thực nghiệm đã được cập nhật tốt hơn mật độ mức xác định từ các giá trị tham số hiện có trong thư viện RIPL-3. Giá trị của các tham số mới được cập nhật trong nghiên cứu này có độ chính xác và tin cậy cao hơn các giá trị hiện tại trong thư viện RIPL-3 và do đó được khuyến cáo sử dụng thay cho các tham số chưa được cập nhật trong thư viện.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện dưới sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài “Nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết mật độ mức và hàm lực bức xạ của một số hạt nhân kích thích” thuộc Chương trình phát triển vật lý đến năm 2020, mã số ĐTĐLCN.02/19 và đề tài cấp nhà nước mã số KC.05.18/16-20. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Rauscher and F.K. Thielemann (2000), “Astrophysical reaction rates from statistical model calculations”, *At. Data Nucl. Data Tables*, **75**, p.1.
- [2] T. Rauscher, F.K. Thielemann, and K.L. Kratz (1997), “Nuclear level density and the determination of thermonuclear rates for astrophysics”, *Phys. Rev.*, **C56**, p.1613.
- [3] A. Gilbert and A.G.W. Cameron (2011), “A composite nuclear-level density formula with shell corrections”, *Can. J. Phys.*, **43**, p.1446.
- [4] <https://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>,
- [5] S.I. Sukhoruchkin, et al. (2000), *Low Energy Neutrons and Their Interaction with Nuclei and Matter*, Springer-Verlag, Berlin.
- [6] A.V. Ignatyuk (2000), *Contribution to the Second CRP Meeting on RIPL-2*, Verenna.
- [7] <https://www-nds.iaea.org/RIPL-3>.
- [8] R.G. Helmer (2006), “Nuclear data sheets A = 153”, *Nuclear Data Sheets*, **107**, p.507.
- [9] Nguyen Ngoc Anh, Nguyen Quang Hung, Nguyen Xuan Hai, Pham Dinh Khang, A.M. Sukhovich, L.V. Mitsyna, Ho Huu Thang, Le Hong Khiem (2009), “Level scheme of ^{153}Sm obtained from the $^{152}\text{Sm}(\text{nth}, \gamma)$ reaction using a γ - γ coincidence spectrometer”, *Phys. Rev.*, **C100**, p.024324.
- [10] H. Zhongfu, H. Ping, S. Zongdi, and Z. Chunmei (1991), “New sets of back-shifted level density parameters”, *Chin. J. Nucl. Phys.*, **13**, p.147.
- [11] A.C. Larsen, et al. (2011), “Analysis of possible systematic errors in the Oslo method”, *Phys. Rev.*, **C83**, p.034315.
- [12] R. Capote, et al. (2009), “RIPL - Reference input parameter library for calculation of nuclear reactions and nuclear data evaluations”, *Nucl. Data Sheets*, **110**, p.3107.
- [13] <https://root.cern.ch/>.
- [14] <http://seal.web.cern.ch/seal/snapshot/work-packages/mathlibs/minuit/>.
- [15] A. Simon, et al. (2016), “First observation of low-energy γ -ray enhancement in the rare-earth region”, *Phys. Rev.*, **C93**, p.034303.

Đa dạng thành phần loài cây tinh dầu khu vực Tây Nguyên và hoạt tính kháng vi sinh vật kiểm định, kháng viêm của tinh dầu Giỏi chanh (*Magnolia citrata* Noot. & Chalermglin) và Mật hương (*Hedyosmum orientale* Merr. & Chun)

Lưu Đàm Ngọc Anh^{1*}, Nguyễn Hải Đăng², Bùi Văn Hương¹, Ninh Khắc Bản³, Nguyễn Chi Mai³, Lưu Đàm Cư¹

¹Bảo tàng Thiên nhiên Việt Nam, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Viện Hóa sinh biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài 6/7/2020; ngày chuyển phản biện 10/7/2020; ngày nhận phản biện 14/8/2020; ngày chấp nhận đăng 26/8/2020

Tóm tắt:

Tây Nguyên có đặc điểm địa hình cao nguyên, điều kiện khí hậu á nhiệt đới, tài nguyên thực vật phong phú, rất phù hợp để phát triển tài nguyên cây tinh dầu. Đề tài đã tiến hành khảo sát điều tra đánh giá tài nguyên tinh dầu tại 5 tỉnh: Lâm Đồng, Kon Tum, Gia Lai, Đắk Nông, Đắk Lắk; tiến hành nghiên cứu 248 loài thực vật có giá trị cung cấp tinh dầu; nghiên cứu đánh giá về hàm lượng tinh dầu trong các bộ phận của cây, thành phần hóa học tinh dầu và hoạt tính sinh học của một số loài. Nhóm tác giả cũng đã tiến hành nghiên cứu hàm lượng, thành phần hóa học, hoạt tính sinh học và xác định một số loài có tiềm năng sử dụng cho dược phẩm do nồng độ và chất lượng dầu cao, chẳng hạn như một số loài trong chi *Gaultheria*, *Magnolia*...

Từ khóa: *Hedyosmum orientale*, hoạt tính sinh học, *Magnolia citrata*, tài nguyên tinh dầu, Tây Nguyên, thành phần loài.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

Tây Nguyên được đánh giá là vùng có tiềm năng kinh tế lớn và tầm quan trọng đặc biệt về an ninh quốc phòng, gồm 5 tỉnh Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông, Lâm Đồng với diện tích 42.696 km². Vùng đất Tây Nguyên có điều kiện tự nhiên và địa hình khá độc đáo, diện tích rừng nguyên sinh còn chiếm tỷ lệ đáng kể. Khu hệ thực vật ở đây khá phong phú, đa dạng. Việc điều tra, đánh giá tổng thể về nguồn tài nguyên tinh dầu ở từng khu vực Tây Nguyên được thực hiện từ năm 1976, đến nay đã có nhiều thay đổi, cần được nghiên cứu bổ sung và cập nhật do quá trình phát triển kinh tế - xã hội, diện tích rừng và đa dạng sinh học ở đây đã bị suy giảm nghiêm trọng.

Trong số các nhóm cây có ích, cây tinh dầu là một trong những nhóm cây có giá trị kinh tế cao. Theo tính toán, nếu được nghiên cứu đầy đủ số loài cây có tinh dầu tại các tỉnh Tây Nguyên vào khoảng trên 700 loài. Một số họ thực vật có tất cả các loài đều có khả năng tổng hợp và tích lũy tinh dầu, và có tầm quan trọng trong việc đánh giá tài nguyên cây tinh dầu của hệ thực vật [1, 2].

Các cơ quan có nhiều thành tựu trong nghiên cứu cây tinh dầu ở Việt Nam phải kể đến là Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công

nghệ Việt Nam, Viện Dược liệu, Trường Đại học Dược, Trường Đại học Vinh và Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Ngoài việc nhập nội, thuần hóa và đưa vào sản xuất với quy mô lớn một số loài cây tinh dầu nhằm phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu (Bạc hà á, Sả java...), các nhà thực vật học Việt Nam đã thực hiện nhiều công trình điều tra, nghiên cứu nhằm đánh giá tiềm năng tài nguyên cây tinh dầu của đất nước và từng bước phát triển, khai thác các cây tinh dầu bản địa, góp phần phát triển kinh tế - xã hội. Tuy vậy, đến nay số lượng loài cây tinh dầu của hệ thực vật Việt Nam được khai thác bền vững trong tự nhiên hoặc đưa vào trồng với mục đích kinh tế không nhiều [3].

Tây Nguyên là vùng có diện tích rừng lớn, với thảm thực vật đa dạng, phong phú về chủng loại, giàu có về khối lượng. Qua nghiên cứu và tổng hợp các tài liệu tại Tây Nguyên, đã ghi nhận được 4.782 loài thuộc 1.458 chi và 257 họ thực vật trong các ngành thực vật bậc cao có mạch (Psilotophyta - Khuyết lá thông, Lycopodiophyta - Thông đất, Equisetophyta - Cỏ tháp bút, Polypodiophyta - Dương xỉ, Pinophyta - Thông và Magnoliophyta - Ngọc lan), trong đó ngành Ngọc lan (Magnoliophyta) là đa dạng nhất, với 4.393 loài (chiếm 91,86% tổng số loài). Với thành phần loài

*Tác giả liên hệ: Email: ngocanh@vnmn.vast.vn

Diversity of oil plant resources in the Central Highlands region and antimicrobial, anti-inflammatory activities of essential oils of *Magnolia citrata* Noot. & Chalermglin and *Hedyosmum orientale* Merr. & Chun

Dam Ngoc Anh Luu^{1*}, Hai Dang Nguyen²,
Van Huong Bui¹, Khac Ban Ninh²,
Chi Mai Nguyen³, Dam Cu Luu¹

¹Vietnam National Museum of Nature,
Vietnam Academy of Science and Technology

²University of Science and Technology of Hanoi,
Vietnam Academy of Science and Technology

³Institute of Marine Biochemistry,
Vietnam Academy of Science and Technology

Received 6 July 2020; accepted 26 August 2020

Abstract:

The Central Highlands (Tay Nguyen) possesses suitable resources for the cultivation of valuable industrial plants. The region also enjoys favourable conditions, which are highland topography, sub-tropical climate, and abundant flora, for the flourishing of essential oil resources. The authors conducted surveys and assessments in five provinces: Lam Dong, Kon Tum, Gia Lai, Dak Lak, and Dak Nong. As a result, there were 248 plants with sufficient essential oil contents were identified. Besides, the authors also conducted research on the contents, chemical compositions, bioactivities, and recognised several species with considerable potentials for pharmaceutical use, due to their high concentration and quality of oils such as some in the genera *Gaultheria*, *Magnolia*, etc..

Keywords: bioactivities, essential oil resources, *Hedyosmum orientale*, *Magnolia citrata*, species composition, Tay Nguyen.

Classification number: 1.6

lớn và đa dạng, hệ thực vật Tây Nguyên chứa đựng nguồn tài nguyên thực vật phong phú và có giá trị kinh tế lớn. Hiện đã xác định hơn 600 loài cây gỗ lớn, 1.713 loài cây làm thuốc (chiếm 35,82% tổng số loài thực vật) của 257 họ trong các ngành thực vật bậc cao có mạch; trong đó ngành Ngọc lan có 1.582 loài (chiếm 92,35% tổng số loài làm thuốc) [4].

Vì vậy, việc điều tra, đánh giá hiện trạng về nguồn nguyên liệu có tinh dầu tại đây, phát hiện những loài cây có tinh dầu có triển vọng kinh tế, nhằm bảo tồn nguồn gen và từng bước gây trồng chúng, tạo nguồn nguyên liệu hàng hoá để sử dụng bền vững là vấn đề quan trọng và cấp bách. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, chúng tôi báo cáo kết quả điều tra tài nguyên cây tinh dầu trong năm 2017, 2018, 2019 được tiến hành tại 5 tỉnh Lâm Đồng, Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

Thực vật bậc cao có mạch, chứa tinh dầu, phân bố trong tự nhiên tại khu vực Tây Nguyên.

Khu vực nghiên cứu

Vườn quốc gia Bidoup - Núi Bà (Lâm Đồng); Vườn quốc gia Kon Ka Kinh (Gia Lai); Khu bảo tồn Kon Chư Răng, Rừng đặc dụng Iagrai (Gia Lai); các xã Măng Buk, Măng Đen (huyện Kon P'lông, tỉnh Kon Tum); xã Sơn Lang (huyện K'bang, tỉnh Gia Lai); Vườn quốc gia Chư Yang Sin (Đắk Lắk); Vườn quốc gia Tà Đùng (Đắk Nông).

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu thực vật: mẫu vật được thu thập trong quá trình điều tra. Mẫu được thu theo tuyến, đi qua tất cả các sinh cảnh đặc trưng của hệ thực vật khu vực nghiên cứu. Số hiệu mẫu vật phải được ghi tại hiện trường và trùng (cùng số hiệu) với số hiệu của phiếu cung cấp thông tin:

- Đối với mẫu thực vật, mẫu nghiên cứu gồm 2 phần: mẫu phân tích là bộ phận cơ thể thực vật chứa tinh dầu (lá, quả, rễ, thân, cả cây...), mỗi mẫu 0,5-3 kg tươi dùng để thu tinh dầu và phân tích trong phòng thí nghiệm; mẫu dùng để định tên khoa học. Đối với mẫu dùng để định tên, cần thu mỗi số hiệu 5 mẫu (tiêu bản) là cành lá có cơ quan sinh sản.

- Định tên mẫu vật theo phương pháp hình thái so sánh, đối với các mẫu trong đề tài, danh pháp được sử dụng theo tài liệu của Thực vật chí và Danh lục thực vật Việt Nam, Cơ sở dữ liệu TROPICOS của Vườn thực vật Missouri (Hoa Kỳ).

Phương pháp nghiên cứu tinh dầu: mẫu thu về 0,5-3 kg

(hoa, lá, quả...) để khô ráo, cắt nhỏ, chưng cất theo phương pháp lôi cuốn hồi lưu bằng bộ xác định tinh dầu Clevenger với thời gian 2-4 h ở áp suất thường theo tiêu chuẩn của Dược điển Việt Nam [5]. Tinh dầu của các bộ phận khác nhau được định lượng theo phương pháp I của Dược điển Việt Nam.

Phương pháp nghiên cứu hoạt tính sinh học:

a) Phương pháp thử hoạt tính kháng vi sinh vật kiểm định:

Sử dụng phương pháp của F. Hadacek & H. Greger (2000) để đánh giá khả năng kháng vi sinh vật của tinh dầu từ 2 loài *Magnolia citrata* và *Hedyosmum orientale* [6].

Các chủng vi sinh vật kiểm định chuẩn quốc tế ATCC: 3 chủng vi khuẩn Gram(-) (*Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Salmonella enterica* ATCC12228), 3 chủng Gram(+) (*Enterococcus faecalis* ATCC13124, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Bacillus cereus* ATCC 13245), 1 chủng nấm men *Candida albicans* ATCC10231 được cung cấp bởi Viện Kiểm nghiệm vệ sinh an toàn thực phẩm quốc gia.

Cách tiến hành: thực hiện dựa trên phương pháp vi định lượng trên môi trường lỏng. Đây là phương pháp thử hoạt tính kháng vi sinh vật và nấm nhằm đánh giá mức độ kháng khuẩn mạnh/yếu của các mẫu thử thông qua các giá trị thể hiện hoạt tính là MIC (nồng độ ức chế tối thiểu).

- Mẫu ban đầu được pha loãng trong DMSO và nước cất vô trùng thành một dãy nồng độ là 256, 128, 32, 8, 4, 2 và 1 µg/ml.

- Chuẩn bị dung dịch vi khuẩn hoặc nấm với nồng độ 5.10^5 CFU/ml khi tiến hành thử.

- Chuẩn bị mẫu đối chứng: mẫu đối chứng (+) kháng sinh được pha trong nước cất theo nồng độ 10 mg/ml và khử trùng bằng màng lọc Millipore 0,22 µm; tiến hành các bước thí nghiệm tiếp theo tương tự như các chất thử khác. Mẫu đối chứng (-) chất thử được thay thế bằng nước cất vô trùng.

- Sau 24 h đọc giá trị MIC bằng mắt thường. Giá trị MIC được xác định tại giếng có nồng độ chất thử thấp nhất gây ức chế hoàn toàn sự phát triển của vi sinh vật.

Thí nghiệm được lặp lại với n=3.

b) Phương pháp đánh giá hoạt tính kháng viêm:

Sử dụng phương pháp của V.M. Dirsch, H. Stuppner, A.M. Vollmar (1998) nhằm đánh giá khả năng kháng viêm của tinh dầu từ 2 loài *Magnolia citrata* Noot. & Chalermglin và *Hedyosmum orientale* Merr. & Chun. Hoạt tính kháng viêm được đánh giá qua tác dụng ức chế sản sinh nitric

oxide (NO). Gốc tự do NO được sản sinh ở nhiều loại tế bào khác nhau. Nồng độ NO trong môi trường thực nghiệm được xác định thông qua phản ứng Griess. Phản ứng dựa trên sự tạo phức màu của NO trong thí nghiệm ở dạng nitrit với thuốc thử Griess. Sử dụng thiết bị đo sự thay đổi mật độ quang tại bước sóng 545 nm. Hoạt tính kháng viêm được tiến hành sau khi kiểm tra độc tính tế bào bằng phương pháp so màu MTT [7].

Các bước thử nghiệm đánh giá hoạt tính kháng viêm của tinh dầu như sau:

Bước 1: chuẩn bị, tế bào RAW264.7 được nuôi trong môi trường DMEM có bổ sung FBS, penicilin, streptomycin và L-glutamine trong 3-5 ngày ở điều kiện 37°C.

Bước 2: kiểm tra độc tính của các chất thử đối với tế bào RAW264.7 theo phương pháp so màu MTT ở nồng độ 30 và 100 µg/ml.

Bước 3: đánh giá khả năng ức chế sự sản sinh NO.

Bước 4: xử lý số liệu.

Kết quả nghiên cứu

Đa dạng thành phần loài cây tinh dầu

Kết quả điều tra nghiên cứu ghi nhận 248 loài thực vật bậc cao chứa tinh dầu thuộc 39 họ, 2 ngành (Hạt trần và Hạt kín). Các loài thuộc lớp Hai lá mầm, ngành Hạt kín chiếm đa số.

Bảng 1. Sự phân bố các taxon của cây tinh dầu tại Tây Nguyên.

Taxon bậc ngành/lớp	Số họ	Số chi	Số loài
Ngành Hạt trần - Pinophyta	4	8	12
Ngành Hạt kín - Angiophyta	35	122	236
Lớp Một lá mầm - Liliopsida	1	19	34
Lớp Hai lá mầm - Magnolia	34	103	202
Tổng	39	130	248

Trong đó, một số họ có các chi tập trung nhiều các loài có chứa tinh dầu như: *Piper* - 13 loài (Piperaceae), *Fissistigma* - 4 loài (Annonaceae), *Uvaria* - 4 loài (Annonaceae), *Litsea* - 9 loài (Lauraceae), *Magnolia* - 6 loài (Magnoliaceae), *Syzygium* - 10 loài (Myrtaceae), *Pinus* - 4 loài (Pinaceae), *Zantoxylum* - 4 loài (Rutaceae), đáng chú ý họ Ericaceae - Đỗ quyên có duy nhất 1 chi chứa tinh dầu *Gaultheria* với 2 loài *Gaultheria griffithiana*, *Gaultheria sleumeri*.

Số lượng các loài cây chứa tinh dầu trong bảng trên là số lượng các loài đã được nghiên cứu trong các năm 2017-2019. Trên thực tế thành phần loài cây tinh dầu trong khu vực nghiên cứu chắc chắn đa dạng và có số lượng lớn hơn.

Kết quả điều tra cũng ghi nhận 7 họ thực vật giàu loài

chứa tinh dầu, được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Một số đại diện trong các họ giàu loài cây chứa tinh dầu có hàm lượng tinh dầu cao tại Tây Nguyên.

Họ	Số loài	Một số đại diện đã nghiên cứu, hàm lượng tinh dầu đạt 0,5-2%
Họ Long não	36 loài	<i>Litsea lancifolia</i> (cành lá: 0,5%), <i>cinnamomum balansae</i> (cành lá, quả: 1,5%), <i>Cinnamomum iners</i> (cành lá: 1,6%), <i>Cinnamomum magnificum</i> (cành lá: 1,2%), <i>Actinodaphne sesquipedalis</i> (cành lá: 1,2%), <i>Machilus odoratissima</i> (quả: 1%), <i>Machilus cochinchinensis</i> (quả: 2%)...
Họ Na	28 loài	<i>Artabotrys phuogianus</i> (lá: 1,2%), <i>Fissistigma polyanthoides</i> (cành lá: 1,5%), <i>Artabotrys pallens</i> (cành lá: 0,7%), <i>Fissistigma acuminatissimum</i> (lá: 0,6%), <i>Monoon vietnamensis</i> (lá: 0,65%)...
Họ Gừng	31 loài	<i>Zingiber laoticum</i> (phần trên đất: 1,8%), <i>Amomum kwangsiense</i> (cành lá: 0,5%), <i>Zingiber clarkei</i> (quả: 1%)...
Họ Hồ tiêu	13 loài	<i>Piper cambodianum</i> (quả: 1,5%), <i>Piper betle f. densum</i> (cành lá: 1,4%), <i>Piper carnibracteum</i> (quả: 1,1%)...
Họ Cam	13 loài	<i>Melicope pteleifolia</i> (cành lá: 0,8%), <i>Euodia simplicifolia</i> (cành lá: 1%), <i>Luvunga scandens</i> (cành lá: 0,7%)...
Họ Sim	19 loài	<i>Tristanopsis burmanica</i> (lá: 1,1%), <i>Decaspermum gracilentum</i> (lá: 0,6%), <i>Syzygium acuminatissimum</i> (cành lá: 0,5%), <i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (cành lá: 0,5%)...
Họ Cúc	12 loài	<i>Adenostemma viscosum</i> (cây: 0,7%), <i>Ageratum houstonianum</i> (cây: 1,1%), <i>Wedelia chinensis</i> (phần trên đất: 1%), <i>Conyza canadensis</i> (phần trên đất: 1,9%)...

Như vậy, các họ giàu loài cây tinh dầu tại Tây Nguyên gồm: Lauraceae (Long não), Zingiberaceae (Gừng), Annonaceae (Na)...

Trong số các nhóm cây có ích, tài nguyên cây tinh dầu là một trong những nhóm cây có giá trị kinh tế cao và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Theo tính toán nếu được nghiên cứu đầy đủ, số loài cây có tinh dầu tại các tỉnh Tây Nguyên vào khoảng trên 700 loài trên tổng số 3.000 loài cây tinh dầu ước tính có ở Việt Nam. Một số họ có tất cả các loài đều có khả năng tổng hợp và tích lũy tinh dầu, và có tầm quan trọng trong việc đánh giá tài nguyên cây tinh dầu trong các hệ thực vật.

Ngoài ra, nhiều họ thực vật chỉ có một số loài có khả năng tích lũy tinh dầu, do vậy việc xác định chính xác số loài cây tinh dầu trong mỗi khu vực cần có thời gian nghiên cứu chi tiết hơn.

Đặc điểm định khu tinh dầu

Đặc điểm định khu của tinh dầu trong cơ thể thực vật là

một đặc điểm của loài. Một số loài tinh dầu được tổng hợp và tích lũy trong tất cả các bộ phận của cây (*Hedyosmum orientale*, các loài họ Zingiberaceae...), trong khi đó ở một số loài tinh dầu chỉ tìm thấy trong một số bộ phận nhất định (vỏ thân, lá, hoa, rễ...).

Ngay trong một loài chứa tinh dầu ở các bộ phận của cây, tinh dầu ở các cơ quan khác nhau không giống nhau về hàm lượng và thành phần hóa học.

Khi nghiên cứu hàm lượng và thành phần hóa học tinh dầu của các loài cùng một chi, đã phát hiện ra rằng ở một số loài tinh dầu tập trung ở một số bộ phận nhất định (ví dụ vỏ thân của *Cinnamomum cassia*), nhưng ở loài khác tinh dầu được tích lũy với hàm lượng không đáng kể (*Cinnmorum balansae*).

Thử nghiệm hoạt tính

Đề tài tiến hành thử hoạt tính sinh học của một số loài cây có hàm lượng tinh dầu cao được thu thập tại khu vực Tây Nguyên. Sau đây là kết quả thử hoạt tính của hai loài đã nghiên cứu:

- Tinh dầu của Giỏi chanh *Magnolia citrata* thu tại Lâm Đồng (MC).

- Tinh dầu của Mật hương *Hedyosmum orientale*, loài đặc hữu thu tại Kon Tum (HO).

Kết quả thử sàng lọc hoạt tính kháng viêm thông qua hoạt động ức chế sự sản sinh NO được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thử sàng lọc hoạt tính ức chế sản sinh NO.

Tên mẫu	Nồng độ (µg/ml)	% Ức chế	Sai số	% Tế bào sống	Sai số
HO	30	52,41	0,73	90,62	0,99
	100	91,32	1,34	78,42	2,35
MC	30	95,82	1,37	51,22	2,32
	100	97,75	0,17	6,98	1,70
Cardamonin*(µM)	0,3	34,08	0,34	93,93	1,32
	3	87,78	0,77	86,25	0,59

*Cardamonin: được sử dụng làm chất đối chứng dương.

Kết quả bảng 3 cho thấy, mẫu MC có ức chế sản sinh NO mạnh ở cả hai nồng độ thử nghiệm 30 và 100 µg/ml, tuy nhiên đều gây độc tế bào RAW264.7 ở hai nồng độ này. Mẫu HO có hoạt tính ức chế sản sinh NO tốt ở cả hai nồng độ 30 và 100 µg/ml, ở nồng độ 100 µg/ml có gây độc nhẹ tế bào thử nghiệm.

Kết quả khảo sát hoạt tính kháng vi sinh vật (VSV) kiểm định được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Nồng độ ức chế tối thiểu MIC kháng VSV kiểm định của 2 mẫu.

Tên mẫu	Chủng VSV						
	Gram(+)	Gram(+)	Gram(+)	Gram(-)	Gram(-)	Gram(-)	Nấm men
	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC29912	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	<i>Bacillus cereus</i> ATCC13245	<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853	<i>Salmonella enterica</i> ATCC13076	<i>Candida albicans</i> ATCC10231
HO (µg/ml)	32	256	256	32	32	128	256
MC (µg/ml)	16	8	4	1	2	4	8
Kháng sinh (µg/ml)	Streptomycin	256	256	128	32	256	128
	Tetramycin	4	16	64	8	256	256
	Kanamycin	128	4	8	128	64	16
	Nistatin	-	-	-	-	-	8
	Cyclohexamide	-	-	-	-	-	32

Kết quả khảo sát hoạt tính kháng VSV kiểm định trên các chủng Gram(+), Gram(-) và nấm men ở bảng 4 cho thấy:

MC thể hiện hoạt tính mạnh đối với các chủng Gram(+), Gram(-) và nấm men:

+ Với các chủng Gram(+): mẫu MC có hoạt động ức chế vi khuẩn *Enterococcus faecalis* ATCC29912, *Staphylococcus aureus* và *Bacillus cereus* ATCC13245 mạnh với giá trị MIC lần lượt là 16, 8 và 4 µg/ml.

+ Với các chủng Gram(-): mẫu MC có hoạt tính ức chế vi khuẩn *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 và *Salmonella enterica* ATCC13076 tốt với giá trị MIC lần lượt là 1, 2 và 4 µg/ml.

+ Mẫu *Magnolia citrata* có hiệu quả ức chế nấm men *Candida albicans* ATCC10231 mạnh với giá trị MIC=8 µg/ml.

+ HO thể hiện hiệu quả yếu trên vi khuẩn *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Bacillus cereus* ATCC13245 và nấm men *Candida albicans* ATCC10231, có hoạt động ức chế vi khuẩn Gram(+) *Enterococcus faecalis* ATCC29912 tốt với giá trị MIC=32 µg/ml và có hoạt tính ức chế vi khuẩn Gram(-) *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 tốt với giá trị MIC=32 µg/ml.

Như vậy, hai loài trên đều thể hiện hoạt tính kháng VSV tốt, riêng mẫu tinh dầu Giỏi chanh (MC) có hoạt tính kháng viêm (ức chế sản sinh NO) rất mạnh, triển vọng ứng dụng vào công nghiệp dược phẩm, kháng khuẩn.

Kết luận

+ 248 loài cây tinh dầu thuộc 39 họ thực vật của hai ngành Hạt kín và Hạt trần tại Tây Nguyên đã được định danh và nghiên cứu đặc điểm tích lũy định khu tinh dầu.

+ Tinh dầu Mật hương (*Hedyosmum orientale*) thu tại Kon Tum có hoạt tính ức chế sản sinh NO tốt ở cả hai nồng độ 30 µg/ml và 100 µg/ml, ở nồng độ 100 µg/ml có gây độc nhẹ tế bào thử nghiệm.

+ Tinh dầu Giỏi chanh (*Magnolia citrata*) thể hiện hoạt tính kháng khuẩn mạnh đối với các chủng Gram(+), Gram(-) và nấm men, gây độc tế bào mạnh.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ kinh phí từ Đề tài mã số TN17/C04 thuộc Chương trình KH&CN phục vụ phát triển kinh tế - xã hội Tây Nguyên trong liên kết vùng và hội nhập quốc tế (Chương trình Tây Nguyên 2016-2020); nhận được sự hỗ trợ của các đơn vị địa phương và đồng bào khu vực Tây Nguyên. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Đình Mối, Lưu Đàm Cư, Trần Minh Hợi, Ninh Khắc Bản (2002), *Tài nguyên thực vật có tinh dầu ở Việt Nam*, tập 2, 439tr.
- [2] Lưu Đàm Cư (1995), “Tiềm năng và triển vọng ứng dụng tài nguyên cây tinh dầu Việt Nam”, *Tuyển tập các công trình nghiên cứu sinh thái học và tài nguyên sinh vật*, tr.36-42.
- [3] Lưu Đàm Cư (2000), “Phân bố cây tinh dầu trong hệ thực vật Việt Nam”, *Những vấn đề nghiên cứu cơ bản trong sinh học*, tr.208-212.
- [4] Trần Thế Bách, Đỗ Văn Hải, Vũ Tiến Chính, Nguyễn Thế Cường, Dương Thị Hoàn, Nguyễn Thị Thanh Hương, Đỗ Thị Xuyên, Trần Thị Phương Anh, Sỹ Danh Thường, Hà Minh Tâm, Sangmi Eum (2013), *Đa dạng thực vật có hoa ở Tây Nguyên*, Hội nghị khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ 5, tr.23-31.
- [5] Bộ Y tế (2009), *Dược điển Việt Nam*, Nhà xuất bản Y học.
- [6] F. Hadacek, H. Greger (2000), “Testing of antifungal natural products: methodologies, comparability of results and assay choice”, *Phytochemical Analysis*, **11**(3), pp.137-147.
- [7] V.M. Dirsch, H. Stuppner, A.M. Vollmar (1998), “The Griess assay: suitable for a bio-guided fractionation of anti-inflammatory plant extracts?”, *Planta. Med.*, **64**(5), pp.423-426.

Nghiên cứu phương pháp xác định hệ số phát tán CH_4 trong khai thác than lộ thiên ở vùng Quảng Ninh

Hà Quang Anh^{1*}, Lý Việt Hùng¹, Đào Văn Chi²

¹Trung tâm Bảo vệ tầng ô-dôn và Phát triển kinh tế các-bon thấp

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Ngày nhận bài 10/7/2020; ngày chuyển phản biện 14/7/2020; ngày nhận phản biện 18/9/2020; ngày chấp nhận đăng 24/9/2020

Tóm tắt:

Bài báo trình bày phương pháp tiếp cận và kết quả ước tính lượng phát thải khí CH_4 để xây dựng hệ số phát tán CH_4 cho mỏ lộ thiên tại vùng than Quảng Ninh. Hai mỏ lộ thiên lớn là Núi Béo và Cao Sơn đã được lựa chọn để khảo sát, thu thập số liệu. Thông qua việc nghiên cứu và vận dụng phương pháp đo khí CH_4 trực tiếp bằng buồng đo khí (đã được áp dụng tại một số quốc gia), lượng khí CH_4 phát tán từ mỏ lộ thiên được thu thập và tính toán. Theo đó, phát tán khí CH_4 có sự khác nhau giữa các mỏ về tổng lượng và cả biên độ. Cụ thể: tại mỏ Cao Sơn, tổng lượng phát tán CH_4 trung bình là 19.032,87 m³ với biên độ giữa lượng phát tán cao và thấp là 73,14%; các con số tương ứng tại mỏ Núi Béo là 2.684,47 m³ và 76,38%. Hệ số phát tán CH_4 trung bình tại mỏ lộ thiên được tính toán nằm trong khoảng 0,0850 m³/tấn và 0,0225 m³/tấn than nguyên khai tương ứng với mức phát tán cao và mức phát tán thấp. Những giá trị này khá tương đồng với hệ số phát tán CH_4 trong khai thác than lộ thiên của Đức (0,015 - than Lignite), Canada (0,088 - than Lignite; 0,19 - than Bitum), Nam Phi (0,002÷0,064 - than Bitum). Đây là cơ sở khoa học để đề xuất hệ số phát tán CH_4 quốc gia trong hoạt động khai thác than lộ thiên ở Việt Nam.

Từ khóa: biến đổi khí hậu, hệ số phát tán, khí nhà kính, lộ thiên.

Chỉ số phân loại: 1.7

Mở đầu

Biến đổi khí hậu do nóng lên toàn cầu được xác định là nguyên nhân của những sự cố thiên tai như lũ quét và sạt lở đất đá, hạn hán, nước biển dâng, xâm nhập mặn... Biến đổi khí hậu gây thiệt hại khoảng 100 tỷ USD vào năm 2019 và ước tính chiếm khoảng 3% GDP vào năm 2050 [1]. Gia tăng phát thải khí nhà kính từ các hoạt động của con người là tác nhân chủ yếu gây nóng lên toàn cầu.

Nhằm thực hiện cam kết trong việc cắt giảm phát thải khí nhà kính, các nước phê chuẩn Thỏa thuận Paris (trong đó có Việt Nam) cần phải thực hiện và báo cáo kết quả kiểm kê khí nhà kính theo quy định của Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (UNFCCC) [2-4]. Việc kiểm kê khí nhà kính hiện nay ở nước ta nói riêng, các nước đang phát triển nói chung hầu hết vẫn sử dụng hệ số mặc định của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) [5, 6], do đó còn nhiều hạn chế về độ chính xác. Để cải thiện vấn đề này, việc xây dựng hệ số phát thải cho từng lĩnh vực ở mỗi quốc gia luôn được khuyến khích [6].

Hoạt động khai thác than ở nước ta mang lại nguồn lợi kinh tế lớn, song cũng được coi là một nguồn phát thải khí nhà kính quan trọng, chủ yếu là khí CH_4 . Đây là một loại khí

nhà kính có tiềm năng làm ấm lên toàn cầu gấp 28 lần khí CO_2 (theo báo cáo lần thứ 5 của IPCC - AR5) [5] và là loại khí cần phải được kiểm soát. Trong khai thác than, nhiều quốc gia trên thế giới đã quan tâm tới việc xây dựng hệ số phát tán CH_4 , song phần lớn tập trung vào hệ số phát tán CH_4 từ mỏ khai thác hầm lò, rất ít kết quả nghiên cứu được công bố liên quan tới hoạt động khai thác mỏ lộ thiên [7].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào đo đếm và tính toán để xây dựng hệ số phát tán CH_4 cho mỏ than lộ thiên. Kết quả của nghiên cứu này sẽ là cơ sở khoa học để đề xuất hệ số phát tán CH_4 quốc gia đối với mỏ lộ thiên nhằm cải thiện độ chính xác cho các tính toán phát thải trong công tác kiểm kê quốc gia khí nhà kính.

Phương pháp xác định hệ số phát tán CH_4 theo hướng dẫn của IPCC

Quá trình tạo than đồng thời cũng tạo ra các chất khí, chủ yếu là CH_4 , CO_2 , H_2 . Một phần các khí này nằm lại trong vỉa than và địa tầng đất đá bao quanh, được gọi chung là khí vỉa than. Quá trình khai thác, chế biến than phá vỡ cấu trúc vỉa than, làm các khí vỉa than thoát vào khí quyển. Các vỉa than nằm sâu trong lòng đất thường có độ chứa khí cao hơn so các vỉa than nằm gần bề mặt, nguyên nhân do các khí khó

*Tác giả liên hệ: Tel: 0961001181; Email: qanhsilvi@gmail.com

Research on developing a method to estimate fugitive CH₄ emission factors of coal surface mining in Quang Ninh province

Quang Anh Ha^{1*}, Viet Hung Ly¹, Van Chi Dao²

¹Ozone Layer Protection and Low Carbon Economy Development Center

²Faculty of Mining, Hanoi University of Mining and Geology

Received 10 July 2020; accepted 24 September 2020

Abstract:

This article presents the approach and the results of estimating CH₄ emission from surface mining in Quang Ninh province to develop its fugitive CH₄ emission factors. The two largest active surface mines were selected named Nui Beo and Cao Son. By applying a direct measurement method with samples using a specific chamber, CH₄ emission was collected and calculated for the whole mine. Results showed that CH₄ emission varied from mine to mine both the total amount and its range of maximum and minimum. In detail, the total amount of CH₄ emission from Cao Son is 19,032.87 m³ with the range of 73.14% while these numbers of Nui Beo are 2,684.47 m³ and 76.38%, respectively. The CH₄ emission factors of surface mines then were estimated in the range of 0.0850 m³/ton and 0.0225 m³/ton respect to high emission level and low emission level. These values are close to the emission factors generated from Germany (0.015 - Lignite), Canada (0.088 - Lignite; 0.19 - Bituminous), South Africa (0.002÷0.064 - Bituminous). These emission factors are considered as scientific evidence to propose the national factors of CH₄ emission of surface mining.

Keywords: climate change, emission factor, greenhouse gas, surface mines.

Classification number: 1.7

thoát ra khí quyển hơn trong suốt quá trình tồn tại của vỉa than. Do đó, các mỏ than hầm lò thường có lượng phát tán khí nhà kính lớn hơn nhiều so với các mỏ than lộ thiên, mặc dù sản lượng khai thác là tương đương [8].

Bên cạnh đó, sau khi than được khai thác và tiếp xúc với không khí, sẽ xuất hiện hiện tượng oxy hóa than ở nhiệt độ thấp và giải phóng khí CO₂. Tuy nhiên, phát tán khí CO₂ do hiện tượng này thường không lớn, ngoại trừ các loại than có tính chất phản ứng mạnh với oxy ở nhiệt độ môi trường mỏ, đồng thời môi trường xung quanh tạo điều kiện thích hợp tích tụ nhiệt làm gia tăng nhiệt độ tại nơi diễn ra phản ứng oxy hóa than, dẫn đến hình thành đám cháy nội sinh và giải phóng một lượng lớn khí CO₂ vào môi trường. Ngoài ra, các công đoạn sản xuất áp dụng nổ mìn cũng tạo ra các khí độc sau nổ mìn, bao gồm các khí nhà kính như CO₂, CO và NO_x. Lượng phát tán các khí này phụ thuộc vào chủng loại và khối lượng thuốc nổ sử dụng, tuy nhiên thường rất nhỏ nếu so sánh với lượng phát tán do thoát khí vỉa than [8].

Để điều tra được lượng phát thải khí nhà kính nói chung và phát tán CH₄ từ khai thác than nói riêng, IPCC [6] đưa ra phương pháp chung như sau:

$$E = AD \times EF \quad (1)$$

Trong đó: E là lượng phát thải khí nhà kính; AD là dữ liệu hoạt động; EF là hệ số phát tán. Đối với khí CH₄ từ hoạt động khai thác than, dữ liệu hoạt động (AD) là sản lượng than nguyên khai (TNK) tấn/năm. Khi đó:

$$E_{CH_4} = A_{TNK} \times EF_{CH_4} \quad (m^3) \quad (2)$$

Từ công thức (2), hệ số phát tán CH₄ được xác định theo lượng phát thải khí CH₄ đo đếm được:

$$EF_{CH_4} = \frac{E_{CH_4}}{A} \quad (m^3/tấn) \quad (3)$$

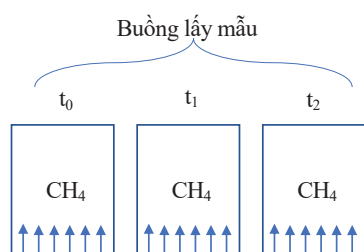
Đối với những quốc gia chưa xây dựng được hệ số phát tán riêng, việc điều tra phát tán khí CH₄ từ các mỏ than sử dụng hệ số mặc định của IPCC (Tier 1) [6].

Đề xuất phương pháp xác định lượng phát tán CH₄ đối với mỏ khai thác than lộ thiên ở Việt Nam

IPCC cung cấp hệ số phát tán CH₄ mặc định cho việc điều tra, kiểm kê phát thải khí CH₄ tại các mỏ than nhưng không cung cấp phương pháp tính toán xây dựng các hệ số này. Hệ số mặc định được đề xuất nằm trong khoảng 0,3÷2,0 m³/tấn TNK [6]. Giá trị cận dưới được khuyến cáo áp dụng cho các mỏ lộ thiên có độ sâu khai thác trung bình nhỏ hơn 25 m, giá trị cận trên được khuyến cáo áp dụng cho các mỏ lộ thiên có độ sâu khai thác trung bình lớn hơn 50 m.

Đặc điểm của các mỏ lộ thiên là vỉa than được khai thác

thường nằm gần bề mặt. Trong quá trình tồn tại vỉa than, phần lớn các khí vỉa than đã thoát ra do các khe nứt liên thông với bề mặt, hoặc thẩm thấu qua địa tầng chứa than. Do đó độ chứa khí của than khai thác lộ thiên thường thấp hơn nhiều so với than khai thác hầm lò. Với đặc điểm của các mỏ lộ thiên như trên, chúng tôi đề xuất sử dụng phương pháp đo đặc lượng phát tán CH_4 tại mỏ lộ thiên bằng phương pháp đo đặc quy mô nhỏ từ dưới lên theo kỹ thuật buồng bao vây (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý đo đặc phát tán CH_4 mỏ lộ thiên.

Phương pháp này đo trực tiếp khí CH_4 phát tán từ diện tích nhỏ, sử dụng buồng định lượng khí CH_4 thông qua sự thay đổi hàm lượng khí CH_4 trong các khoảng thời gian giám sát với tỷ lệ thể tích/diện tích buồng. Ưu điểm của phương pháp này là có thể định lượng tốc độ phát tán từ một khu vực nhỏ (thường là 1 m^2) trong mọi điều kiện thời gian và thời tiết, có thể đo chính xác lượng khí thải từ khu vực diện tích nhỏ được kiểm soát, không phụ thuộc vào mô hình khí quyển khu vực. Phương pháp này cũng đã được áp dụng để xác định lượng phát tán CH_4 mỏ lộ thiên tại Ấn Độ (hình 2). Buồng được sử dụng trong phương pháp được lấy theo nguyên mẫu phương pháp đo phát thải khí nhà kính trong canh tác ruộng lúa [9].

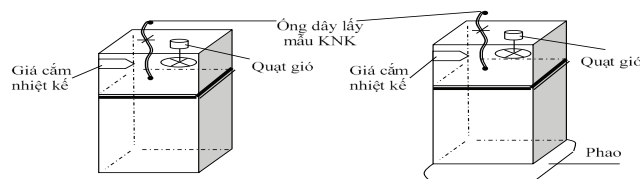


Hình 2. Phương pháp xác định lượng phát tán CH_4 mỏ lộ thiên tại Ấn Độ.

Thiết bị lấy mẫu

Thiết bị được sử dụng để lấy mẫu là hộp buồng hình hộp chữ nhật, có nắp đậy bên trên và không có đáy, được làm

từ vật liệu tôn, có thể tích cố định $0,048 \text{ m}^3$. Bên trong hộp buồng có bố trí quạt gió và thanh cảm nhiệt kế. Quạt gió (sử dụng điện năng từ ắc quy) có tác dụng đảo đều khí bên trong chamber khi tiến hành lấy mẫu và nhiệt kế được sử dụng để đo nhiệt độ bên trong và bên ngoài chamber (hình 3).



Hình 3. Thiết bị sử dụng trong lấy mẫu khí mỏ khai thác lộ thiên.

Dụng cụ lấy mẫu

Sau khi buồng được đặt vào vị trí lựa chọn để lấy mẫu, kiểm tra kỹ rãnh của chân đế để tránh bị kênh làm cho không khí lọt vào trước khi đo. Dòng khí được lấy bằng các thiết bị lấy mẫu tĩnh tại các thời điểm khác nhau nhưng không để quá 60 phút. Các quạt bên trong buồng thu khí được hoạt động ngay lập tức sau khi đặt buồng thu khí vào chân đế.

Vị trí, khu vực lấy mẫu

Tại cả 2 mỏ than, vị trí lấy mẫu được lựa chọn là khai trường đang tiến hành khai thác (đang bóc xúc, chuẩn bị nổ mìn) thuộc mỏ than lộ thiên Núi Béo và mỏ than lộ thiên Cao Sơn. Đây là hai mỏ than lớn nằm trong vùng than Cẩm Phả, Hòn Gai thuộc bể than Quảng Ninh.

- Mỏ lộ thiên Núi Béo thuộc phường Hà Tu, Hà Phong, Hà Trung, thành phố Hạ Long. Diện tích khu vực khai thác lộ thiên là $405,6 \text{ ha}$. Độ cao khai thác từ lộ vỉa đến -135 m .

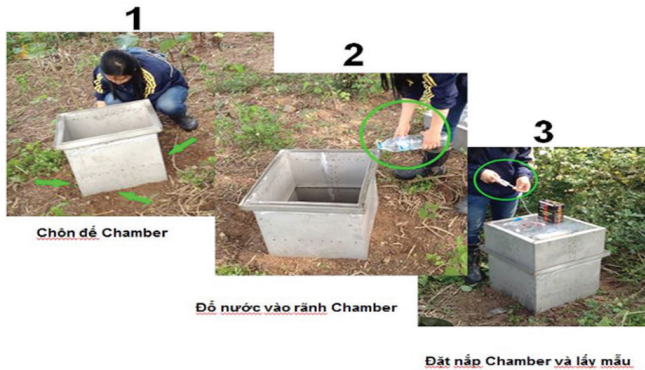
- Mỏ lộ thiên Cao Sơn thuộc phường Mông Dương, thành phố Cẩm Phả. Diện tích khu vực khai thác $4,87 \text{ km}^2$. Độ cao khai thác từ lộ vỉa đến -190 m .

Các vỉa than trong bể than Quảng Ninh có chiều dày từ kiểu vỉa rất mỏng đến vỉa dày và đặc biệt dày. Trong đó, vỉa rất mỏng ($<0,5 \text{ m}$) chiếm $5,8\%$, vỉa mỏng ($0,5 \div 1,2 \text{ m}$) chiếm $1 \div 7\%$, vỉa trung bình ($1,21 \div 3,5 \text{ m}$) chiếm $42,7\%$, vỉa dày ($3,5 \div 15,0 \text{ m}$) chiếm 34% và đặc biệt dày chiếm $0,5\%$.

Lấy mẫu

Một bơm tiêm 60 ml với một cây kim được sử dụng để rút các mẫu khí. Kim với ống tiêm được đưa vào ống, van kiểm tra đã được mở ra. Mở van của dây lấy mẫu khí và tiến hành rút và đẩy xilanh 5 lần, đến lần thứ 6, lấy khoảng 50 ml rồi khóa van lại, rút xilanh ra. Khi kéo xilanh ra, mẫu khí ngay lập tức được đưa vào lọ đựng mẫu. Lọ đựng mẫu là lọ chân không được chuẩn bị trước. Mẫu khí t_0 , t_1 và t_2 tương ứng được thu thập tại thời điểm 0 phút, 20 phút, 40 phút. Sau mỗi lần lấy mẫu, ghi chép ký hiệu cho lọ đựng mẫu để

tránh nhầm lẫn, ghi chép nhiệt độ trong thùng, thời gian lấy mẫu và các yếu tố thời tiết khác vào phiếu theo dõi (hình 4).



Hình 4. Trình tự lấy mẫu khí trong buồng.

Trên thực tế, vấn đề khí CH_4 tại các mỏ khai thác lộ thiên Việt Nam chưa được quan tâm và nghiên cứu nên việc áp dụng một hệ thống kiểm soát đo đạc khí CH_4 thực tế tại khai trường mỏ lộ thiên gặp nhiều khó khăn như lựa chọn các vị trí phù hợp, tính toán lập kế hoạch và tiến hành di chuyển vật tư - thiết bị đến các vị trí dự kiến tốn nhiều thời gian và công sức.

Phân tích mẫu và định lượng khí CH_4

Tại phòng thí nghiệm, mẫu khí được xử lý, tách qua thiết bị MOD-1 và được đưa vào máy sắc ký khí Model 7890D do Tập đoàn Agilent Technologies (Hoa Kỳ) sản xuất để phân tích xác định tỷ lệ phần trăm khí CH_4 có trong mẫu khí. Sau khi có kết quả phân tích mẫu khí, tiến hành tính toán lượng khí CH_4 phát tán cho từng vị trí.

Từ phương trình của Smith và Conen (2004) [10] tính toán lượng CH_4 phát tán trên đơn vị diện tích (F_{CH_4}) và thời gian như sau:

$$F_{CH_4} = \left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \right) \times \left(\frac{V}{S_b} \right) \quad (m^3/m^2.giờ) \quad (4)$$

Trong đó: ΔC - Sự thay đổi hàm lượng khí CH_4 trong khoảng thời gian Δt ; V - Thể tích buồng lấy mẫu; S_b - Diện tích bề mặt của đất/mặt thoáng.

Tổng lượng phát tán khí CH_4 từ mỏ lộ thiên trong khoảng thời gian điều tra (E_{LT}) được xác định theo các công thức:

$$E_{LT} = 24 \times F_{CH_4} \times S_{LV} \times T \quad (m^3) \quad (5)$$

Trong đó: S_{LV} - Tổng diện tích phần than lộ vỉa (m^2); T - Tổng thời gian điều tra (ngày).

Hệ số phát tán khí CH_4 đối với từng mỏ lộ thiên được tính toán theo công thức:

$$EF_{LT,i} = \frac{E_{LT,i}}{A_{LT,i}} \quad (m^3/tấn) \quad (6)$$

Trong đó: $A_{LT,i}$ - Sản lượng than nguyên khai toàn mỏ lộ thiên i (hoặc khu vực mỏ i) trong thời gian điều tra T (tấn); $E_{LT,i}$ - Tổng lượng khí CH_4 phát tán từ mỏ lộ thiên i .

Từ công thức (6), hệ số phát tán khí CH_4 trung bình trong quá trình khai thác lộ thiên (EF_{LT-TB}) được tính theo công thức:

$$EF_{LT-TB} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{LT,i}}{\sum_{i=1}^n A_{LT,i}} \quad (7)$$

Trong đó: $E_{LT,i}$ - Lượng phát tán CH_4 của mỏ lộ thiên (hoặc khu vực mỏ) thứ i trong thời gian điều tra T (tấn); $A_{LT,i}$ - Sản lượng than nguyên khai toàn mỏ lộ thiên (hoặc khu vực mỏ) thứ i trong thời gian điều tra T (tấn).

Về bản chất, công thức (7) đã tính đến yếu tố gia quyền giữa các mỏ với sự khác nhau về sản lượng khai thác.

Kết quả và thảo luận

Lượng phát tán CH_4 tại mỏ lộ thiên Cao Sơn

Kết quả phân tích mẫu và tính toán thể tích CH_4 phát tán trên đơn vị diện tích và thời gian (F_{CH_4}) tại mỏ Cao Sơn được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Thể tích CH_4 phát tán trong thiết bị lấy mẫu (F_{CH_4}) ở mỏ Cao Sơn.

TT	Vị trí	Đặc điểm	Thời điểm lấy mẫu (phút)	Hàm lượng CH_4 (ppm)	V (m^3)	S_b (m^2)	F_{CH_4} ($m^3/m^2.giờ$)
1	01	Khu vực chuẩn bị nổ mìn	0	8,63	0,048	0,12	$678,81 \times 10^{-6}$
2			20	21,631			
3			40	875,613			
4	02	Khu vực chuẩn bị nổ mìn	0	9,339	0,048	0,12	$697,42 \times 10^{-6}$
5			20	138,052			
6			40	2.111,157			
7	03	Khu vực đang xúc bốc	0	9,354	0,048	0,12	$2.527,60 \times 10^{-6}$
8			20	399,82			
9			40	6.470,218			

Hệ số phát tán CH_4 tại mỏ lộ thiên Cao Sơn

Với diện tích phần than lộ vỉa mỏ Cao Sơn thời điểm lấy mẫu là $S_{LV} = 16.488,55 m^2$, lượng phát tán CH_4 trong quá trình khai thác ở mỏ than Cao Sơn được tính toán và tổng hợp tại bảng 2.

Bảng 2. Tổng lượng phát tán CH_4 ở mỏ than Cao Sơn.

F_{CH_4} ($m^3/m^2.giờ$)		Hệ số thời gian (giờ)	Số ngày trong tháng	Diện tích phần lộ vỉa (m^2)	Tổng lượng phát tán CH_4 (E_{LT}) (m^3)	
Cao	Thấp				Cao	Thấp
$2.527,60 \times 10^{-6}$	$678,81 \times 10^{-6}$	24	30	16.488,55	30.007,06	8.058,68

Từ sản lượng khai thác than lộ thiên mỏ Cao Sơn trong tháng 4/2020 là: $A_{LT} = 336.815$ tấn [11], tính được hệ số phát tán CH_4 theo các giá trị. Cụ thể:

+ Hệ số phát tán CH_4 - mức cao:

$$E_{LT,max} = \frac{30.007,06}{336.815} = 0,0891 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

+ Hệ số phát tán CH_4 - mức thấp:

$$E_{LT,max} = \frac{8.058,68}{336.815} = 0,0239 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

Lượng phát tán CH_4 tại mỏ lộ thiên Núi Béo

Tương tự như ở mỏ than Cao Sơn, kết quả sau phân tích xác định được thể tích CH_4 phát tán trên đơn vị diện tích và thời gian (F_{CH_4}) mỏ Núi Béo như trong bảng 3.

Bảng 3. Thể tích CH_4 phát tán trong thiết bị lấy mẫu (F_{CH_4}) ở mỏ Núi Béo.

TT	Vị trí	Đặc điểm	Thời điểm lấy mẫu (phút)	Hàm lượng CH_4 (ppm)	V (m ³)	S_b (m ²)	F_{CH_4} (m ³ /m ² .giờ)
1	01	Khu vực đang xúc bốc	0	8,474	0,048	0,12	$73,65 \times 10^{-6}$
2			20	32,375			
3			40	199,771			
4	02	Khu vực đang xúc bốc	0	8,509	0,048	0,12	$89,18 \times 10^{-6}$
5			20	41,645			
6			40	239,821			
7	03	Khu vực chuẩn bị nổ mìn	0	12,274	0,048	0,12	$311,84 \times 10^{-6}$
8			20	65,125			
9			40	821,736			

Hệ số phát tán CH_4 tại mỏ lộ thiên Núi Béo

Diện tích phần lộ vỉa mỏ Núi Béo thời điểm lấy mẫu là $S_{LV} = 19.343,70$ m² [12], tổng lượng phát tán CH_4 được tính toán và tổng hợp tại bảng 4.

Bảng 4. Tổng lượng phát tán CH_4 ở mỏ than Núi Béo.

F_{CH_4} (m ³ /m ² .giờ)		Hệ số thời gian (giờ)	Số ngày trong tháng	Diện tích phần lộ vỉa (m ²)	Tổng lượng phát tán CH_4 (E_{LT}) (m ³)	
Cao	Thấp				Cao	Thấp
$311,84 \times 10^{-6}$	$73,65 \times 10^{-6}$	24	30	19.343,70	4.343,20	1.025,74

Với sản lượng khai thác than lộ thiên mỏ Núi Béo trong tháng 4/2020 là: $A_{LT} = 67.479$ tấn, hệ số phát tán CH_4 tính toán được như sau:

+ Hệ số phát tán CH_4 - mức cao:

$$E_{LT,max} = \frac{4.343,20}{67.479} = 0,0644 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

+ Hệ số phát tán CH_4 - mức thấp:

$$E_{LT,max} = \frac{1.025,74}{67.479} = 0,0152 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

Hệ số phát tán CH_4 trung bình trong quá trình khai thác mỏ lộ thiên

Áp dụng công thức (7), hệ số phát tán CH_4 trung bình tính được như sau:

- Hệ số phát tán CH_4 trung bình cho mỏ than lộ thiên ở mức cao:

$$E_{LT,max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{LT,max,i}}{\sum_{i=1}^n A_{LT,i}} = \frac{30.007,06 + 4.343,20}{336.815 + 67.479} = 0,0850 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

- Hệ số phát tán CH_4 trung bình cho mỏ than lộ thiên ở mức thấp:

$$E_{LT,min} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{LT,min,i}}{\sum_{i=1}^n A_{LT,i}} = \frac{8.058,68 + 1.025,74}{336.815 + 67.479} = 0,0225 \text{ (m}^3/\text{tấn)}$$

Hệ số phát tán CH_4 là một thành phần quan trọng để điều tra, kiểm kê phát tán khí nhà kính trong ngành than. Hầu hết các nước có ngành khai thác than trên thế giới đều quan tâm nhiều đến phát tán CH_4 trong khai thác hầm lò, còn hệ số phát tán CH_4 trong khai thác lộ thiên rất ít được đề cập tới và xây dựng. Phần lớn các nước khi tính toán phát tán CH_4 thường sử dụng hệ số phát tán mặc định của IPCC, do đó độ chính xác trong đo đếm chưa cao. Trong khi đó, theo yêu cầu của IPCC, phần phát thải CH_4 từ khai thác mỏ lộ thiên cũng phải được tính toán, báo cáo và phải liên tục nâng cao độ chính xác của kết quả kiểm kê.

Kết quả tính toán hệ số phát tán CH_4 tại vùng mỏ Quảng Ninh - vùng mỏ tập trung và lớn nhất cả nước cho thấy, các hệ số này (0,0850-0,0225 m³/tấn) [13] có sự khác biệt đáng kể (71,6%) so với giá trị mặc định nhỏ nhất của IPCC (0,3 m³/tấn) [6]. Tuy nhiên, giá trị tính toán lại khá tương đồng với hệ số phát tán CH_4 trong khai thác than lộ thiên của Đức (0,015 - than Lignite), Canada (0,088 - Lignite, 0,19 - than Bitum), Nam Phi (0,002÷0,064 - than Bitum) [7]. Như đã nêu ở trên, có thể đặc điểm của các mỏ than lộ thiên ở nước ta nói chung và ở Quảng Ninh nói riêng thường nằm gần bề mặt nên việc thoát khí bao gồm khí CH_4 diễn ra thường xuyên là một yếu tố quan trọng làm cho hệ số phát tán CH_4 khá nhỏ. Việc tăng dung lượng mẫu và đo đạc theo chuỗi thời gian liên tục sẽ làm tăng thêm độ chính xác của hệ số phát tán.

Kết luận

Việc nghiên cứu xác định hệ số phát tán CH_4 trong quá trình khai thác ở các mỏ than lộ thiên là rất cần thiết để tăng độ chính xác trong công tác kiểm kê khí nhà kính. Phương pháp đo trực tiếp phát thải khí CH_4 ở mỏ lộ thiên bằng buồng quây đã được áp dụng rộng rãi khi đo khí nhà kính trong canh tác lúa tỏ ra phù hợp, đặc biệt khi được đo đếm liên tục theo chuỗi thời gian với lượng mẫu lớn.

Kết quả tính toán xác định hệ số phát tán CH_4 đối với

mỏ khai thác lộ thiên Cao Sơn ở mức cao là 0,0891 m³/tấn và mức thấp là 0,0239 m³/tấn; các giá trị này tương ứng với mỏ than lộ thiên Núi Béo là 0,0644 m³/tấn và 0,0152 m³/tấn.

Hệ số phát tán CH₄ trung bình cho mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh được tính toán là 0,0850 m³/tấn và 0,0225 m³/tấn tương ứng ở các mức phát thải cao và mức phát thải thấp. Đây là cơ sở khoa học để đề xuất hệ số phát tán CH₄ quốc gia trong hoạt động khai thác than lộ thiên ở Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường, thuộc Chương trình khoa học và công nghệ cấp bộ (mã số TNMT.05/16-20). Các tác giả cũng xin trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các đồng nghiệp tại Trung tâm Bảo vệ tầng ô-dôn và Phát triển kinh tế các-bon thấp trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] EIU (2019), *Global economy will be 3 percent smaller by 2050 due to lack of climate resilience*, The Economist Intelligence Unit.

[2] UNFCCC, *The Paris Agreement*.

[3] Thủ tướng Chính phủ (2005), *Chỉ thị số 35/2005/CT-TTg ngày 17/10/2005 về việc tổ chức thực hiện Nghị định thư Kyoto thuộc Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu*.

[4] Thủ tướng Chính phủ (2016), *Quyết định số 2053/QĐ-TTg ngày 28/10/2016 về việc ban hành kế hoạch thực hiện Thỏa thuận Paris về biến đổi khí hậu*.

[5] IPCC (2014), *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014*.

[6] IPCC (2006), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 4: Fugitive Emissions*.

[7] AGENCY-U.S.E.P (2005), *U.S. Surface Mines Emissions Assessment*.

[8] Trần Xuân Hà và cs (2019), *Cẩm nang thông gió mỏ hầm lò các đường hầm giao thông và quạt gió*, Nhà xuất bản Xây dựng.

[9] Mai Văn Trinh (2016), *Sổ tay hướng dẫn đo phát thải khí nhà kính trong canh tác lúa*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.

[10] K.A. Smith and F. Conen (2004), "Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases", *Soil Use and Management*, **20**, pp.255-263.

[11] Công ty Cổ phần than Cao Sơn (2020), *Báo cáo khối lượng mỏ TKV quý 2/2020*.

[12] Công ty Cổ phần than Núi Béo (2020), *Báo cáo khối lượng mỏ TKV quý 2/2020*.

[13] Trung tâm Bảo vệ tầng ô-dôn và Phát triển kinh tế các-bon thấp (2020), *Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu xây dựng hệ số phát tán CH₄ quốc gia trong và sau khai thác than*.

Ứng dụng BIM lập mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương

Ngô Thanh Thủy^{1,2}, Nguyễn Quốc Chương¹, Đỗ Minh Truyền^{1*},
Nguyễn Trường Giang¹, Nguyễn Xuân Việt¹, Huỳnh Xuân Tín^{1,2}

¹Công ty TNHH Kỹ thuật và Công nghệ V7

²Trường Đại học Giao thông Vận tải, Phân hiệu tại TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 22/6/2020; ngày chuyển phản biện 26/6/2020; ngày nhận phản biện 31/7/2020; ngày chấp nhận đăng 7/8/2020

Tóm tắt:

Hiện nay hầu hết các nước trên thế giới đã ứng dụng mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) trong lĩnh vực giao thông vận tải do nhận thức được sự cần thiết của BIM trong xây dựng và những lợi ích to lớn mà BIM mang lại. Việt Nam cũng không nằm ngoài xu hướng đó, việc ứng dụng BIM được kỳ vọng sẽ giúp ngành giao thông vận tải Việt Nam giải quyết các thách thức và hướng tới phát triển bền vững. Việc lập BIM đã chứng minh được tính hiệu quả trong việc xây dựng và quản lý thông tin trong suốt vòng đời của dự án. Trong nghiên cứu này, các tác giả đề xuất ứng dụng BIM vào mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Từ khóa: dữ liệu mô hình thông tin công trình, kỹ thuật xây dựng, mô hình thông tin công trình, mức độ phát triển thông tin.

Chỉ số phân loại: 2.1

Đặt vấn đề

Mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) xuất hiện từ những năm 1970 và dần được biết đến rộng rãi khi Autodesk, một công ty phần mềm của Mỹ xuất bản báo cáo nghiên cứu khoa học về kỹ thuật số trong xây dựng vào những năm 1990. Đến nay, BIM đã trở thành công nghệ xây dựng chủ đạo ở nhiều nước trên thế giới. Tại châu Âu, các nước như Anh, Phần Lan, NaUy, Hà Lan, Đan Mạch, Pháp, Úc, Đức đã và đang ứng dụng BIM trong các lĩnh vực đầu tư công trong xây dựng. Trong khi đó tại châu Á, các nước như Hàn Quốc, Singapore... đã bắt buộc khu vực công phải ứng dụng BIM trong ngành xây dựng, và họ đều đã xây dựng được tiêu chuẩn và lộ trình thực hiện BIM. Việt Nam đã ban hành Quyết định số 1057/QĐ-BXD hướng dẫn tạm thời áp dụng mô hình BIM trong giai đoạn thí điểm và tổ chức các chương trình đào tạo về BIM cho các kỹ sư xây dựng cũng như các đơn vị quản lý. BIM được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như thiết kế, xây dựng và quản lý dự án để giải quyết các vấn đề lãng phí vật liệu, năng suất thấp và trao đổi thông tin kém. BIM xác định tất cả thông tin liên quan đến toàn bộ vòng đời của công

trình, từ lập kế hoạch và thiết kế đến xây dựng, vận hành và bảo trì, về mặt công nghệ xây dựng, sản xuất, quản lý và sử dụng. Mô hình BIM được tạo ra như là một cấu trúc ảo được xây dựng với dữ liệu hình học 3D và dữ liệu phi hình học hoặc thông tin thuộc tính. BIM giúp giảm từ 5 đến 20% chi phí đầu tư ban đầu và khoảng 30% tổng chi phí vận hành và bảo trì. Bài viết này trình bày BIM trong giai đoạn thiết kế cho cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương bằng dầm thép hộp liên hợp bê tông cốt thép. Cầu được mô phỏng theo các mô hình thông tin 3D đến bước thiết kế kỹ thuật (LOD 350) để quản lý khối lượng vật liệu và thực tế ảo. Mô hình dự án BIM giúp kiểm soát chi phí chi, thi công an toàn và vận hành hiệu quả.

Xây dựng mô hình

Thiết kế phương án cầu bằng mô hình 3D

Mô hình BIM mở ra những quan điểm mới về quản lý vòng đời của một dự án. Phần mềm Revit là một sản phẩm của Autodesk được sử dụng trong nghiên cứu này. Mô hình thông tin 3D đã được áp dụng cho toàn bộ dự án cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bản bê tông cốt thép tại ngã tư 550,

*Tác giả liên hệ: Email: dominhtruyen10497@gmail.com

BIM application for the steel box girder overpass with reinforced concrete slabs at 550 crossroad, Binh Duong province

Thanh Thuy Ngo^{1,2}, Quoc Chuong Nguyen¹,
Minh Truyen Do^{1*}, Truong Giang Nguyen¹,
Xuan Viet Nguyen¹, Xuan Tin Huynh^{1,2}

¹V7 Engineering and Technology Company Limited Co.Ltd

²University of Transport and Communications, Campus in Ho Chi Minh city

Received 22 June 2020; accepted 7 August 2020

Abstract:

Currently, most countries in the world have applied BIM (Building information modeling) in the transportation field thank to being aware of the need for BIM in construction, and the great benefits brought by BIM. Vietnam is also not outside of that trend, the application of BIM in the transport sector is expected to help Vietnam's transportation industry to address challenges and move towards sustainable transport development. BIM has proven effectiveness in building and managing information during the project life cycle. In this study, the authors propose the BIM application for the steel box girder overpass with reinforced concrete slabs at 550 crossroad, Binh Duong province.

Keywords: BIM (Building information modeling), BIM data, construction engineering, Level of Development (LOD).

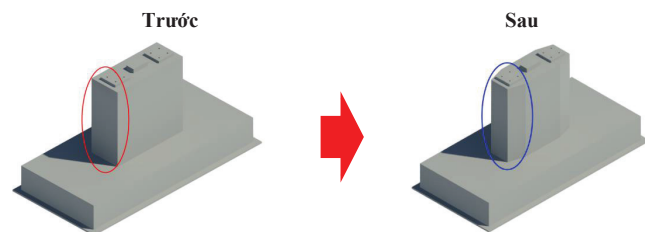
Classification number: 2.1

tỉnh Bình Dương (hình 1) gồm 5 nhịp 40 m, bề rộng toàn cầu 16 m. Mô hình dựa trên bản vẽ 2D được sử dụng để bóc tách khối lượng, đấu thầu xây dựng và sau đó để thi công và vận hành.



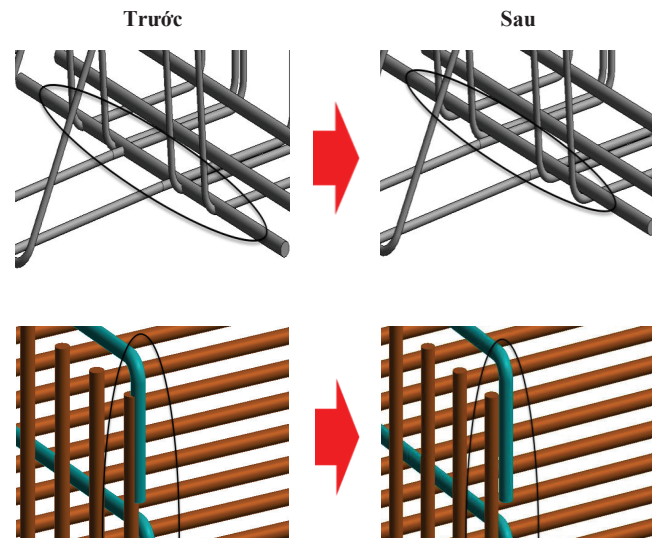
Hình 1. Mô hình 3D cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Mô hình 3D cũng giúp kiểm tra và sửa các lỗi trong quá trình thiết kế. Trong hình 2, một số lỗi thiết kế đã được tìm thấy trong thiết kế sơ bộ cấu tạo trụ, được sửa đổi trực tiếp trên mô hình 3D với tọa độ, kích thước và thuộc tính chính xác mà ở bản vẽ 2D truyền thống còn nhiều hạn chế [1].



Hình 2. Hình dạng trụ cầu được thay đổi trên mô hình 3D.

Mô hình 3D cho các kết cấu bê tông cốt thép của toàn bộ dự án như móng, trụ, lan can, gờ chắn, bản mặt cầu, cọc khoan nhồi, giúp việc kiểm tra số lượng và cách bố trí các thanh cốt thép, kiểm tra xung đột, trích xuất khối lượng bê tông và cốt thép nhanh chóng và chính xác.

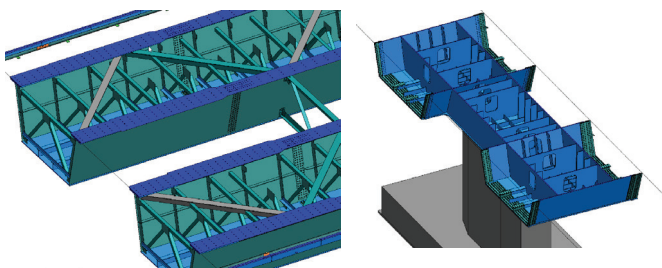


Hình 3. Kiểm tra và xử lý xung đột của các thanh thép trên mô hình 3D.

Hình 3 cho thấy, vị trí các thanh cốt thép tại trụ cắt nhau và được xử lý trực tiếp trên mô hình 3D, so với bản vẽ 2D lỗi này khó phát hiện. Chính vì vậy, việc phát hiện xung đột trên mô hình BIM giúp kiểm tra và báo cáo lỗi trong mô hình một cách hiệu quả, giảm rủi ro của thiết kế. Đối với thiết kế 2D truyền thống, lỗi thường được phát hiện ở bước thi công; nhưng bây giờ, với các công cụ phát hiện xung đột trên mô hình BIM, chúng có thể dễ dàng được phát hiện trong bước thiết kế [2, 3]. Điều này dẫn đến tiết kiệm thời gian, vật liệu và lực lượng lao động để khắc phục lỗi khi xây dựng.

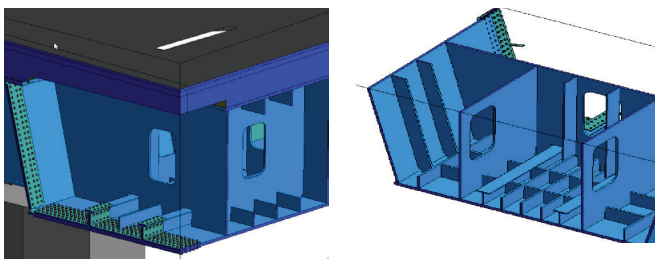
Thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350)

Mô hình BIM thể hiện một cách chính xác mức độ rõ ràng về thông tin và độ chi tiết của kết cấu dầm chủ, móng, trụ, cọc... thể hiện rõ về số lượng, kích thước, hình dáng, vị trí, hướng và sự liên kết với các hệ thống khác trong công trình [4]. Các thông tin phi hình học như đặc tính sản phẩm, thông số kỹ thuật sẽ được đưa vào mô hình tại bước thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350). Cung cấp đủ thông tin để bóc tách khối lượng chính xác và xuất đầy đủ các bản vẽ 2D và được phân chia các giai đoạn thi công (hình 4).



Hình 4. Cấu tạo chi tiết dầm thép ở bước LOD 350.

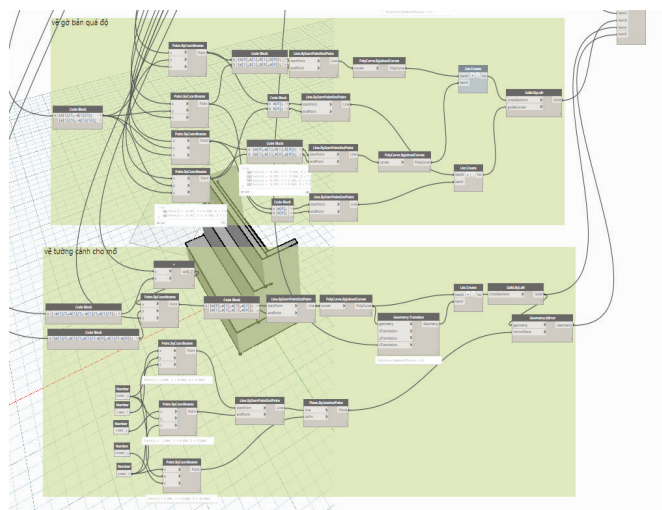
Cấu tạo chi tiết dầm thép ở bước thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350) với các thông số kỹ thuật về số lượng sườn tăng cường, đinh neo, diện tích đường hàn (hình 5), cung cấp đủ thông tin để thực hiện thi công tại công trường.



Hình 5. Cấu tạo chi tiết dầm thép tại đỉnh trụ.

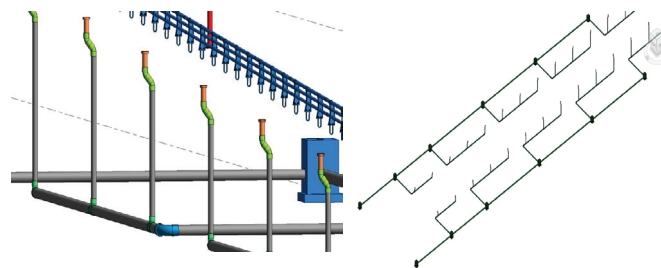
Mô hình mô cầu được bố trí cốt thép chi tiết bằng việc sử dụng lập trình Dynamo và phần mềm Revit (hình 6). Dynamo là một giải pháp nhằm nâng cao tính hiệu quả của việc áp dụng BIM vào giai đoạn thiết kế của dự án. Phương pháp thiết kế tham số sử dụng công cụ lập trình trực quan

như Dynamo giúp duy trì các ý tưởng thiết kế ban đầu và cải thiện quá trình chuyển đổi từ ý tưởng thành thiết kế sau này. Cụ thể, các vấn đề tạo dựng hình học phức tạp, thiết kế tinh vi, thực hiện thao tác lặp đã được giải quyết. Từ đó, các phương án thiết kế được đánh giá một cách chính xác trong thời gian ngắn. Vì vậy, việc thiết kế chi tiết mô sử dụng Dynamo sẽ có lợi trong việc thực hiện hai nhiệm vụ: tùy biến các đối tượng hình học tham số và giao tiếp với cơ sở dữ liệu ngoài. Trong giai đoạn thiết kế, việc kết hợp giữa Dynamo và Revit là thực sự phù hợp, vì Revit được xem là một bộ cơ sở dữ liệu với đầy đủ các tham số hình học [5, 6].



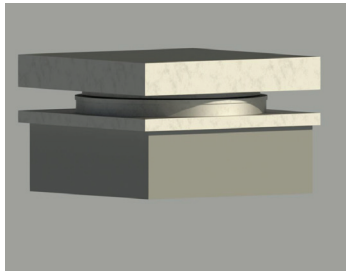
Hình 6. Cấu tạo chi tiết mô cầu sử dụng lập trình Dynamo.

Hệ thống thoát nước trên cầu được thiết kế và bố trí hợp lý (hình 7). Một số hạng mục liên quan đến hệ thống này như ống thoát nước, hố ga, lưới chắn rác... được xây dựng và quản lý thông tin dữ liệu một cách chặt chẽ, có hệ thống, góp phần phục vụ cho giai đoạn khai thác, vận hành và bảo trì [7].

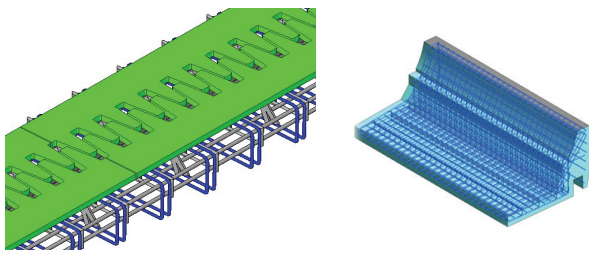


Hình 7. Thiết kế hệ thống thoát nước trên cầu.

Ngoài ra, một số cấu kiện như gối cầu, tấm panel, khe co giãn, gờ lan can... được thiết kế chi tiết và gán các tham số kỹ thuật, thông tin phi hình học vào mô hình. Từ đó, cung cấp đầy đủ các thông tin như cấp bê tông, loại thép, kích thước... phục vụ cho việc bóc tách khối lượng và dễ dàng hình dung cấu kiện khi thi công ngoài công trường (hình 8 và hình 9).



Hình 8. Cấu tạo chi tiết gối cầu và tấm panel tường chắn.

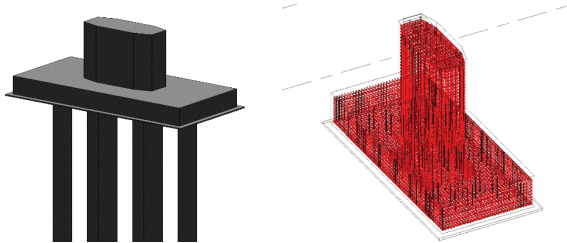


Hình 9. Cấu tạo chi tiết khe co giãn và gờ lan can.

Đo bóc khối lượng công trình xây dựng

Đo bóc khối lượng có vai trò rất quan trọng và là nhu cầu thiết yếu khi triển khai bất kỳ dự án xây dựng nào. Dự án cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương bao gồm nhiều hạng mục như móng, trụ, dầm chủ, lan can... mỗi hạng mục gồm nhiều công tác khác nhau, ứng với mỗi công tác sẽ có khối lượng tương ứng để hoàn thành việc thi công [8].

Mô hình trụ cầu được bố trí cốt thép chi tiết và đưa các thông tin phi hình học vào trong mô hình, giúp việc bóc tách khối lượng trở nên dễ dàng (hình 10 và hình 11).

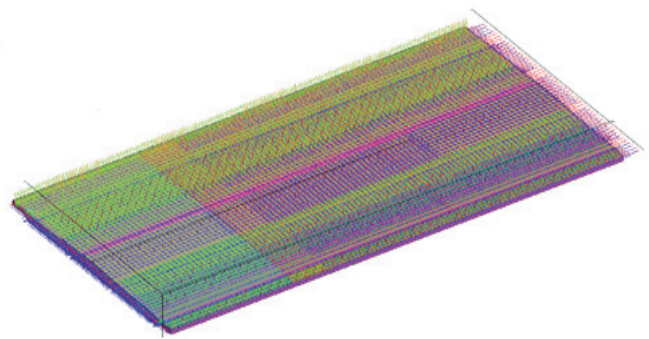


Hình 10. Mô hình trụ cầu và bố trí cốt thép trụ.

A	B	C	D	E	F	G
Partition	Bar Diameter	MINIMUM LENGTH	MAXIMUM LENGTH	Total Bar Length	Count	Mass
B1	32 mm	10850 mm	10850 mm	358050 mm	33	2259.35 kg
B1a	32 mm	7978 mm	8326 mm	282322 mm	34	1781.50 kg
B2	25 mm	4850 mm	4850 mm	354050 mm	73	1363.59 kg
B3	16 mm	5185 mm	5185 mm	82957 mm	16	130.87 kg
B4	16 mm	1549 mm	1549 mm	102218 mm	66	161.25 kg
B5	20 mm	10850 mm	10850 mm	358050 mm	33	882.56 kg
B6	20 mm	4850 mm	4850 mm	344350 mm	71	848.79 kg
B7	16 mm	10850 mm	10850 mm	173600 mm	16	273.86 kg
B8	16 mm	1549 mm	1549 mm	227850 mm	147	359.13 kg
B9	16 mm	3221 mm	3260 mm	351946 mm	108	555.21 kg
T1	32 mm	6469 mm	6684 mm	468598 mm	72	2956.92 kg
T2	16 mm	11134 mm	11134 mm	434208 mm	39	684.98 kg
T3	16 mm	4635 mm	4635 mm	111234 mm	24	175.46 kg
T4	16 mm	4384 mm	4384 mm	52608 mm	12	82.99 kg
T5a	25 mm	4567 mm	4567 mm	73069 mm	16	281.42 kg
T5b	25 mm	3831 mm	3831 mm	15326 mm	4	59.03 kg
T5c	25 mm	2831 mm	2831 mm	11326 mm	4	43.62 kg
T6a	20 mm	1611 mm	2143 mm	52554 mm	28	129.54 kg
T6b	20 mm	2144 mm	2144 mm	68605 mm	32	169.10 kg

Hình 11. Bảng khối lượng cốt thép trụ xuất từ Revit.

Ứng dụng BIM vào việc đo bóc khối lượng các công trình có những ưu điểm vượt trội như có thể liên kết trao đổi thông tin 2 chiều với các phần mềm khác như Microsoft Excel, Project... Nếu trong quá trình tính toán có sự thay đổi về thiết kế, sẽ tự điều chỉnh lại những thay đổi và khối lượng đo bóc sẽ tự động cập nhật những thông tin thay đổi đó, vì thế sai sót trong quá trình xác định, tính toán khối lượng cấu kiện sẽ được giảm đến mức tối thiểu. Bên cạnh đó, thời gian cần thiết phục vụ cho công tác đo bóc khối lượng cũng giảm một cách đáng kể [9, 10]. Như hình 12 cho biết cấu tạo chi tiết bản mặt cầu được bố trí cốt thép và gắn tham số kỹ thuật. Hình 13 và hình 14 là bảng xuất khối lượng, cho biết loại thép, chiều dài, khối lượng và số lượng thanh cốt thép cần bố trí.



Hình 12. Mô hình bản mặt cầu.

A	B	C	D	E	F	G
Partition	Bar Diameter	MINIMUM LENGTH	MAXIMUM LENGTH	Total Bar Length	Count	Mass
B1a	14 mm	11700 mm	11700 mm	2433600 mm	208	2939.30 kg
B1b	14 mm	9815 mm	9815 mm	510380 mm	52	616.44 kg
B1c	14 mm	9255 mm	9255 mm	481260 mm	52	581.27 kg
B2a	22 mm	11700 mm	11702 mm	2386963 mm	204	7119.19 kg
B2b	22 mm	4733 mm	4733 mm	970265 mm	205	2893.84 kg
B3a	20 mm	1489 mm	1489 mm	11909 mm	8	29.35 kg
B3b	20 mm	1515 mm	6037 mm	2428255 mm	403	5985.41 kg
B4a	20 mm	3947 mm	3947 mm	793280 mm	201	1955.36 kg
B4b	20 mm	11654 mm	11654 mm	46617 mm	4	114.91 kg
B4c	20 mm	2865 mm	2865 mm	11462 mm	4	28.25 kg
B5a	14 mm	11700 mm	11700 mm	2281500 mm	195	2755.60 kg
B5b	14 mm	9815 mm	9815 mm	412230 mm	42	497.89 kg
B5c	14 mm	9255 mm	9255 mm	518280 mm	56	625.98 kg
B5d	14 mm	1515 mm	1522 mm	130768 mm	86	157.94 kg
B6a	18 mm	1439 mm	1439 mm	578417 mm	402	1154.85 kg
B6b	18 mm	1880 mm	1880 mm	755933 mm	402	1509.27 kg
B7a	12 mm	224 mm	280 mm	77304 mm	300	68.60 kg
B7b	12 mm	326 mm	326 mm	290508 mm	892	257.79 kg
B7c	12 mm	400 mm	400 mm	99121 mm	248	87.96 kg
B7d	12 mm	594 mm	600 mm	10113 mm	17	8.97 kg
G1	16 mm	678 mm	678 mm	277991 mm	410	438.54 kg
G2	16 mm	698 mm	698 mm	286235 mm	410	451.55 kg

Hình 13. Bảng khối lượng cốt thép bản mặt cầu xuất từ Revit.

A	B	C	D	E	F
Family	Material Area	Material Name	Material Volume	Mark	Count
BMC nhíp biến	523 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	487 m²	Concrete C35	161.58 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp	308 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp	286 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	523 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	487 m²	Concrete C35	161.58 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp	308 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp	286 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp 2	304 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp 2	290 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp 2	298 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa trụ và nhíp 2	295 m²	Concrete C35	95.64 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	376 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	349 m²	Concrete C35	115.14 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	376 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	349 m²	Concrete C35	115.14 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp2	377 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp2	350 m²	Concrete C35	115.46 m³	BMC	1

Hình 14. Bảng khối lượng bản mặt cầu toàn cầu xuất từ Revit.

Mô phỏng 3D

Mô hình cầu được nhập vào phần mềm mô phỏng 3D với thiết kế trực quan để phân tích hiệu ứng hình ảnh mà không phải xây dựng lại mô hình. Kết xuất thực tế cao cũng như hiệu ứng đặc biệt giúp cho người thiết kế dễ dàng thiết kế và chủ đầu tư thấy được dự án sau khi hoàn thiện. Với công nghệ này, việc phân tích lưu lượng giao thông cũng như việc cung cấp các thông tin phục vụ quản lý giao thông trong phạm vi công trình trở nên dễ dàng (hình 15) [11, 12].



Hình 15. Mô phỏng giao thông nút giao tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Kết luận

Việc ứng dụng BIM lập mô hình thông tin cầu vượt dầm hộp thép ngã tư 550, tỉnh Bình Dương, đặc biệt trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350) đã giúp các kỹ sư có thể hoàn thành thiết kế, mô phỏng và quản lý thông tin trong các giai đoạn của dự án. Ngoài ra, BIM còn giúp cho các đơn vị quản lý có cái nhìn trực quan về công trình, với cách tiếp cận BIM như vậy giúp các nhóm thiết kế có thể chỉnh sửa trong giai đoạn thiết kế sơ bộ hoặc thiết kế kỹ thuật mà không phải bắt đầu công việc lại từ đầu. Kết quả triển khai thực tế tại cầu vượt 550, tỉnh Bình Dương đã chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng BIM trong lĩnh vực giao thông vận tải, góp phần vào việc áp dụng rộng rãi BIM trong các dự án cầu tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hyun Cho, Ki Hwan Lee, Song Hyon Lee, Ta Lee, Hyun Jun Cho, Sung Hoon Kim, Sang Hyeok Nam (2011), *Introduction of Construction Management Integrated System Using BIM in the Honam*

High-Speed Railway Lot No. 4-2, The International Association for Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea.

[2] Wenping Liu, Hongling Guo, Heng Li and Yan Li (2014), "Using BIM to improve the design and construction of bridge projects: a case study of a long-span steel-box arch bridge project", *Int. J. Adv. Robot Syst.*, **11**, pp.1-11, DOI:10.5772/58442.

[3] Zita Sampaio (2015), "The introduction of the BIM concept in civil engineering curriculum", *International Journal of Engineering Education*, **31(1B)**, p.305.

[4] Bộ Xây dựng (2017), *Quyết định 1057/QĐ-BXD công bố hướng dẫn tạm thời áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong giai đoạn thi điểm*.

[5] Nguyễn Mạnh Tuấn (2018), "Ứng dụng Dynamo cho dự án BIM trong giai đoạn thiết kế ý tưởng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, **12(1)**, tr.71- 76.

[6] Jaehyun Park, Hyundong Lee, Pilljae Kwak (2015), "Case study on the application of BIM in Korea's civil engineering and improvement of interoperability of BIM models", *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, **10**, pp.29-38.

[7] K. Sears, G. Sears, and R. Clough (2008), *Construction Project Management: A Practical Guide to Field Construction Management (5th Edition)*, John Wiley and Son, Inc., Hoboken, New Jersey.

[8] Hồ Văn Võ Sĩ, Hoàng Nhật Đức, Vũ Duy Thắng và Nguyễn Thị Bích Thủy (2016), "Ứng dụng mô hình thông tin xây dựng (BIM) vào việc đo bóc khối lượng công trình xây dựng", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Duy Tân*, **4(17)**, tr.68-74.

[9] Yanran Wang, Gougang Wang, Jingru Wang (2017), *Research on the Application of BIM Technology in the Project Management of Hospital Construction*, The Pacific Association of Quantity Surveyors, <http://www.paqs.net/node/151>.

[10] Huỳnh Xuân Tín, Đỗ Minh Truyền, Nguyễn Xuân Việt, Nguyễn Trường Giang, Bùi Vĩ và Võ Minh Khoa (2019), *Nghiên cứu lập mô hình thông tin công trình cầu cho bước thiết kế kết cấu nhịp cầu vượt ngã tư 550 - Bình Dương*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, tr.3-7.

[11] Adam Strafaci (2008), "What does BIM mean for civil engineers? Road and highway projects can benefit from design using building information modeling", *CE NEWS*, **10**, pp.62-65.

[12] Nguyễn Việt Hùng (2015), *Nghiên cứu xây dựng lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, xây dựng và quản lý công trình tại Việt Nam*, Báo cáo kết quả nghiên cứu đề tài khoa học mã số RD 03-14, Bộ Xây dựng.

Mô hình hóa cơ chế dẫn điện của vật liệu polyetylen mật độ thấp bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Hoàng Mai Quyền¹, Vũ Thị Thu Nga^{2*}, Nguyễn Mạnh Quân¹, Severine Le Roy³

¹Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực

³Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Quốc gia Pháp

Ngày nhận bài 20/7/2020; ngày chuyển phản biện 22/7/2020; ngày nhận phản biện 20/8/2020; ngày chấp nhận đăng 28/8/2020

Tóm tắt:

Polyme được sử dụng như vật liệu cách điện ngày càng phổ biến trong nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau. Trong kỹ thuật điện - điện tử, polyme được sử dụng trong cáp truyền tải điện cao áp, tụ điện, máy biến áp hoặc được sử dụng như là một bộ phận của hệ thống nhúng trong mô đun IGBT nhờ các đặc tính nhiệt và cách điện vượt trội. Một trong những nhược điểm của polyme là chúng tích trữ các điện tích không gian trong một thời gian dài, dẫn đến sự gia tăng của điện trường so với giá trị thiết kế ban đầu. Các mô hình nghiên cứu cơ chế dẫn điện của vật liệu polyme ngày càng được phát triển để có thể dự đoán được cơ chế dẫn điện dưới ứng suất nhiệt - điện. Trong nghiên cứu này, từ mô hình số theo phương pháp thể tích hữu hạn (FVM), nhóm tác giả đã phát triển xây dựng mô hình cơ chế dẫn điện của vật liệu polyetylen mật độ thấp (LDPE) dựa vào phương pháp phần tử hữu hạn (FEM). Kết quả mô phỏng của mô hình này cũng được so sánh, đánh giá với kết quả thực nghiệm và của mô hình số FVM dưới tác động của những điện trường khác nhau đặt trên vật liệu polyetylen mật độ thấp.

Từ khóa: cơ chế dẫn điện, điện tích không gian, LDPE, phương pháp phần tử hữu hạn.

Chỉ số phân loại: 2.2

Đặt vấn đề

Từ đầu thế kỷ XXI, vật liệu cách điện đã được nghiên cứu ứng dụng mạnh trong nhiều lĩnh vực như điện tử công suất, vi điện tử và đặc biệt là trong lĩnh vực truyền tải điện [1, 2] khi hệ thống truyền tải điện cao áp một chiều (HVDC) ngày càng phát triển để kết nối các lưới điện truyền tải từ các nguồn điện phân tán và tăng cường tính liên kết giữa các lưới điện quy mô lớn [3, 4]. Vật liệu polyme là mối quan tâm hàng đầu của các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực truyền tải điện năng bởi những ưu việt của nó về tính kinh tế, nhiệt độ hoạt động, dễ dàng kết nối và giảm ô nhiễm môi trường [5, 6]. Tuy nhiên, khi các vật liệu polyme chịu các ràng buộc nghiêm trọng và đa vật lý như điện trường mạnh, nhiệt độ cao, chiếu xạ hoặc ma sát cơ học đáng kể, chúng có khả năng lưu trữ các điện tích không gian, có thể ảnh hưởng đến các tính chất điện môi của vật liệu [7, 8]. Sự xuất hiện của điện tích không gian bên trong vật liệu có thể dẫn đến lão hóa sớm vật liệu, nó có thể rút ngắn tuổi thọ của vật liệu cách điện bởi sự hư hỏng điện môi [9, 10]. Sự tích tụ điện tích trong vật liệu khi chịu tác động của trường đặt còn làm biến dạng điện trường cục bộ, khi điện trường bị biến

dạng đạt đến một giá trị đủ lớn sẽ dẫn đến sự cố điện môi [11]. Do đó, nghiên cứu về việc hình thành và vận chuyển điện tích không gian trong các vật liệu gốc polyetylen là vô cùng cần thiết để có được sự hiểu biết sâu sắc và cải thiện các tính chất của vật liệu polyme, phát triển các vật liệu mới hiệu quả hơn.

Các mô hình về cơ chế dẫn trong vật liệu polyme được xây dựng có thể giúp hiểu được cơ chế động của điện tích không gian bên trong vật liệu, hơn nữa toàn bộ các phép đo thực nghiệm hiện có đối với polyetylen cung cấp cơ sở cho việc phát triển các mô hình vận chuyển điện tích không gian trong loại điện môi này. Với mục đích đó, một mô hình theo phương pháp phần tử hữu hạn phát triển từ mô hình số theo phương pháp thể tích hữu hạn [12] đã được phát triển, nhằm hiểu và dự đoán các hiện tượng hình thành và vận chuyển điện tích trong polyetylen mật độ thấp (LDPE) tính đến các hiện tượng phân cực, vận chuyển điện tích khi chúng chịu ứng suất khác nhau. Kết quả tính toán của mô hình này và sự so sánh kết quả của mô hình với kết quả thực nghiệm và của mô hình trước được thể hiện ở phần sau của bài báo.

*Tác giả liên hệ: Email: ngavtt@epu.edu.vn

Modelling the conduction mechanisms in low density polyethylene material using finite element method

Mai Quyen Hoang¹, Thi Thu Nga Vu^{2*},
Manh Quan Nguyen¹, Severine Le Roy³

¹Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry

²Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University

³National Centre for Scientific Research, French

Received 20 July 2020; accepted 28 August 2020

Abstract:

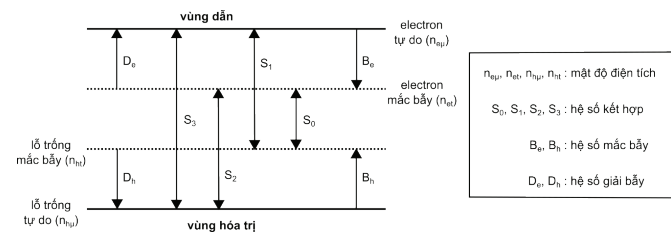
Polymers used as insulating materials are increasingly popular in many different fields. In electrical engineering - electronics, polymers are used in high-voltage transmission cables, capacitors, transformers, or as part of an embedded system in the IGBT module thanks to its superior thermal and electrical insulation properties. One of the disadvantages of polymers is the possible accumulation of space charge in the material volume for a long time, leading to an increase in the electric field compared to the original design value. Charge transport models in polymer materials have been increasingly developed to predict the conduction mechanisms under thermal-electrical stress. In this study, from a finite volume method (FVM), the authors developed a charge transport model in low density polyethylene (LDPE) based on the finite element method (FEM). The simulation results of this model are also compared to experimental results and to the FVM model under different electric fields for LDPE.

Keywords: conduction mechanisms, FEM, LDPE, space charge.

Classification number: 2.2

Xây dựng mô hình vận chuyển điện tích, dẫn điện bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Trong những năm đầu thế kỷ XXI, một mô hình hóa vận chuyển điện tích trong các chất cách điện dưới các ứng suất về điện - nhiệt [12, 13] đã được Le Roy và cộng sự thuộc Phòng thí nghiệm Laplace (Toulouse, Pháp) khởi xướng. Đó là một mô hình số, lưỡng cực và một chiều, là hàm của độ dày chất điện môi, mô tả việc phun và vận chuyển các điện tích (electron và lỗ trống) trong một chất điện môi rắn hữu cơ. Hình 1 thể hiện sơ đồ của các cơ chế được tính đến trong mô hình này. Mỗi loại điện tích có thể chuyển động (tự do) hoặc bị mắc bẫy. Hệ số linh động của một electron hoặc một lỗ trống có giá trị không đổi. Trong mô hình vận chuyển điện tích này, chỉ xem xét một mức bẫy sâu và mật độ điện tích tối đa cho mỗi loại điện tích. Sự kết hợp có thể xảy ra giữa các điện tích trái dấu mà không tạo ra một chất mới trong chất cách điện polyme. Mô hình số này được xây dựng dựa trên phương pháp thể tích hữu hạn FVM, mọi thông số đều được giải trên các phương trình số, do vậy thời gian tính toán là một trong những hạn chế của phương pháp này. Mô hình mới xây dựng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn - FEM sử dụng phần mềm Comsol Multiphysics phát triển dựa trên cơ sở của mô hình FVM đã được nhóm tác giả nghiên cứu thực hiện.



Hình 1. Sơ đồ cơ chế dẫn của hạt mang điện.

Mô hình này dựa trên một hệ phương trình kết hợp:

Phương trình Poisson:

$$\frac{\partial E(x,t)}{\partial x} = \frac{\rho(x,t)}{\epsilon_0 \epsilon_r} \quad (1)$$

Phương trình vận chuyển:

$$j_a(x,t) = \mu_a n_a(x,t) E(x,t) \quad (2)$$

Phương trình liên tục:

$$\frac{q \partial n_a(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial j_a(x,t)}{\partial x} = s_a(x,t) \quad (3)$$

Trong đó: E là cường độ điện trường; q, ρ tương ứng là giá trị điện tích và lượng điện tích trong điện môi; ϵ_0 , ϵ_r tương ứng là hằng số điện môi tuyệt đối và tương đối; x, t là tọa độ không gian, thời gian; a là đại diện cho các electron

và lỗ trống; j_a là mật độ dòng điện; n_a là mật độ điện tích không gian; μ_a là hệ số linh động của các hạt được xét; s_a đại diện cho điều kiện nguồn, mô tả sự xuất hiện và biến mất của các điện tích không gian không liên quan đến quá trình vận chuyển thuộc quá trình mắc bẫy, giải bẫy và kết hợp.

Việc phun điện tích vào các điện cực được tính đến thông qua biểu thức Schottky sửa đổi, cực âm ($x=0$) và ở cực dương ($x=d$), tương ứng cho điện tử và lỗ trống:

$$j_{inje}(0,t) = AT^2 \exp\left(\frac{-qw_e}{k_B T}\right) \left[\exp\left(\frac{q}{k_B T} \sqrt{\frac{qE(0,t)}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

$$j_{inh}(d,t) = AT^2 \exp\left(\frac{-qw_h}{k_B T}\right) \left[\exp\left(\frac{q}{k_B T} \sqrt{\frac{qE(L,t)}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}}\right) - 1 \right] \quad (5)$$

Trong đó, w_e và w_h là hàng rào năng lượng của sự phun điện tích tương ứng cho điện tử và lỗ trống.

Biểu thức Schottky sửa đổi ở trên (công thức (4), (5)) có tính đến dòng điện khác 0 đi từ điện môi đến kim loại.

Không có rào cản năng lượng nào cho sự giải phóng các hạt mang điện. Từ công thức (2), ta xác định được mật độ dòng điện của điện tích và lỗ trống tương ứng ở anode và cathode:

$$j_e(d,t) = \mu_e n_{e\mu}(d,t) E(d,t) \quad (6)$$

$$j_h(0,t) = \mu_h n_{h\mu}(0,t) E(0,t) \quad (7)$$

Dòng điện tổng được tính theo biểu thức Maxwell-Ampere:

$$J_T(x,t) = j_c(x,t) + \frac{\partial D(x,t)}{\partial t} \quad (8)$$

Trong đó, thành phần thứ nhất ở vế phải thể hiện dòng điện dẫn, thành phần thứ hai là sự dịch chuyển điện tích.

Cho đến nay, hằng số điện môi tương đối ϵ_r đã được coi là một hằng số, do đó biểu thức của dòng điện tổng được viết lại như sau:

$$J_T(x,t) = j_c(x,t) + \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\partial E(x,t)}{\partial t} \quad (9)$$

Trong quá trình thực hiện tính toán mô phỏng, các hệ số khác cũng được tính đến như: hệ số linh động của các điện tích tự do; hệ số của giải bẫy thông qua hàng rào năng lượng giải bẫy tương ứng cho điện tích và lỗ trống; sự kết hợp giữa các điện tích trái dấu thông qua các hệ số kết hợp.

Mô hình này được nhóm nghiên cứu áp dụng cho vật liệu

LDPE, một chất cách điện polyme phổ biến trong ngành kỹ thuật điện vì nó đóng vai trò là nhựa cơ bản cho cách điện của cáp điện xoay chiều cao áp (HVAC) và một chiều cao áp (HVDC).

Kết quả mô phỏng

Mẫu và điều kiện mô phỏng

Mô phỏng sử dụng phần mềm Comsol Multiphysic dạng 1D được thực hiện trên mẫu vật liệu phẳng LPDE có kích thước 150 μm , dưới tác dụng của điện trường đặt khác nhau từ 10 đến 60 kV/mm ở nhiệt độ 25°C, thông số đặt cho vật liệu cụ thể được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đặt của vật liệu được dùng trong mô phỏng.

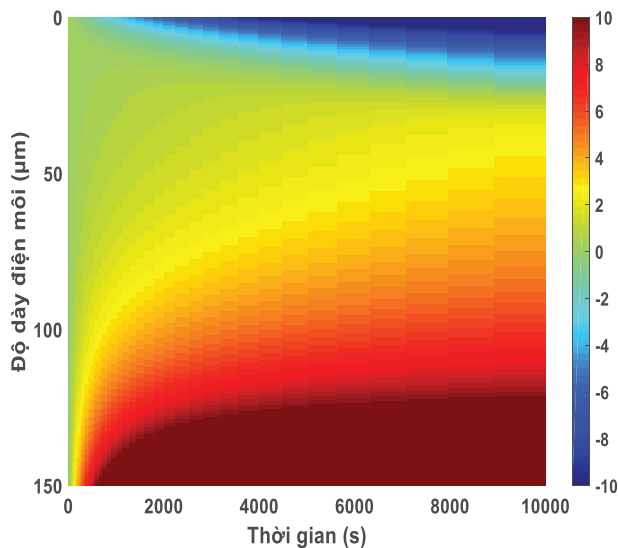
Thông số	Giá trị
<i>Hệ số kết hợp</i>	
S_0 (điện tử mắc bẫy và lỗ trống mắc bẫy)	$4.10^{-3} \text{ m}^3\text{C}^{-1}\text{s}^{-1}$
S_1 (điện tử tự do và lỗ trống mắc bẫy)	$4.10^{-3} \text{ m}^3\text{C}^{-1}\text{s}^{-1}$
S_2 (điện tử mắc bẫy và lỗ trống tự do)	$4.10^{-3} \text{ m}^3\text{C}^{-1}\text{s}^{-1}$
S_3 (điện tử tự do và lỗ trống tự do)	0
<i>Hệ số bẫy</i>	
B_e electrons	0,1 s^{-1}
B_h holes	0,2 s^{-1}
<i>Sự di chuyển</i>	
Điện tích	$1,0.10^{-14} \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$
Lỗ trống	$2,0.10^{-13} \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$
<i>Mật độ bẫy sâu</i>	
N_{oet} của điện tích	100 Cm^{-3}
N_{oht} của lỗ trống	100 Cm^{-3}
<i>Mức năng lượng rào cản cho tiêm điện tích theo Schottky</i>	
w_{ei} của điện tích	1,27 eV
w_{hi} của lỗ trống	1,16 eV
<i>Độ lớn năng lượng rào cản của bẫy (detrapping)</i>	
w_{te} của điện tích	0,96 eV
w_{th} của lỗ trống	0,99 eV
<i>Mật độ điện tích ban đầu</i>	
$\rho_{ei}(t=0)$ của điện tích	-0,5 Cm^{-3}
$\rho_{hi}(t=0)$ lỗ trống	0,5 Cm^{-3}

Trong quá trình tính toán mô phỏng của mô hình này có xem xét đến việc tiêm điện tích từ 2 điện cực theo kiểu Schottky sửa đổi, sự di chuyển của điện tích được mô hình hóa bằng sự di chuyển liên tục có tính đến mức độ của bẫy, sự khuếch tán điện tích và sự kết hợp điện tích trái dấu theo thời gian. Do vậy, kết quả về sự phân bố điện tích không gian, điện dẫn hay phân bố điện trường trong vật liệu được mô tả rõ ràng hơn.

Kết quả mô phỏng

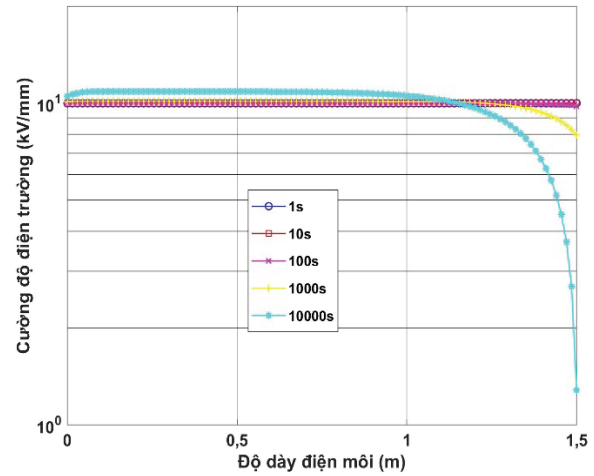
Kết quả quan trọng thu được từ mô hình hóa điện dẫn của vật liệu LDPE gồm: mật độ điện tích không gian phụ thuộc vào thời gian và độ dày của vật liệu; dòng điện trong vật liệu theo thời gian; tốc độ kết hợp theo độ dày điện môi; mật độ của từng loại điện tích (electron, lỗ trống, bẫy), từng loại kết hợp (S_0, S_1, S_2, S_3), điện trường...

Dưới điện trường đặt 40 kV/mm, sự phân bố điện tích không gian theo thời gian trong vật liệu LDPE theo bảng màu được thể hiện ở hình 2. Bảng màu thể hiện mật độ điện tích từ -10 đến 10 Cm^{-3} , tương ứng với độ dày vật liệu từ cathode đến anode (từ 0 đến 150 μm). Quan sát thấy, hiện tượng điện tích đồng nhất ở điện cực anode. Điện tích dương xuất hiện với mật độ lớn tại anode, từ từ di chuyển lan dần vào trong khối vật liệu và có xu hướng di chuyển đến cathode.

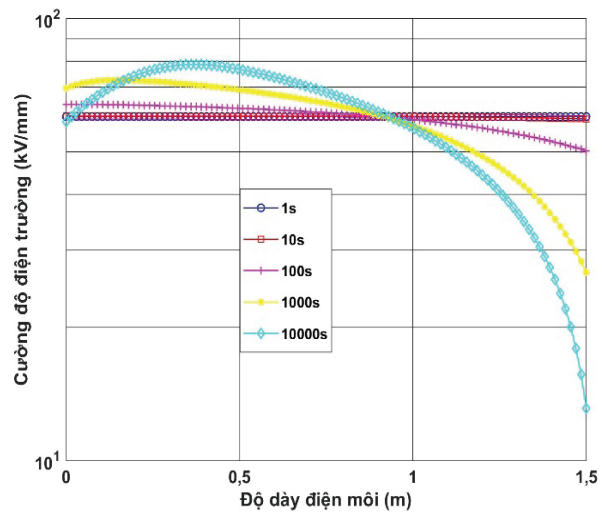


Hình 2. Phân bố điện tích không gian theo bảng màu trong khối điện môi theo thời gian và độ dày dưới tác dụng của điện trường đặt 40 kV/mm.

Điện trường thay đổi theo thời gian cũng có thể được tính toán ở các điện trường đặt khác nhau (hình 3). Sau gần 3h (10000s), chỉ có sự thay đổi điện trường ở anode, còn sự thay đổi điện trường trong khối điện môi gần như không đáng kể dưới điện trường đặt là 10 kV/mm (hình 3A). Tuy nhiên khi điện trường tăng lên tới 60 kV/mm, điện trường trong khối điện môi ở gần điện cực cathode có xu hướng tăng dần do sự xuất hiện điện tích không gian với mật độ lớn trong khối điện môi (hình 3B).



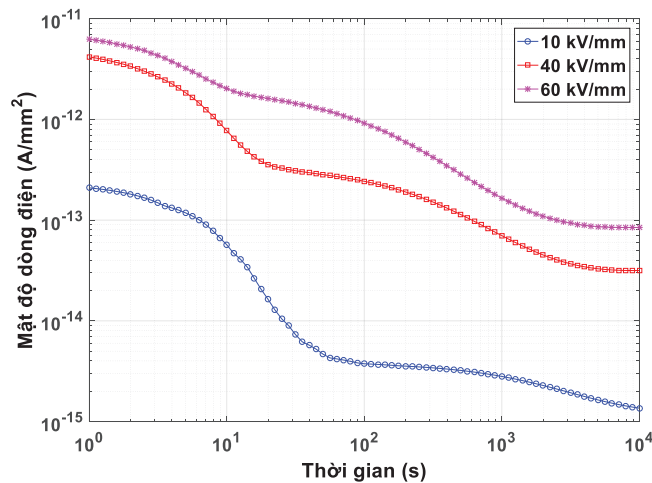
(A)



(B)

Hình 3. Sự phân bố điện trường trong khối điện môi theo thời gian dưới tác động của điện trường đặt là 10 kV/mm (A) và 60 kV/mm (B).

Mật độ dòng điện cũng là một thông số quan trọng liên quan đến sự xuất hiện điện tích không gian trong vật liệu. Dưới tác động của các giá trị điện trường đặt khác nhau, mật độ dòng điện phân bố trong khối điện môi thay đổi theo thời gian được thể hiện trong hình 4. Mật độ dòng điện có xu hướng giảm nhanh ở thời gian đầu khi đặt điện áp, sau đó giảm dần theo thời gian để đạt giá trị ổn định. Ở điện trường 10 kV/mm, sau 10000s dòng điện chưa đạt giá trị ổn định, tuy nhiên khi điện trường tăng lên 40 và 60 kV/mm, dòng điện gần như không thay đổi và đạt giá trị ổn định trong khoảng thời gian 3.10^3s .



Hình 4. Mật độ dòng điện theo thời gian ở các điện trường đặt khác nhau.

Xác thực mô hình

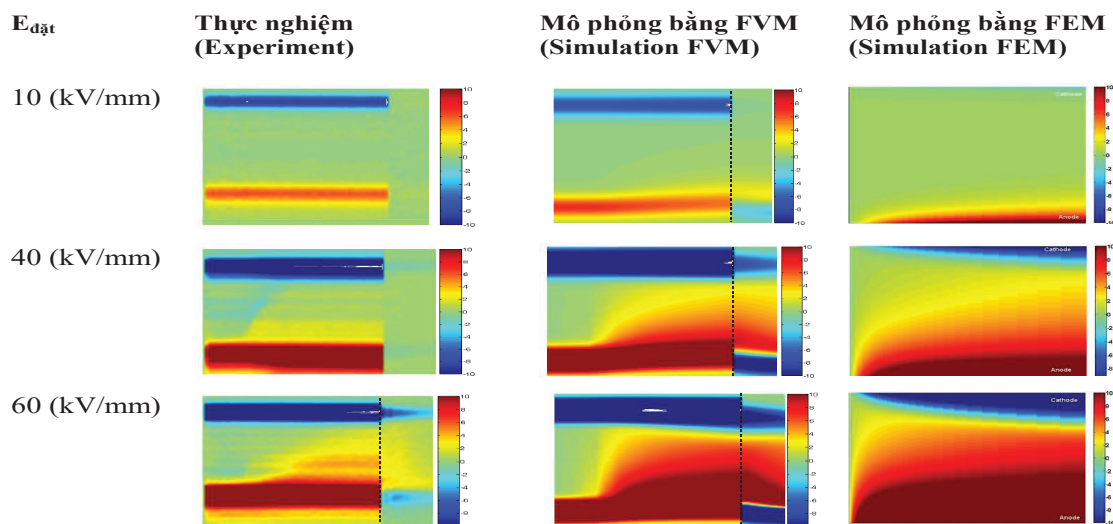
Kết quả mô phỏng từ phương pháp FEM tính toán qua phần mềm Comsol Multiphysic được so sánh với kết quả đo thực nghiệm bằng phương pháp PEA (Pulse electro acoustic) và mô hình tính toán bằng phương pháp FVM [12]. Ở cả 2 mô hình, mật độ điện tích ban đầu của điện tích dương và âm tương ứng ở 10 kV/mm là 0,1 Cm⁻³, ở 40 và 60 kV/mm là 0,5 Cm⁻³.

Điện tích không gian

Sự phân bố điện tích không gian trong khối điện môi bằng thực nghiệm - phương pháp FVM (khi có điện trường đặt, sau đó điện trường trở về 0) và FEM (chỉ thể hiện ở trạng thái khi có điện trường đặt) được thể hiện trong hình 5.

Kết quả thực nghiệm cho thấy, ở điện trường đặt 10 kV/mm, không quan sát thấy có điện tích không gian trong khối điện môi. Khi tăng điện trường, điện tích dương (màu đỏ) được quan sát thấy xuất hiện ở anode, di chuyển dần dần qua khối điện môi đến điện cực cathode trong khoảng 100s. Phần lớn vật liệu LDPE sau đó được tích điện dương cho đến khi kết thúc bước phân cực. Sự gia tăng của điện trường làm sự gia tăng mật độ điện tích. Sau khi điện trường về 0, các điện tích dương biến mất, thời gian biến mất tăng khi điện trường đặt tăng.

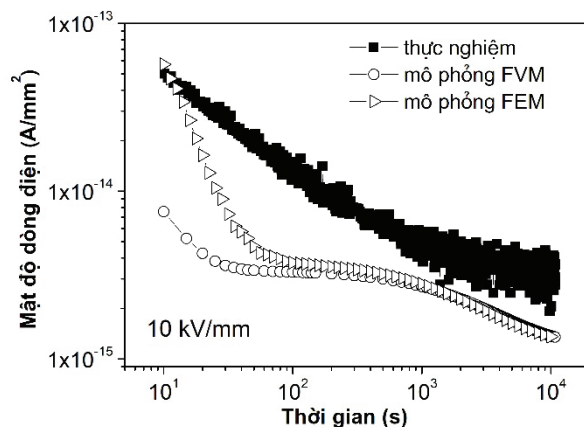
Khi so sánh với kết quả mô phỏng theo phương pháp FEM với phương pháp FVM và thực nghiệm với 3 mức điện trường đặt khác nhau cho thấy mô hình có thể tái hiện hầu hết các đặc điểm được nêu bật trong thí nghiệm, tức là sự thống trị của các điện tích dương, thời gian vận chuyển và mật độ điện tích không gian trong điện môi. Trong quá trình phân cực, các mô hình mô phỏng có thể so sánh với các mẫu thử nghiệm, cho các điện trường 10 và 40 kV/mm. Tuy nhiên, đối với điện trường 60 kV/mm, lượng điện tích mô phỏng bên trong chất điện môi cao hơn so với thí nghiệm. Hơn nữa, các điện tích âm (màu xanh) được quan sát bên cạnh cực âm cho các trường cao hơn này. Điều này mâu thuẫn với những gì được quan sát bằng thực nghiệm. Sự gia tăng mật độ điện tích không gian ở điện trường cao và sự hiện diện của điện tích âm bên trong khối có thể được liên hệ với việc tạo ra các điện tích ở các điện cực. So sánh giữa 2 phương pháp mô phỏng, phương pháp FEM có sự gia tăng điện tích ở thời gian đầu nhanh hơn so với phương pháp FVM, nguyên nhân do bước thời gian tính toán bởi FEM nhỏ hơn rất nhiều so với FVM nên thể hiện sự gia tăng điện tích phân bố rõ ràng hơn.



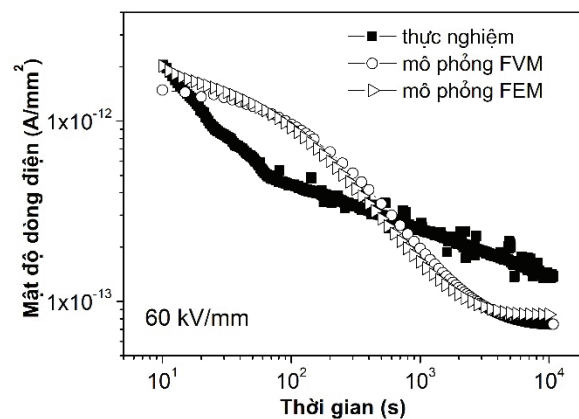
Hình 5. Phân bố điện tích không gian theo hàm thời gian và độ dày của điện môi ở điện trường đặt 10, 40, 60 kV/mm thu được khi tiến hành thực nghiệm - mô phỏng bằng FVM - mô phỏng bằng FEM.

Mật độ dòng điện

Dưới điều kiện mô phỏng và thí nghiệm như nhau, sự phân bố mật độ dòng điện trong khoảng thời gian đặt điện trường (10 và 60 kV/mm) được thể hiện trong hình 6. Trong mỗi điện trường đặt, kết quả thí nghiệm cho thấy dòng điện giảm dần nhưng chưa đạt trạng thái ổn định sau 3h phân cực. Bên cạnh đó còn xuất hiện độ dốc của đường cong cho thấy sự thay đổi trong cơ chế chi phối của dòng điện tích. Sự thay đổi độ dốc này xảy ra sớm hơn khi điện trường đặt cao hơn, tạo ra hiện tượng phụ thuộc vào trường. Độ dốc đầu tiên này có thể được giải thích bằng sự phân cực của các lưỡng cực bên trong khối. Ngay cả khi PE thể hiện sự phân cực yếu, nhưng cơ chế phân cực vẫn chiếm ưu thế trong thời gian ngắn và là hàm của điện trường trong LDPE. Độ dốc thứ hai của các đường cong thí nghiệm tương ứng với việc di chuyển các điện tích.



(A)



(B)

Hình 6. Mật độ dòng điện theo thời gian của thực nghiệm, phương pháp FVM và phương pháp FEM ở điện trường 10 kV/mm (A) và 60 kV/mm (B).

Đối với kết quả mô phỏng theo phương pháp FVM và FEM, ở 10 kV/mm dòng điện cũng chưa đạt giá trị ổn định. Tuy nhiên, khi điện trường tăng đến 40 và 60 kV/mm, dòng điện mô phỏng đã đạt trạng thái ổn định sau khoảng thời gian 3.10^3 s nhưng mô phỏng không thể thể hiện các đường cong thử nghiệm trong thời gian ngắn, vì các cơ chế phân cực không được tính đến trong mô hình. Tuy nhiên, việc bổ sung mật độ điện tích ban đầu trong mô phỏng cho phép có được sự thay đổi độ dốc trong mật độ dòng mô phỏng, do sự thay đổi của cơ chế dẫn (tức là độ dốc thứ nhất: dòng điện do sự vận chuyển của điện tích ban đầu). Mặc dù có sự bổ

sung mật độ ban đầu của điện tích, có một chút khác biệt giữa thí nghiệm và mô phỏng trong thời gian ngắn. So sánh giữa 2 hình thức mô phỏng, phương pháp FEM thể hiện giá trị dòng điện ban đầu gần hơn với phương pháp FVM do bước thời gian tính toán và cơ chế vận chuyển điện tích ban đầu của phương pháp FEM rõ ràng hơn.

Kết luận

Mô hình được phát triển cung cấp kết quả chấp nhận được của điện tích không gian, điện trường và dòng điện. Một mối tương quan giữa phép đo thí nghiệm, mô phỏng theo phương pháp FVM và FEM đã được so sánh. Sự ưu việt của mô hình mô phỏng theo phương pháp FEM đã được thể hiện rõ nét ở thời gian ban đầu so với phương pháp FVM. Tuy nhiên, mô hình không thể thể hiện hoàn toàn tất cả các cơ chế của quá trình dẫn một cách chính xác như trong thực nghiệm. Điều này được giải thích bởi các giả

thuyết vật lý của mô hình, đặc biệt là việc tạo ra điện tích (tức là tiêm vào các điện cực), không được mô tả trong mô hình. Kết quả của nghiên cứu này là tiền đề để xây dựng và xác thực mô hình vận chuyển điện tích trong không gian 2D bằng phương pháp phần tử hữu hạn với sự trợ giúp của phần mềm Comsol Multiphysics.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Fukuda (1988), "Technological progress in high-voltage XLPE power cables in Japan", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 4, pp.9-16.

- [2] K. Ogawa, T. Kosugi, N. Kato, Y. Kawawata (1990), "The world's first use of 500 kV XLPE insulated aluminium sheathed power cables at the Shimogo and Imaichi power stations", *IEEE Transactions on Power Delivery*, **5**, pp.26-32.
- [3] SIEMENS (2011), *HVDC - High voltage direct current transmission*, Siemens AG - Energy Sector.
- [4] W. Long and S. Nilsson (2007), "HVDC transmission: yesterday and today", *IEEE Power & Energy Magazine*, **5**(2), pp.22-31.
- [5] G. Mazzanti and M. Marzinotto (2013), *Extruded cables for high-voltage direct - current transmission: advances in research and development*, IEEE Press-Wiley.
- [6] Y. Murata, et al. (2013), "Development of high voltage DC-XLPE cable system", *SEI Technical Review*, **76**, pp.55-62.
- [7] T. Mizutani, H. Semi and K. Kaneko (2000), "Space charge behavior in low-density polyethylene", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **7**(4), pp.503-508.
- [8] G.C. Montanari and P.H.F. Morshuis (2005), "Space charge phenomenology in polymeric insulating materials", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **12**(4), pp.754-767.
- [9] J.C. Fothergill, et al. (2003), "Electrical, microstructural, physical and chemical characterization of HV XLPE cable peelings for an electrical aging diagnostic data base", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **10**(3), pp.514-527.
- [10] T.T.N. Vu, G. Teyssedre, S. Le Roy and C. Laurent (2017), "Space charge criteria in the assessment of insulation materials for HVDC", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **24**(3), pp.1405-1414.
- [11] U. Riechert, J. Kindersberger, and J. Speck (1999), "Effects of short-time voltage drops and polarity reversals on breakdown behaviour of cross-linked polyethylene", *Eleventh International Symposium on High Voltage Engineering*, **4**, pp.216-219.
- [12] S. Le Roy, G. Teyssedre, C. Laurent, G.C. Montanari and F. Palmieri (2006), "Description of charge transport in polyethylene using a fluid model with a constant mobility: fitting model and experiments", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **39**, pp.1427-1436.
- [13] S. Le Roy, F. Baudoin, L. Boudou, C. Laurent, G. Teyssedre (2010), "Thermo - stimulated depolarization currents in polyethylene films. Numerical simulations and experiments", *Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Solid Dielectrics (ICSD)*, pp.1-4.

Một phương pháp hiệu quả cho quá trình quét bề mặt phản xạ sử dụng Kinect v2

Bùi Văn Biên^{1*}, Bành Tiên Long², Phạm Đức An², Nguyễn Đức Toàn²

¹Bộ môn Cơ khí, Trường Đại học Hải Phòng

²Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 28/7/2020; ngày chuyển phản biện 31/7/2020; ngày nhận phản biện 28/8/2020; ngày chấp nhận đăng 8/9/2020

Tóm tắt:

Máy ảnh ToF thường được biết đến là máy ảnh chụp ảnh phạm vi, là một thế hệ cảm biến mới ra đời. Các thiết bị này phù hợp cho việc đo khoảng cách từ thiết bị đến vật thể với tốc độ khung hình cao, được sử dụng ngày càng phổ biến để thu thập dữ liệu 3D cho các ứng dụng robot hay kỹ thuật ngược. Trong bài báo này, các tác giả trình bày một phương pháp hiệu quả để quét các bề mặt phản xạ sử dụng Kinect v2. Phương pháp này dựa trên nguyên tắc của thuật toán ICP. Trong quá trình quét của Kinect v2, đám mây điểm thu được thường không hoàn chỉnh, nó bao gồm các vùng trống dữ liệu. Nghiên cứu này sẽ giải quyết vấn đề vùng trống dữ liệu bằng cách thu thập đám mây điểm theo nhiều hướng khác nhau. Mỗi đám mây điểm sẽ gắn với một hệ trục tọa độ khác nhau. Sau đó, tất cả các đám mây điểm sẽ được căn chỉnh và kết hợp bằng thuật toán ICP. Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu quả của phương pháp đã đề xuất.

Từ khóa: bề mặt phản xạ, đám mây điểm, Kinect v2, quá trình quét 3D, thuật toán ICP.

Chỉ số phân loại: 2.3

Đặt vấn đề

Trong vài thập kỷ gần đây, quá trình số hóa hình dạng của các vật thể (viết tắt là tái tạo ba chiều - 3D) đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, từ giải trí tới công nghiệp. Mục tiêu là thu thập dữ liệu 3D của từng điểm trên bề mặt vật thể, tọa độ 3D, độ sâu và véc tơ pháp tuyến. Thông qua một trình tự thực hiện các công việc trong quá trình tái tạo 3D (mô tả trong hình 1), mô hình 3D của vật thể được tái tạo [1].



Hình 1. Trình tự thực hiện tái tạo 3D.

Liên quan đến các ứng dụng trong lĩnh vực chế tạo máy, việc tái tạo 3D nhằm mục đích trích xuất thông tin từ dữ liệu thô được thu thập để tái tạo phiên bản gần nhất của mô hình CAD tham số phù hợp với thiết kế ban đầu của đối tượng. Trong bước “Thu thập dữ liệu” (hình 1), các kết quả khảo sát thường được thực hiện với các máy quét 3D thương mại, tuy nhiên giá thành của chúng quá cao, không phù hợp với các doanh nghiệp vừa và nhỏ. Được ra mắt vào năm 2010, Microsoft Kinect (viết ngắn gọn là Kinect v1), thiết bị quét 3D giá rẻ, đã sử dụng công nghệ ánh sáng cấu trúc để thu thập dữ liệu độ sâu. Phiên bản thứ hai của Kinect được phát hành vào năm 2014, giúp cải thiện độ chính xác của

phép đo độ sâu. Kinect v2 áp dụng kỹ thuật thời gian truyền sóng (ToF) để thu thập dữ liệu độ sâu. Kỹ thuật này cũng giúp đạt được thông tin độ sâu với độ phân giải tốt hơn trong khi hạn chế nhiễu từ các nguồn bên ngoài [2]. Đây chính là tiềm năng lớn trong việc sử dụng Kinect v2 cho việc thu thập dữ liệu trong quá trình tái tạo bề mặt 3D.

Kể từ khi xuất hiện, Kinect đã là một đối tượng cho nhiều phương pháp đã được phát triển với hy vọng đưa ra đánh giá kỹ lưỡng về độ chính xác của nó. Một mô hình toán cho dữ liệu độ sâu thu thập từ Kinect đã được đề xuất [3]. Trong đó, một nghiên cứu sâu về ảnh hưởng của các tham số đến độ chính xác của dữ liệu độ sâu thông qua phân tích sai số lý thuyết đã được giới thiệu. Để tính toán dữ liệu 3D, các tham số nội và ngoại của quá trình hiệu chuẩn, chẳng hạn như tiêu cự, điểm góc, hệ số méo ống kính, chiều dài cơ sở và khoảng cách mẫu tham chiếu được sử dụng trong mô hình đã được đề xuất. Kết quả thí nghiệm đã chứng minh rằng, sai số ngẫu nhiên của dữ liệu đo độ sâu tỷ lệ thuận với sự gia tăng khoảng cách giữa máy ảnh và đối tượng đo.

Một đánh giá toàn diện về Kinect v2 cho mục đích tái tạo 3D đã được thực hiện bởi Lachat và các cộng sự [4]. Một số thí nghiệm đã góp phần làm nổi bật các sai số phát sinh từ môi trường và các thuộc tính của vật thể được chụp, cũng như các sai số liên quan đến bản thân thiết bị. Qua những đánh giá nguồn gây sai số, hiệu chuẩn hình học cũng như

*Tác giả liên hệ: Email: bienbv80@dhph.edu.vn

An efficient method for reflective surface scanning using Kinect v2

Van Bien Bui^{1*}, Tien Long Banh²,
Duc An Pham², Duc Toan Nguyen²

¹Department of Mechanical Engineering, Hai Phong University

²School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology

Received 28 July 2020; accepted 8 September 2020

Abstract:

ToF cameras, also identified as range imaging cameras, are a recent generation of sensors. As they are desirable for measuring distances to objects at a high frame rate, such sensors are increasingly used for 3D acquisitions, and more generally for applications in robotics or reverse engineering. In this study, the authors presented an efficient method for reflective surface scanning using Kinect v2. The approach is based on the principles of the ICP (Iterative Closest Point) algorithm. During the Kinect v2 scanning, the obtained point cloud is incomplete and includes flying pixels. The authors solve the flying pixel problem by capturing point clouds as multiple viewpoints. Each point cloud belongs to each coordinate. Then, all of the point clouds must be aligned and combined using the ICP algorithm. The experimental results show that the quality of the method is significantly improved.

Keywords: ICP algorithm, Kinect v2, point cloud, reflective surface, 3D scanning.

Classification number: 2.3

độ sâu đã được thực hiện để làm giảm ảnh hưởng của sai số đến độ chính xác của Kinect. Cuối cùng, bề mặt 3D của một mảnh khảo cổ đã được xây dựng, qua đó chứng minh được khả năng ứng dụng và độ chính xác của máy ảnh Kinect trong việc tái tạo mô hình 3D của các vật thể.

Đối với các hệ thống sử dụng nhiều Kinect v2, một phương pháp mới đã được phát triển bởi Yang và cộng sự [5] để cải thiện độ chính xác trong đo độ sâu. Công trình này tập trung vào việc đánh giá độ chính xác độ sâu của Kinect v2. So với Kinect 1, hiệu năng trên phần cứng theo các tham số kỹ thuật đã ban hành được trình bày kỹ lưỡng. Nhiều thuộc tính quan trọng của máy ảnh Kinect v2 sử dụng trong thực tế được nghiên cứu, như phân bố tính chính xác, độ phân giải độ sâu, entropy độ sâu, nhiễu tại giao tuyến của các bề mặt cũng như nhiễu cấu trúc. Các kết quả góp phần thực hiện các thí nghiệm kiểm tra và đưa ra độ chính xác tốt cho Kinect v2 sau khi xác định vị trí đối tượng trong các khu vực phù hợp.

Cũng trong nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả [1], ảnh hưởng của tính phản xạ trong quá trình thu thập dữ liệu 3D đã được trình bày. Ba mẫu vật liệu đã được nghiên cứu là nhôm, thép và nhựa. Qua thí nghiệm cho thấy, ảnh hưởng của tính chất bề mặt đối tượng đến quá trình quét sử dụng Kinect v2 là rất rõ ràng. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này, phương pháp nhằm giảm tác động của phản xạ bề mặt đối tượng được quét đối với sự hình thành đám mây điểm trong quá trình tái tạo bề mặt 3D của các chi tiết cơ khí sẽ được đề xuất và đánh giá.

Nội dung nghiên cứu

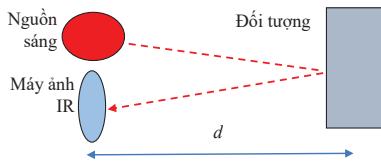
Thu thập dữ liệu đám mây điểm

Kinect v2 bao gồm hai máy ảnh, là máy ảnh hồng ngoại (IR) và máy ảnh RGB. Trong thiết bị này cũng có ba nguồn ánh sáng IR, mỗi nguồn sáng tạo ra một sóng được điều chế với biên độ khác nhau. Thông số kỹ thuật của thiết bị được minh họa trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của Kinect v2.

Độ phân giải máy ảnh RGB	1920x1080 pixels
Độ phân giải máy ảnh IR	512x424 pixels
Tỷ lệ khung hình	Đến 30 Hz
Thị trường máy ảnh IR	70x60 độ
Thị trường máy ảnh màu	84x54 độ
Phạm vi làm việc	Từ 0,5 đến 4,5 m

Để xác định giá trị độ sâu, Kinect v2 sử dụng công nghệ ToF quang. Dựa trên kết quả đo thời gian để sóng ánh sáng truyền từ nguồn sáng hồng ngoại đến vật thể và sau đó quay trở lại máy ảnh hồng ngoại, giá trị độ sâu sẽ được xác định (hình 2).



Hình 2. Nguyên lý làm việc ToF.

Gọi d là khoảng cách từ Kinect v2 đến vật thể, dựa trên ánh sáng đã điều chế, sử dụng hệ thống ToF gián tiếp thay vì đo trực tiếp thời gian di chuyển, độ lệch pha $\Delta\varphi$ giữa tín hiệu phát và tín hiệu thu sẽ được đo. Khoảng cách ước tính d được tính theo công thức sau:

$$d = \frac{\Delta\varphi}{4\pi f} \cdot c \quad (1)$$

trong đó: f là tần số điều chế, c là tốc độ ánh sáng trong không khí.

Mỗi máy ảnh Kinect v2 đều có các tham số nội riêng phụ thuộc vào cảm biến và ống kính. Các tham số này đã được hiệu chỉnh tại nhà máy và lưu trữ ở bộ nhớ trong của thiết bị. Sử dụng công cụ Kin2 [6] phát triển trên Matlab, các giá trị của tham số nội được sử dụng trong bài viết này được thu thập và hiển thị trong bảng 2.

Bảng 2. Các tham số nội của máy ảnh IR.

Tham số nội		Giá trị (Pixels)
Độ dài tiêu cự	F_x	362,8785
	F_y	362,8785
Điểm góc	C_x	253,8325
	C_y	204,4191
Độ méo hướng kính	K_1 (2 nd)	204,4191
	K_2 (4 th)	-0,2698
	K_3 (6 th)	0,0888

Các bản đồ độ sâu của đối tượng sau đó được chuyển đổi thành các đám mây điểm 3D sử dụng các tham số nội của máy ảnh hồng ngoại, dữ liệu độ sâu thu được và mô hình máy ảnh theo quan hệ hình chiếu phối cảnh. Mỗi điểm ảnh $p(u,v)$ trong bản đồ độ sâu được chuyển đổi thành một điểm $P(X,Y,Z)$ trong không gian thực và biểu diễn bởi đám mây điểm 3D, trong đó gốc tọa độ của đám mây điểm được tạo ra đặt tại vị trí máy ảnh IR của Kinect v2. Các tọa độ X và Y của điểm P tương ứng với từng điểm ảnh p trong bản đồ độ sâu và được tính bằng các công thức:

$$X = \frac{u - C_x}{F_x} \cdot Z \quad (2)$$

$$Y = \frac{v - C_y}{F_y} \cdot Z \quad (3)$$

trong đó: Z là giá trị cường độ của điểm ảnh $p(u,v)$ trong bản đồ độ sâu.

Ghép đám mây điểm bù vùng phản xạ

Qua thực nghiệm và công bố của nhóm tác giả [1], đám mây điểm thu được của các vật liệu có hệ số phản xạ bề mặt lớn như nhôm sẽ có những vùng không có dữ liệu (flying fixels). Có thể nhận thấy rằng, phản xạ bề mặt phụ thuộc vào góc chụp của đối tượng. Các vùng không có dữ liệu trên bề mặt thu được có liên quan đến góc giữa tia sáng IR chiếu từ nguồn sáng và góc thu của máy ảnh IR. Máy ảnh Kinect v2 chụp được các vùng khác nhau của đối tượng, dựng được tọa độ thành phần, sau đó tổng hợp thành các tọa độ toàn thể. Các đám mây điểm của đối tượng sẽ được ghép, vùng bị phản xạ của đám mây điểm này sẽ được bù với vùng không bị phản xạ ở đám mây điểm khác. Để ghép các đám mây thành phần thành một đám mây của đối tượng hoàn chỉnh, việc cần làm là phải lựa chọn sao cho vùng bị phản xạ ở đám mây điểm này trùng với một vùng không chịu ảnh hưởng của phản xạ bề mặt ở một đám mây điểm khác.

Khó khăn lớn nhất trong việc ghép các đám mây dữ liệu thu được chính là mỗi lần quét được thực hiện trên một hệ tọa độ khác nhau. Trong một số trường hợp, đối tượng được di chuyển đến các vị trí khác nhau trong suốt quá trình quét và được kiểm soát bởi máy tính. Khi đó yêu cầu kết quả thu được tại các vị trí quét khác nhau phải có cùng độ chính xác. Đây là trường hợp khi đối tượng đặt trên một bàn xoay hoặc dịch chuyển tịnh tiến và được điều khiển bằng máy tính. Trong bài báo này, thuật toán ICP [7] được sử dụng để ghép hai đám mây điểm. Giả sử hai đám mây điểm lần lượt được gọi là D và M , đồng thời số điểm thuộc D và M tương ứng là N_D và N_M . Công thức của phép chuyển đổi hệ tọa độ như sau [7]:

$$D = R \cdot M + T \quad (4)$$

trong đó R và T lần lượt là ma trận quay và ma trận tịnh tiến cần tìm để hai đám mây điểm có thể ghép với nhau với sai số được tính theo phương pháp bình phương cực tiểu sau:

$$E(R, T) = \sum_{i=1}^{N_M} \|(R \cdot M_i + T) - D_j\|^2 \quad (5)$$

trong đó (M_i, D_j) là cặp điểm tương đồng với nhau trong hai đám mây điểm. Giữ nguyên giá trị M_i , điểm tương đồng D_j được tính theo công thức dưới đây:

$$M_v = \arg \min_{k \in \{1, 2, \dots, N_D\}} \|(R \cdot M_i + T) - D_k\|^2 \quad (6)$$

Quy trình thực hiện ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu do phản xạ bề mặt sử dụng thuật toán ICP bao gồm các bước: chọn các điểm tương đồng trong đám mây điểm

tham chiếu; liên kết các điểm này bởi điểm lân cận gần nhất với những điểm tương đồng trong đám mây điểm tiếp theo; ước lượng các ma trận quay và chuyển vị trong phép chuyển đổi sử dụng thuật toán ICP; sử dụng các ma trận ước lượng R và T đã xác định ở trên để chuyển đổi điểm giữa hai đám mây điểm; lặp lại các bước trên cho đến khi các điều kiện dừng của thuật toán ICP được đáp ứng.

Kết quả và thảo luận

Mô tả thí nghiệm

Mục đích của thí nghiệm là nhằm khảo sát khả năng của phương pháp ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu trong việc giảm ảnh hưởng của phản xạ bề mặt. Kết quả của thí nghiệm sẽ được đánh giá thông qua hai yếu tố, thứ nhất là hình dạng ban đầu của vật mẫu có được biểu diễn rõ ràng qua các điểm thu được hay không và thứ hai là mật độ điểm trong dữ liệu đám mây điểm bị ảnh hưởng như thế nào.

Để thực hiện khảo sát ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu, một chi tiết vật liệu nhôm có kích thước 120x120x14 mm được gia công trên máy phay CNC Manford MCB-850. Phần mềm KSCAN3D được sử dụng để thu nhận dữ liệu các đám mây điểm. Sau đó, việc ghép đám mây điểm theo thuật toán đề xuất ở trên sẽ được triển khai bằng chương trình máy tính bằng mã Matlab.

Thí nghiệm được tiến hành lần lượt với 4 vị trí theo dịch chuyển tịnh tiến, minh họa trong hình 3 và 36 vị trí theo dịch chuyển quay, minh họa trong hình 4. Trong quá trình chuyển động, các vật mẫu được đặt trên hệ thống cơ khí hỗ trợ nhằm đảm bảo sai lệch vị trí là thấp nhất có thể sau mỗi lần vật mẫu dịch chuyển.



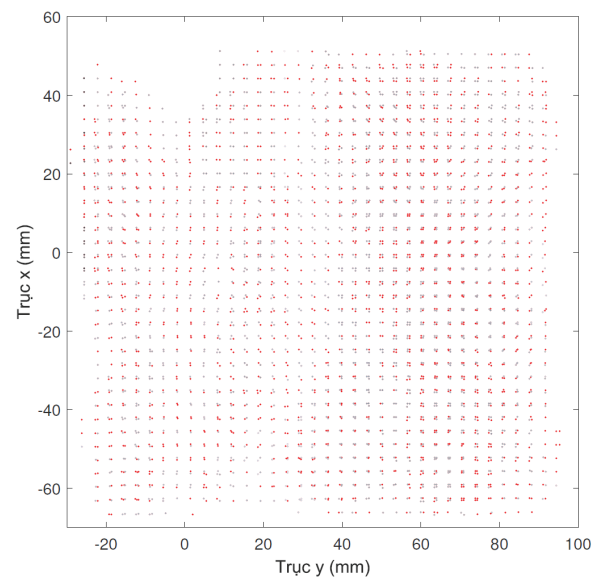
Hình 3. Hệ thống hỗ trợ quá trình thực nghiệm theo dịch chuyển tịnh tiến.



Hình 4. Hệ thống cơ khí hỗ trợ quá trình thu thập dữ liệu theo dịch chuyển quay.

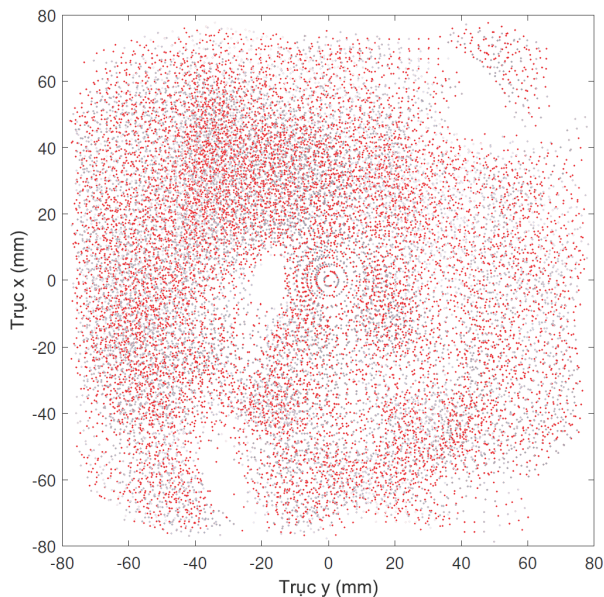
Kết quả và đánh giá

Sau khi thu nhận được toàn bộ 4 đám mây điểm ở 4 vị trí khảo sát theo dịch chuyển tịnh tiến, trước khi ghép, các đám mây điểm được lọc bởi khối lọc 130x130x10 mm để loại bỏ các điểm ở mặt phẳng tham chiếu và môi trường xung quanh. Kết quả ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu khi vật mẫu dịch chuyển tịnh tiến được minh họa trong hình 5. Đám mây điểm này thể hiện khá rõ hình dạng ban đầu của vật mẫu. Qua so sánh với các đám mây điểm ở 4 vị trí khảo sát trước khi ghép, các vùng trống dữ liệu ở khu vực trung tâm của bề mặt quét tại các đám mây điểm khác nhau đã được bù lẫn nhau.



Hình 5. Đám mây điểm sau khi ghép để bù vùng trống dữ liệu theo dịch chuyển tịnh tiến.

Đối với dịch chuyển quay, sau khi thu nhận được toàn bộ 36 đám mây điểm, các đám mây điểm này cũng được lọc tương tự như trong dịch chuyển tịnh tiến. Kết quả ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu theo dịch chuyển quay được biểu diễn ở hình 6. Đám mây điểm này còn một số vùng trống dữ liệu ở khu vực trung tâm và chưa thể hiện rõ hình dạng ban đầu của vật mẫu. Nguyên nhân là do mỗi vị trí khảo sát cách nhau 10° nên quá trình số hóa không thu thập đủ dữ liệu cần thiết.



Hình 6. Đám mây điểm sau khi ghép để bù vùng trống dữ liệu theo dịch chuyển quay.

Như vậy, việc đăng ký đám mây điểm để bù vùng trống dữ liệu sẽ phù hợp với quá trình số hóa bề mặt khi các vùng trống dữ liệu không quá lớn, các vùng trống không ở biên giới của bề mặt. Hơn nữa, phương pháp ghép đám mây điểm thực hiện tính toán trong thời gian khoảng 5 phút cho quá trình ghép đám mây điểm. Nếu chi tiết có kích thước lớn, mật độ điểm tăng lên, thời gian tính toán sẽ tăng rất nhanh.

Vì vậy, có thể áp dụng các thuật toán xác định biên dạng của vùng trống dữ liệu để giảm thời gian tính toán trong quá trình ghép đám mây điểm.

Kết luận

Qua kết quả thực nghiệm cho thấy, phương pháp ghép đám mây điểm bù vùng trống dữ liệu do bề mặt phản xạ của sản phẩm cơ khí sau gia công cắt gọt gây ra trong quá trình quét 3D bằng thiết bị Kinect v2 cho kết quả khả quan. Các đám mây điểm sau khi ghép đều thể hiện rõ hình dạng ban đầu của vật mẫu. Đồng thời mật độ đám mây điểm sau khi ghép cũng tăng lên đáng kể. Nhằm đánh giá hiệu quả của phương pháp đã đề xuất ở trên, trong nghiên cứu tiếp theo, các tác giả sẽ thực hiện so sánh với một số phương pháp giảm ảnh hưởng của phản xạ bề mặt khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V.-B. Bui, T.-L. Banh, and D.-T. Nguyen (2019), "Improving the depth accuracy and assessment of Microsoft Kinect v2 towards a usage for mechanical part modeling", *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, **36**, pp.691-697.
- [2] H. Sarbolandi, D. Lefloch, and A. Kolb (2015), "Kinect range sensing: Structured-light versus time-of-flight kinect", *Comput. Vis. Image Underst.*, **139**, pp.1-20.
- [3] K. Khoshelham and S.O. Elberink (2012), "Accuracy and resolution of Kinect Depth data for indoor mapping applications", *Sensors*, **12**, pp.1437-1454.
- [4] E. Lachat, H. Macher, T. Landes, and P. Grussenmeyer (2015), "Assessment and calibration of a RGB-D camera (Kinect v2 Sensor) towards a potential use for close-range 3D modeling", *Remote Sens.*, **7**, pp.13070-13097.
- [5] L. Yang, L. Zhang, H. Dong, A. Alelaiwi, and A. El Saddik (2015), "Evaluating and improving the depth accuracy of Kinect for Windows v2", *IEEE Sens. J.*, **15**, pp.4275-4285.
- [6] J.R. Terven and D. M. Córdova-Esparza (2016), "Kin2: A Kinect 2 toolbox for MATLAB", *Sci. Comput. Program.*, **130**, pp.97-106.
- [7] K. Low (2004), *Linear least-squares optimization for point-to-plane ICP surface registration*, Univ. North Carolina.

Tổng hợp bột gốm sinh học β -TCP bằng phản ứng hai giai đoạn (thủy nhiệt và nung) định hướng ứng dụng làm vật liệu tái tạo xương

Nguyễn Huỳnh Quốc Huy¹, Huỳnh Đại Phú^{1,2}, Lê Văn Thăng^{1,3}, Lâm Đại Phong⁴, Đỗ Thị Ngọc Anh⁵,
Nguyễn Thái Hòa^{1,2,3*}, Phạm Trung Kiên^{1,2*}

¹Khoa Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh (HCMUT)

²Trung tâm Nghiên cứu vật liệu polymer, HCMUT

³Phòng thí nghiệm trọng điểm ĐHQG Công nghệ vật liệu, HCMUT

⁴Khoa Răng Hàm Mất, Trường Đại học Y dược TP Hồ Chí Minh

⁵Khoa Phẫu thuật Hàm Mất - Răng Hàm Mất, Bệnh viện Đại học Y dược TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 12/8/2020; ngày chuyển phản biện 17/8/2020; ngày nhận phản biện 17/9/2020; ngày chấp nhận đăng 1/10/2020

Tóm tắt:

Nghiên cứu này trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến khả năng tạo gốm sinh học β -tricalcium phosphate (β -TCP) định hướng ứng dụng làm vật liệu tái tạo xương. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và H_3PO_4 được cấp phối theo tỷ lệ mol $\text{Ca}/\text{P}=1,5$ và hấp thủy nhiệt ở 180°C trong 24 giờ để thu khoáng calcium phosphate hydrate (CPH) có thành phần pha tương tự hydroxyapatite (HA). Khoáng CPH được xử lý nhiệt ở 700 và 1.000°C trong 3 giờ nhằm đánh giá khả năng thu khoáng β -TCP. Kết quả cho thấy, mẫu β -TCP thu được khi nhiệt phân CPH ở 1.000°C trong 3 giờ có kích thước hạt khoảng $1\sim 2\ \mu\text{m}$, định hướng ứng dụng cho quá trình tái tạo xương.

Từ khóa: β -TCP, calcium phosphate hydrate (CPH), hydroxyapatite (HA), phản ứng thủy nhiệt, vật liệu sinh học.

Chỉ số phân loại: 2.5

Mở đầu

β -tri calcium phosphate (β -TCP) với công thức hóa học $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - thành phần chính cấu tạo nên xương tự nhiên là một trong số những loại vật liệu đang được quan tâm khảo sát và có ứng dụng trong nhiều vật liệu y sinh, như thay thế hay cấy ghép xương ở nhiều vị trí khác nhau [1-3]. Mặc dù α -TCP và β -TCP có cùng thành phần hóa học, nhưng chúng khác nhau bởi cấu trúc tinh thể và độ hòa tan, với độ hòa tan của β -TCP phù hợp hơn cho quá trình tái tạo xương.

Hiện nay ở Việt Nam đa số tập trung vào tổng hợp hydroxyapatite (HA) [4-5], chưa có nghiên cứu nào tổng hợp β -TCP. Tổng hợp TCP theo nguồn tự nhiên là việc tạo ra TCP từ các loại khoáng như apatit hoặc whitlockite. Nhóm nghiên cứu của chúng tôi đề xuất phương án tổng hợp β -TCP thông qua hai giai đoạn: 1) Phản ứng thủy nhiệt tạo tiền chất calcium phosphate hydrate (CPH) có thành phần pha tương tự HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) và 2) Nhiệt phân để phân hủy CPH thu β -TCP. Phương pháp thủy nhiệt có thể hiểu một cách đơn giản là phương pháp hóa học sử dụng nước (hoặc dung môi) dưới áp suất và ở nhiệt độ trên điểm sôi bình thường của nước (hoặc dung môi) để thúc đẩy các phản ứng giữa các chất rắn. Nhờ ứng dụng phản ứng thủy nhiệt, có thể tạo thành khoáng CPH ở nhiệt độ thấp và giảm nhiệt độ phân hủy CPH thành β -TCP. So với phản ứng pha rắn thu β -TCP xảy ra ở 1.280°C , phản ứng thủy nhiệt giúp giảm nhiệt độ nung.

*Tác giả liên hệ: phamtrungkien@hcmut.edu.vn; nthhoa@hcmut.edu.vn

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ và H_3PO_4 thương mại được cung cấp từ Công ty hóa chất Xilong, Trung Quốc. Các hóa chất được mua về sử dụng ngay, không cần phải xử lý lại.

Phương pháp nghiên cứu

Tổng hợp tiền chất CPH bằng phương pháp thủy nhiệt: quy trình này được mô phỏng từ quy trình tổng hợp bột sinh học HA theo phương pháp thủy nhiệt đã được công bố trước đây [6]. Một cách ngắn gọn, 20,46 ml dung dịch được nhỏ giọt vào 33,3 g huyền phù $\text{Ca}(\text{OH})_2$ để thu được cấp phối theo tỷ lệ mol $\text{Ca}/\text{P}=1,5$ theo công thức tỷ lệ lượng của β -TCP. Quá trình phản ứng được đồng nhất hóa bằng máy khuấy ở tốc độ 400 vòng/phút (IKEA) trong 2 giờ, hấp thủy nhiệt ở 180°C trong 24 giờ để thu được huyền phù CPH có tỷ lệ mol $\text{Ca}/\text{P}=1,5$. Huyền phù sau hấp được sấy khô ở 105°C trong 12 giờ, nghiền mịn qua sàng $0,45\ \text{mm}$ để thu được bột CPH.

Phản ứng nhiệt phân thu β -TCP: mẫu bột CPH sau sấy được phân tích nhiệt vi sai DSC/TG để xác định nhiệt độ nung thu β -TCP. Mẫu được xử lý nhiệt ở 700 và 1.000°C trong 3 giờ bằng lò nung Naberthem (lò Naberthem 1400, Đức), sau đó phân tích vi cấu trúc để xác định nhiệt độ thích hợp tạo β -TCP.

Synthesise β -tricalcium phosphate (β -TCP) ceramic powder by 2 reaction steps: hydrothermal and calcination reaction toward bone tissue regeneration

Huynh Quoc Huy Nguyen¹, Dai Phu Huynh^{1,2},
Van Thang Le^{1,3}, Dai Phong Lam⁴, Thi Ngoc Anh Do⁵,
Thai Hoa Nguyen^{1,2,3*}, Trung Kien Pham^{1,2*}

¹Faculty of Materials Technology,
Ho Chi Minh city University of Technology (HCMUT)

²Polymer Research Center, HCMUT

³Key Laboratory of Materials Technology, HCMUT

⁴Faculty of Odonto-Stomatology,
University of Medicine and Pharmacy at Ho Chi Minh city

⁵Maxillofacial Surgery and Dental Department,
University Medical Center HCMC

Received 12 August 2020; accepted 1 October 2020

Abstract:

This research presents the effect of heat treatment temperature on the forming ability of β -tricalcium phosphate (β -TCP) bioceramic materials toward the bone tissue regeneration application. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and H_3PO_4 were mixed with a Ca/P molar ratio of 1.5, followed by hydrothermal treatment at 180°C for 24 hours to obtain the calcium phosphate hydrate (CPH) with phase composition similar to hydroxyapatite (HA). The CPH mineral was heat-treated at 700 and 1000°C for 3 hours to evaluate the ability to obtain β -TCP. The result showed that β -TCP can be obtained by the CPH calcined at 1000°C for 3 hours, with the particle size of 1~2 μm , suitable for bone tissue regeneration application.

Keywords: biomaterials, β -TCP, calcium phosphate hydrate (CPH), hydrothermal, hydroxyapatite (HA).

Classification number: 2.5

Các phương pháp phân tích vi cấu trúc:

Phân tích nhiệt vi sai (TGA): mẫu bột trước nung được phân tích DSC/TG trong khoảng nhiệt độ phòng tới 1.000°C (STA 449, Netzsch, Đức) nhằm xác định nhiệt độ nung thích hợp thu β -TCP.

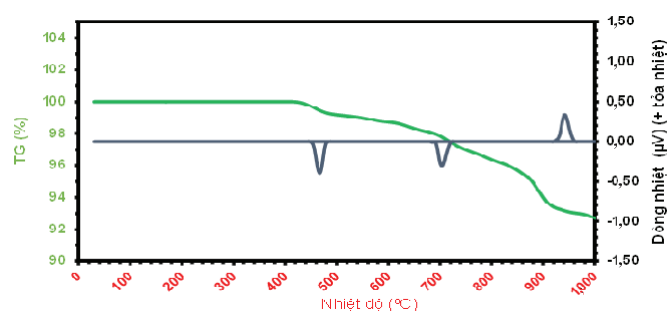
Phân tích nhiễu xạ tia X (XRD): mẫu trước và sau khi nung được phân tích XRD theo phương pháp bột (Bruker, D8 Advance, Germany), góc quét 2theta từ 5 đến 60°, vận hành ở 40 kV và 40 mA.

Quan sát hình thái mẫu bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM): mẫu bột trước và sau khi nung được phủ trên đế kim loại đồng, phân tích SEM bằng máy Hitachi S-4800 (FE-SEM) ở 10 kV.

Kết quả và thảo luận

Phân tích nhiệt vi sai mẫu trước nung

Hình 1 là kết quả phân tích DSC/TG mẫu CPH trước nung từ nhiệt độ phòng đến 1.000°C. Có thể thấy 2 đỉnh thu nhiệt (endo peak) ở 460, 700°C và 1 đỉnh tỏa nhiệt (exo peak) ở 918°C tương ứng hiệu ứng phân hủy CPH thành β -TCP. Đường giảm khối lượng TG của mẫu trước nung bắt đầu giảm sau 400°C và giảm mạnh trong khoảng 850~900°C. Trên cơ sở phân tích nhiệt DSC/TG, mẫu trước nung được nung ở 700 và 1.000°C trong 3 giờ để khảo sát nhiệt độ thích hợp tạo β -TCP.

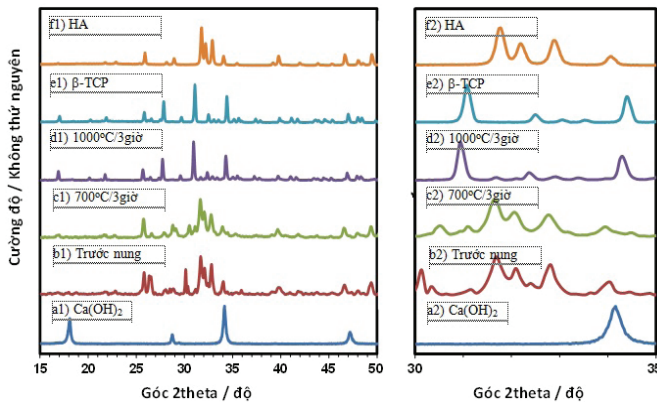


Hình 1. Phân tích nhiệt vi sai mẫu CPH trước nung.

Phân tích nhiễu xạ tia X mẫu trước và sau khi nung

Hình 2 thể hiện dữ liệu XRD mẫu CPH trước và sau khi nung ở 700 và 1.000°C trong 3 giờ ở góc quét 15 đến 50° và được phóng to từ 30 đến 35° (hình 2 b1 c1 d1 và hình 2 b2 c2 d2 theo thứ tự tương ứng). XRD các mẫu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ thương mại (PDF#04-0733); β -TCP thương mại (PDF#09-0169) và HA thương mại (PDF#09-0432) ở góc quét 15 đến 50° và được phóng to từ 30 đến 35° được cho ở hình 2 a1 e1 f1 và hình 2 a2 e2 f2 theo thứ tự tương ứng. Mẫu trước nung (hình 2 b1 và b2) gồm pha chính là HA có đỉnh nhiễu xạ ở 31,8° và lượng nhỏ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ còn dư với đỉnh nhiễu xạ ở 34,2°, nhưng biến mất khi nhiệt phân ở 700 và 1.000°C

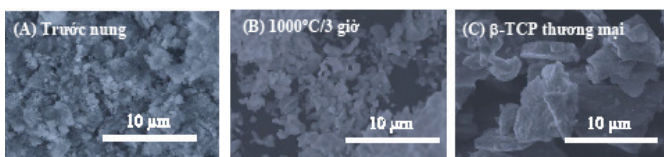
trong 3 giờ (hình 2 c1 c2 và d1 d2). Ngoài ra khi nhiệt phân mẫu ở 700°C trong 3 giờ lượng HA vẫn còn nguyên, nhưng chuyển hóa thành β -TCP khi nhiệt phân ở 1.000°C trong 3 giờ với đỉnh nhiễu xạ ở 30,2° là góc nhiễu xạ đặc trưng của β -TCP (PDF#9-169). Như vậy có thể kết luận nhiệt độ phù hợp để phân hủy CPH thu β -TCP là 1.000°C trong 3 giờ.



Hình 2. XRD mẫu CPH trước và sau khi nung. a1 và a2: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ thương mại (PDF#4-733) ở góc quét 15~50° và 30~35°; b1 và b2: mẫu trước nung ở góc quét 15~50° và 30~35°; c1 và c2: mẫu nung 700°C/3 giờ ở góc quét 15~50° và 30~35°; d1 và d2: mẫu nung 1.000°C/3 giờ ở góc quét 15~50° và 30~35°; e1 và e2: mẫu β -TCP thương mại (PDF#9-169) ở góc quét 15~50° và 30~35°; f1 và f2: mẫu HA thương mại (PDF#9-432) ở góc quét 15~50° và 30~35°.

Phân tích hình thái mẫu nung 1.000°C trong 3 giờ

Hình 3 cho thấy hình thái mẫu trước khi nung (hình 3A); khi nung ở 1.000°C trong 3 giờ (hình 3B) và β -TCP thương mại (hình 3C). Trước khi nung, mẫu có hình thái hạt, kích thước khoảng 1~2 μm và không có sự thay đổi nhiều về kích thước hạt. Đây là ưu điểm của phương pháp tạo CPH bằng hấp thủy nhiệt so với mẫu thương mại có hình tấm với kích thước tấm 8~10 μm . Kích thước nhỏ và đều của mẫu β -TCP tổng hợp ở 1.000°C giúp tăng khả năng hòa tan Ca^{2+} khi tiếp xúc dịch thể cao hơn và rút ngắn thời gian tái tạo xương mới khi cấy ghép.



Hình 3. Mẫu CPH trước khi nung (A); nung ở 1.000°C trong 3 giờ (B) và mẫu thương mại β -TCP (C) ở độ phóng đại 5.000 lần.

Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã tổng hợp thành công mẫu bột β -TCP từ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và H_3PO_4 bằng phản ứng thủy nhiệt ở 180°C trong 24 giờ thu CPH, tiếp theo nung ở 1.000°C trong 3 giờ. Mẫu β -TCP thu được có dạng hình hạt với kích thước 1~2 μm , dễ dàng tham gia phản ứng cấy ghép tạo khoáng xương. Các nghiên cứu khác về cấp phối giữa β -TCP tổng hợp và polymer sinh học PLA, cũng như về độc tính sinh học và thử tương thích trên động vật đang được nhóm triển khai.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài mã số SVCQ-2019-CNVL-110. Chúng tôi cũng xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] O. Jongprateep, N. Wattana, N. Sato, P.T. Kien, B. Inseemeeesak (2018), "Effects of solid loadings and silica addition on microstructure and compressive strength of hydroxyapatite specimens fabricated by freeze casting technique", *Ceramics International*, **44**, pp.S156-S160.
- [2] P.T. Kien, T. Kanji, K. Ishikawa (2015), "Setting reaction of α -TCP spheres and an acidic calcium phosphate solution for the fabrication of fully interconnected macroporous calcium phosphate", *Ceramics International*, **41**, pp.13525-13531.
- [3] K.P. Trung, M.D. Quang and T.P.T. Lan (2014). "Iron-free hydroxyapatite powder from synthetic $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and commercialized $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ", *Advanced Materials Research*, **858**, pp.103-110.
- [4] K. Ishikawa, K. Tsuru, T.K. Pham, M. Maruta, S. Matsuya (2012), "Fully-interconnected pore forming calcium phosphate cement", *Key Engineering Materials*, **493-494**, pp.832-835.
- [5] P.T. Kien, M. Maruta, K. Tsuru, S. Matsuya and K. Ishikawa (2010), "Effect of phosphate solution on setting reaction of α -TCP spheres", *Journal of The Australian Ceramic Society*, **46(2)**, pp.63-67.
- [6] P.T. Kien, H.D. Phu, N. Linh, T. Quyen, N. Hoa (2018), "Recent trends in hydroxyapatite (HA) synthesis and the synthesis report of nanostructure HA by hydrothermal reaction", *Advances in Experimental Medicine and Biology*, **1077**, pp.343-354.

Khảo sát điều kiện thu nhận axit gamma-aminobutyric từ dịch cám gạo bằng *Lactobacillus*

Ngô Đại Hùng¹, Trần Quốc Tuấn², Nguyễn Thị Nhật Hằng¹, Ngô Đại Nghiệp^{2*}, Võ Thanh Sang^{3*}

¹Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Thủ Dầu Một

²Khoa Sinh học - Công nghệ sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,
Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

³Viện Kỹ thuật Công nghệ cao NTT, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

Ngày nhận bài 1/7/2020; ngày chuyển phản biện 14/7/2020; ngày nhận phản biện 26/8/2020; ngày chấp nhận đăng 18/9/2020

Tóm tắt:

Axit gamma-aminobutyric (GABA) là một chất có hoạt tính sinh học phân bố rộng rãi ở cả thực vật và động vật, có nhiều lợi ích cho sức khỏe. Mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát điều kiện tối ưu nuôi cấy *Lactobacillus fermentum* từ dịch cám gạo có khả năng sinh GABA hàm lượng cao. GABA được xác định bằng phương pháp sắc ký bản mỏng TLC. Trong nghiên cứu này, điều kiện thu nhận GABA bởi *L. fermentum* từ dịch chiết cám gạo được khảo sát. Chúng vi khuẩn *L. fermentum* cho thấy có tiềm năng sinh GABA cao. Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình sản xuất GABA như: carbon, nitơ, khoáng, nồng độ cơ chất monosodium glutamate (MSG) và các điều kiện pH, thời gian cho quá trình lên men được khảo sát. Chúng *L. fermentum* được nuôi trong môi trường cám gạo bổ sung 1,5% lactose, 2% cao nấm men và 1% MSG, pH 6,0 trong thời gian 48 giờ cho kết quả nồng độ GABA đạt được cao (736 mg/l).

Từ khóa: axit gamma-aminobutyric (GABA), dịch cám gạo, hoạt tính sinh học, *Lactobacillus fermentum*, sắc ký bản mỏng (TLC).

Chỉ số phân loại: 2.8

Đặt vấn đề

Axit gamma-aminobutyric (GABA) được phân bố rộng rãi ở thực vật, động vật và vi sinh vật, hoạt động như chất dẫn truyền thần kinh ức chế trong hệ thống thần kinh trung ương của động vật có vú [1]. GABA cho thấy nhiều hoạt tính sinh học như bảo vệ hệ thần kinh, chống tăng huyết áp, chống đái tháo đường, chống ung thư và chống rối loạn thần kinh. Đồng thời, GABA giúp cải thiện nhiều chức năng sinh lý ở người như làm chắc thành mạch máu, điều hòa bài tiết insulin, ngăn ngừa gia tăng cholesterol trong máu, cải thiện đột quỵ, cải thiện chức năng gan, thận, giúp chống lại các bệnh mãn tính liên quan đến rượu [2, 3].

Hiện nay, GABA được sản xuất từ nhiều nguồn khác nhau như từ vi sinh vật, hạt đậu xanh nảy mầm [4]... Đặc biệt, GABA được sản xuất bằng phương pháp lên men sử dụng vi khuẩn và nấm đang được ứng dụng rộng rãi và có hiệu quả cao như *Lactobacillus sakei* B2-16 từ kim chi (GABA 68,05 g/l), *Lactobacillus brevis* OPK-3 từ kim chi Hàn Quốc (GABA 84,29 g/kg) và *Rhizopus microsporus* var. *oligosporus* IFO 32002 (GABA 17,4 g/l) [5-8]. Việc sinh tổng hợp GABA theo phương pháp sinh học có nhiều tiềm năng hơn so với phương pháp tổng hợp hóa học vì quy trình phản ứng đơn giản, hiệu quả xúc tác cao, điều kiện

phản ứng không quá khắc nghiệt và tương thích với môi trường [9].

Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện với các vi khuẩn lactic có khả năng sinh GABA từ thực phẩm lên men truyền thống và tối ưu hóa việc sản xuất GABA sử dụng vi khuẩn lactic cho mục đích công nghiệp [10]. Nghiên cứu của Ratanaburee và cộng sự [11] cho thấy hàm lượng GABA là 4.000 mg/l được tạo ra từ *Lactobacillus plantarum* DW 12 trong môi trường MRS (De Man, Rogosa, Sharpe) có bổ sung 1% MSG, pH 6 và 6% sucrose trong 45-60 ngày. Komatsuzaki và cộng sự [12] đã công bố khả năng sản xuất GABA cao nhất từ *Lactobacillus paracasei* NFRI 7415 ở pH 5 là 210 mM. Ở Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu về sản xuất GABA theo hướng nghiên cứu ứng dụng các chất có nguồn gốc tự nhiên để làm thực phẩm chức năng, như nghiên cứu của tác giả Lý Thị Kim Tuyến [13] cho thấy hàm lượng GABA đạt đến 682 mM với điều kiện lên men của *Lactobacillus* spp. từ cám gạo. Trong nghiên cứu này, GABA được sản xuất bằng *Lactobacillus* từ nguồn nguyên liệu tự nhiên và rẻ tiền là dịch cám gạo bằng cách xác định một số thành phần bổ sung vào môi trường (nguồn carbon, nitơ, khoáng và nồng độ cơ chất), đồng thời lựa chọn các điều kiện nuôi cấy (pH và thời gian) lên men thích

*Tác giả liên hệ: Email: ndnghiep@hcmus.edu.vn; vtsang@ntt.edu.vn

Optimisation of culture conditions for gamma-aminobutyric acid production in rice bran extracts

Dai Hung Ngo¹, Quoc Tuan Tran², Thi Nhat Hang Nguyen¹,
Dai Nghiep Ngo^{2*}, Thanh Sang Vo^{3*}

¹Thu Dau Mot University

²Faculty of Biology - Biotechnology, University of Science,
Vietnam National University, Ho Chi Minh City

³NTT Hi-Tech Institute, Nguyen Tat Thanh University

Received 1 July 2020; accepted 18 September 2020

Abstract:

Gamma-aminobutyric acid (GABA) is a potent bioactive component that widely exists in both plants and animals, has numerous health benefits. This study aimed to optimise the fermentation process conditions for the growth of *Lactobacillus fermentum* from rice bran extracts that have high potential to produce GABA. GABA content was assessed by thin-layer chromatography (TLC) method. In this study, fermenting conditions for medium production of GABA by *L. fermentum* from rice bran extracts were optimised. *L. fermentum* showed high potential for GABA-producing ability. Some factors influencing the GABA production such as carbon sources, nitrogen sources, mineral salt sources, substrate concentration of monosodium glutamate (MSG), pH, and the time of fermentation were investigated. When the *L. fermentum* is cultivated in the rice bran extracts medium supplemented with 1.5% lactose, 2% yeast extract, and 1% MSG with pH 6.0 in 48 h, this strain showed high GABA at a concentration of 736 mg/l.

Keywords: biological activities, gamma-aminobutyric acid (GABA), *Lactobacillus fermentum*, rice bran extracts, thin layer chromatography (TLC).

Classification number: 2.8

hợp để tăng khả năng sinh tổng hợp GABA.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Vi khuẩn *L. fermentum* được cung cấp bởi Phòng thí nghiệm Bộ môn Sinh hóa, Khoa Sinh học - Công nghệ sinh học (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh). Mẫu cám gạo tách béo được mua tại Công ty TNHH Wilmar Agro Việt Nam, Chi nhánh Khu công nghiệp Thốt Nốt (TP Cần Thơ).

Môi trường sinh tổng hợp GABA: thành phần môi trường MRS (De Man, Rogosa, Sharpe) gồm 20 g glucose; 10 g peptone; 10 g cao thịt; 5 g cao nấm men; 0,1 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 1 ml Tween 80, 5 g natri axetat, 2 g $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$, 2 g amoni citrate, 0,05 g $MnSO_4$, 10 g agar, 1% MSG và nước cất vừa đủ 1.000 ml.

Môi trường lên men khảo sát: dịch chiết cám gạo + 1% glucose + 1% cao nấm men + 1% MSG. Môi trường được đựng trong chai thủy tinh 100 ml (50 ml môi trường/chai) đầy nút bông và được hấp khử trùng ở 121°C trong 15 phút.

Nuôi cấy và bảo quản chủng *Lactobacillus*

Phương pháp giữ giống: dùng que cấy vòng lấy khuẩn lạc từ ống thạch nghiêng cấy ria trên môi trường MRS thạch nghiêng, đem ủ ở nhiệt độ 37°C trong vòng 24 giờ. Sau đó lưu trữ ở 4°C, tiến hành cấy chuyển định kỳ 3 tuần 1 lần để giữ giống ở trạng thái tốt nhất. Các thao tác và dụng cụ được sử dụng trong điều kiện vô trùng (trong tủ cấy).

Phương pháp hoạt hóa giống (tăng sinh): dùng que cấy vòng lấy sinh khối từ ống thạch nghiêng, cấy vào bình thủy tinh chứa 30 ml MRS lỏng (đã hấp khử trùng), đem lắc ở nhiệt độ 37°C trong vòng 16-18 giờ.

Phương pháp nuôi cấy chủng *Lactobacillus* sinh tổng hợp GABA: cấy 1 ml dung dịch tăng sinh vi khuẩn vào bình thủy tinh có chứa môi trường nuôi cấy. Tiến hành nuôi lắc 200 vòng/phút ở nhiệt độ 37°C trong 48 giờ. Dịch lên men được đem đi ly tâm 10.000 vòng/phút trong 15 phút để thu dịch. Sau đó tiến hành xác định hàm lượng GABA.

Kiểm tra khả năng sinh GABA của chủng *Lactobacillus*

Xác định khả năng sinh GABA của chủng *Lactobacillus* bằng cách lên men trong môi trường MRS lỏng, bổ sung 1% MSG, nuôi lắc 200 vòng/phút ở nhiệt độ 37°C trong 48 giờ. Dịch lên men được ly tâm 10.000 vòng/phút trong 15 phút để thu dịch. Kiểm tra khả năng sinh GABA của chủng vi khuẩn bằng phương pháp sắc ký bản mỏng (TLC).

Phương pháp phát hiện GABA bằng TLC [14]

Sử dụng ống thủy tinh mao quản hoặc micropipette hút 2 µl dịch trong đã ly tâm từ chủng vi khuẩn *Lactobacillus*

được lên men, 2 µl dung dịch GABA chuẩn 5 mg/ml và 2 µl dung dịch MSG 5 mg/ml chấm vào bản sắc ký. Vết chấm cách mép dưới bản mỏng 1 cm. Các vết chấm phải nhỏ, có đường kính 3-5 mm và cách nhau 10-15 mm. Các vết ở bìa cách bờ bên của bản mỏng ít nhất 1 cm. Các vết chấm phải cùng trên một đường thẳng. Đặt bản mỏng vào bình sắc ký chứa hệ dung môi thích hợp. Tiến hành chạy sắc ký. Sau khi kết thúc, nhuộm bản sắc ký bằng dung dịch ninhydrin và cho vào tủ sấy ở nhiệt độ 90-95°C khoảng 10 phút. Quan sát kết quả và kết luận khả năng sinh GABA.

Định lượng GABA trong dịch lên men bằng TLC

Tiến hành chấm sắc ký như trên. Sau khi hiện màu trong tủ sấy, mẫu được cạo và thôi giải với dung dịch ethanol 75%: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,6% theo tỷ lệ 38:2 và đo OD ở bước sóng 512 nm. Từ các giá trị OD đo được, thế vào phương trình đường chuẩn được để xác định nồng độ GABA.

Khảo sát môi trường lên men

Xử lý cám gạo và chiết xuất dịch cám gạo: mẫu cám gạo đã tách bèo được pha với nước theo tỷ lệ 1 cám gạo: 5 nước. Đun sôi hỗn hợp cám và nước trong vòng 15 phút và để nguội. Mẫu cám gạo sau khi đun được đem ly tâm 4.000 vòng/phút trong 10 phút, thu dịch cám, bỏ cặn và bổ sung thêm nước. Dịch cám gạo thu được đem pha với các thành phần khảo sát và được hấp khử trùng ở nhiệt độ 121°C trong vòng 15 phút.

Khảo sát nguồn carbon, nitơ và khoáng thích hợp cho lên men:

Nguồn carbon: dịch chiết từ cám gạo được bổ sung thêm 1% MSG, 1% cao nấm men. Sau đó lần lượt bổ sung thêm 1% glucose, lactose, galactose, fructose, maltose, sucrose vào các chai thủy tinh chứa 50 ml môi trường dịch chiết cám gạo. Tiếp theo, môi trường được hấp khử trùng ở 121°C trong 15 phút, để nguội. Đưa thêm 1% dịch chủng gốc đã được nuôi cấy trong môi trường MRS lỏng trong 16-18 giờ. Thời gian lên men kéo dài 48 giờ, ở 37°C, lắc với tốc độ 200 vòng/phút. Dịch lên men sau 48 giờ được đem đi ly tâm 10.000 vòng/phút trong 15 phút. Tiến hành chạy TLC để định lượng GABA tạo thành trong dịch lên men. Sau đó chọn ra nguồn carbon có khả năng sinh GABA cao nhất và khảo sát tiếp nguồn carbon đó để chọn ra nồng độ thích hợp.

Nguồn nitơ: dịch chiết từ cám gạo được bổ sung thêm 1% MSG, 1% glucose. Lần lượt bổ sung 1% cao nấm men, peptone, pepsoy, cao thịt vào các chai thủy tinh chứa 50 ml môi trường dịch chiết cám gạo. Sau đó môi trường được hấp khử trùng ở 121°C trong 15 phút, để nguội. Đưa thêm 1% dịch chủng gốc đã được nuôi cấy trong môi trường MRS lỏng trong 16-18 giờ. Thời gian lên men kéo dài 48 giờ, ở 37°C, lắc với tốc độ 200 vòng/phút. Dịch lên men sau 48 giờ được đem đi ly tâm 10.000 vòng/phút trong 15 phút.

Tiến hành chạy TLC để định lượng GABA tạo thành trong dịch lên men. Sau đó chọn ra nguồn nitơ có khả năng sinh GABA cao nhất và khảo sát tiếp nguồn nitơ đó để chọn ra nồng độ thích hợp.

Nguồn khoáng: tiến hành khảo sát trên các nguồn khoáng MnSO_4 , $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ với nồng độ 0,05% trong môi trường dịch chiết cám gạo được bổ sung thêm các thành phần và điều kiện đã khảo sát trước đó. Sau đó chọn ra nguồn khoáng có khả năng sinh GABA cao nhất và khảo sát tiếp nguồn khoáng đó để chọn ra nồng độ thích hợp.

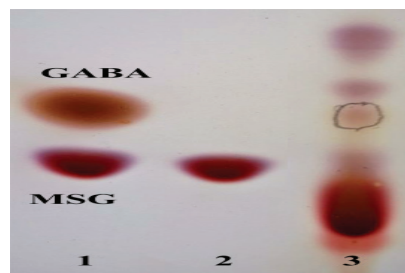
Tỷ lệ bổ sung MSG thích hợp cho lên men: dịch chiết từ cám gạo được bổ sung các thành phần môi trường đã được chọn. Lần lượt bổ sung 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1%; 3%; 5%; 7%; và 10% MSG vào môi trường. Xác định nồng độ MSG thích hợp cho khả năng sinh tổng hợp GABA từ chủng vi khuẩn khảo sát.

Các điều kiện lên men thích hợp trên môi trường dịch cám gạo: với thành phần môi trường thích hợp đã được khảo sát, tiến hành thay đổi pH môi trường nuôi cấy (từ 5 đến 8) và thay đổi thời gian lên men (từ 24 đến 120 giờ) nhằm xác định pH thích hợp và thời gian lên men tối ưu cho quá trình sinh tổng hợp GABA từ chủng vi khuẩn khảo sát dựa trên hàm lượng GABA thu được sau lên men.

Kết quả và thảo luận

Kiểm tra khả năng sản xuất GABA của chủng vi khuẩn *Lactobacillus*

Chủng vi khuẩn *L. fermentum* được tăng sinh và nuôi trong môi trường MRS bổ sung 1% MSG. Kết quả chạy sắc ký (hình 1) cho thấy trên đường chạy của dịch lên men có một vết mờ ngang hàng với GABA chuẩn, điều này cho thấy vi khuẩn *L. fermentum* có khả năng sinh GABA phù hợp với nhiều nghiên cứu ghi nhận các chủng vi khuẩn acid lactic (LAB) có khả năng sản xuất GABA. Một số vi khuẩn LAB sản xuất GABA đã được ghi nhận, bao gồm *Lactobacillus buchneri* phân lập từ kimchi [15], *Lactobacillus brevis* từ phô mai [16] và cá lên men truyền thống của Nhật Bản [17].



Hình 1. Sắc ký đồ dịch lên men chủng *L. fermentum* trong môi trường MRS. Đường 1: mẫu GABA và MSG chuẩn; đường 2: mẫu MSG chuẩn; đường 3: mẫu thu dịch lên men trong môi trường MRS bổ sung 1% MSG.

Kết quả khảo sát nguồn hữu cơ bổ sung vào môi trường dịch cám gạo

Ảnh hưởng của nguồn carbon:

Nguồn carbon là một yếu tố cần thiết phải bổ sung thêm vào môi trường cám gạo để đảm bảo cho vi khuẩn phát triển mạnh, từ đó sẽ có khả năng tổng hợp GABA đạt hiệu suất cao. Do vậy việc chọn nguồn carbon bổ sung thích hợp cho chủng vi khuẩn *Lactobacillus* rất quan trọng. Chúng tôi đã tiến hành khảo sát trên 6 nguồn carbon khác nhau. Kết quả ở hình 2A cho thấy vi khuẩn có thể sinh trưởng tốt ở nguồn glucose, lactose, maltose và đều có khả năng sinh GABA ở cả 6 nguồn carbon. Tuy nhiên ở nguồn đường lactose có nồng độ GABA cao nhất (434 mg/l), vì vậy nguồn carbon thích hợp nhất là lactose. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Hammes & Vogel [18], theo đó một trong những nguồn *L. fermentum* được phân lập là các sản phẩm từ sữa nên lactose có thể là nguồn carbon thích hợp cho sự tăng trưởng của chúng.

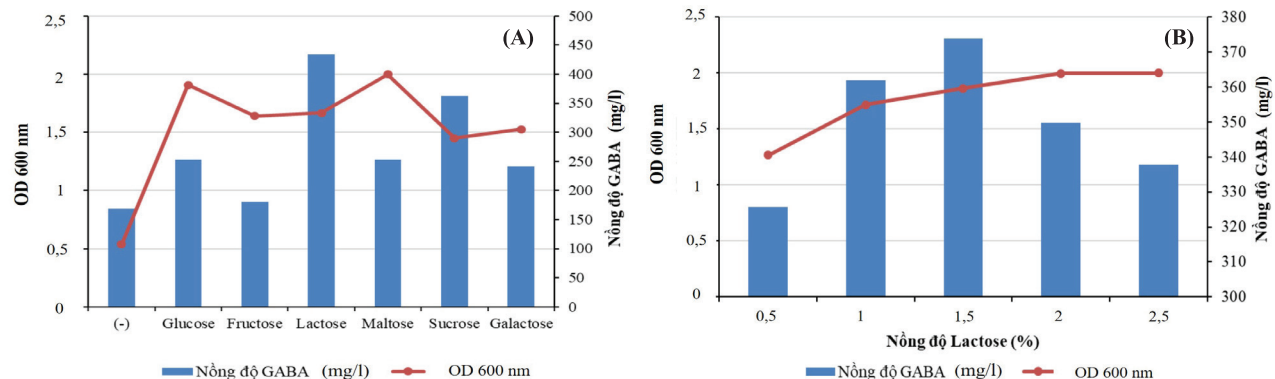
Sau khi chọn lactose làm nguồn carbon, chúng tôi tiếp tục thực hiện khảo sát chọn nồng độ lactose phù hợp. Hình

2B cho thấy ở nồng độ 1,5% cho hàm lượng GABA cao nhất.

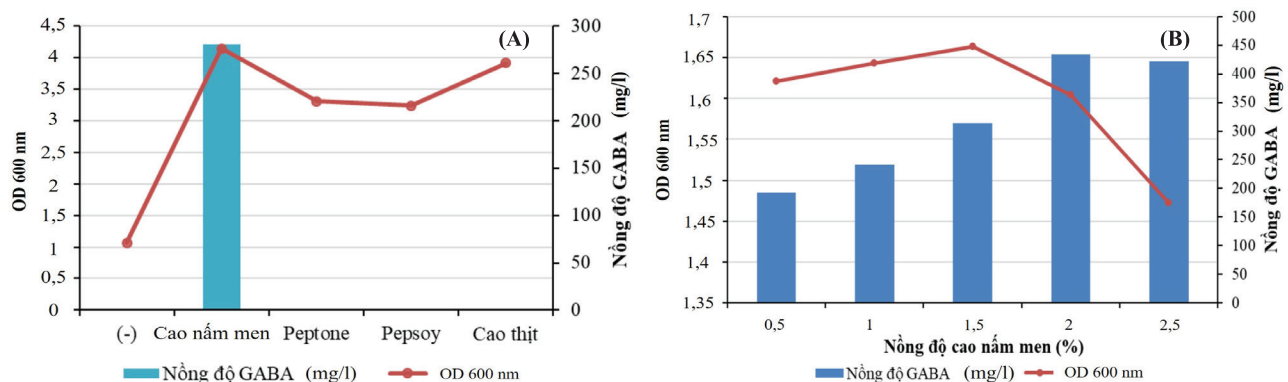
Ảnh hưởng của nguồn nitơ:

Chúng tôi đã tiến hành khảo sát trên 4 nguồn nitơ. Kết quả ở hình 3A cho thấy mặc dù vi khuẩn có thể sinh trưởng tốt ở cả 4 nguồn cao nấm men, peptone, pepsoy và cao thịt, nhưng chỉ có khả năng sinh GABA ở nguồn cao nấm men. Điều này cho thấy vi khuẩn *L. fermentum* có khả năng sinh GABA với nguồn đạm là cao nấm men.

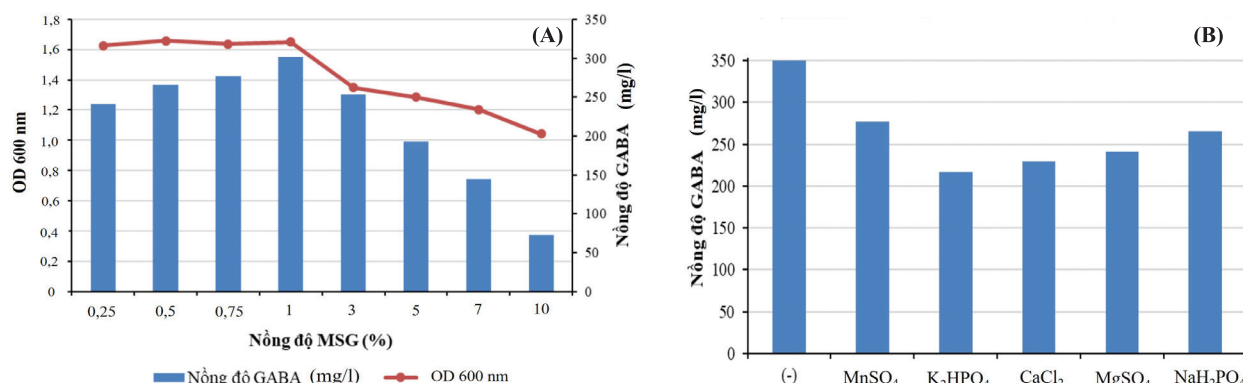
Chúng tôi tiếp tục thực hiện khảo sát chọn nồng độ cao nấm men phù hợp. Kết quả hình 3B cho thấy khả năng sinh tổng hợp GABA của vi khuẩn *L. fermentum* phụ thuộc vào nồng độ cao nấm men. Khi môi trường có lượng cao nấm men thấp (0,5%) thì hàm lượng GABA sinh ra thấp nhất (193 mg/l). Khi nồng độ cao men tăng dần từ 1-2% thì hàm lượng GABA tăng dần và giảm nhẹ ở nồng độ 2,5% cao nấm men. Mật độ tế bào phát triển tăng dần từ nồng độ 0,5-1,5% cao nấm men và giảm mạnh ở nồng độ 2% nhưng lượng GABA sinh ra lại cao nhất (434 mg/l). Từ kết quả trên cho thấy nồng độ cao nấm men thích hợp nhất để bổ sung vào môi trường dịch chiết cám gạo là 2% cao nấm men.



Hình 2. Biểu đồ biểu hiện ảnh hưởng của nguồn carbon (A) và nồng độ lactose (B) đến hàm lượng GABA của *Lactobacillus*.



Hình 3. Biểu đồ biểu hiện ảnh hưởng của nguồn nitơ (A) và cao nấm men (B) đến hàm lượng GABA của *Lactobacillus*.



Hình 4. Biểu đồ biểu hiện ảnh hưởng của nồng độ cơ chất MSG (A) và các nguồn khoáng (B) đến hàm lượng GABA của *Lactobacillus*.

Ảnh hưởng của nồng độ cơ chất MSG:

Trong thí nghiệm này, MSG được sử dụng làm nguồn cơ chất chính để enzyme GAD chuyển hóa thành GABA. Việc xác định tỷ lệ MSG đưa vào dịch cám gạo sẽ giúp xác định hiệu suất quá trình lên men. Với các yếu tố đã khảo sát được ở môi trường dịch chiết cám gạo gồm 1,5% lactose, 2% cao nấm men, chúng tôi tiến hành khảo sát với các nồng độ MSG khác nhau (từ 1-10%) và nhận thấy MSG ở nồng độ 1% cho hàm lượng GABA cao nhất. Sau đó, chúng tôi tiếp tục khảo sát MSG ở các nồng độ thấp hơn 1% thì nồng độ GABA giảm. Từ các kết quả trên cho thấy lượng MSG thích hợp để bổ sung môi trường dịch cám gạo là 1% (hình 4A).

Theo kết quả khảo sát của Kook và cộng sự [19] về khả năng sản xuất GABA trong dịch chiết cám gạo của chủng *Lactobacillus sakei* B2-16 tăng dần theo nồng độ cơ chất MSG từ 3-12% được thêm vào môi trường. So với kết quả khảo sát của chúng tôi thì nồng độ GABA giảm dần khi tăng từ 3-10% nồng độ MSG. Nguyên nhân có thể do nồng độ GAD tiết ra còn ít, chưa đủ để chuyển hóa hết cơ chất MSG, thể tích môi trường lên men nhỏ (50 ml), hơn nữa mật độ tế bào vi khuẩn giảm dần khi nồng độ MSG tăng cao, gây ảnh hưởng đến sự phát triển của chủng vi khuẩn *L. fermentum*.

Ảnh hưởng của nguồn khoáng:

Bên cạnh các nhu cầu về carbon, nitơ, vi khuẩn lactic còn cần nguồn muối khoáng để duy trì sự phát triển của chúng. Theo nghiên cứu của Li và cộng sự [20] về việc tối ưu hóa môi trường sản xuất GABA bởi *Lactobacillus brevis* NCL912 cho thấy rằng, yếu tố MnSO₄·H₂O có ảnh hưởng đến quá trình sản xuất GABA trong môi trường MRS. Trên cơ sở đó, chúng tôi khảo sát trên năm nguồn khoáng trong môi trường dịch cám gạo bổ sung 1% MSG, 2% cao nấm men, 1,5% lactose, pH 6,0 ở 37°C. Kết quả hình 4B cho thấy

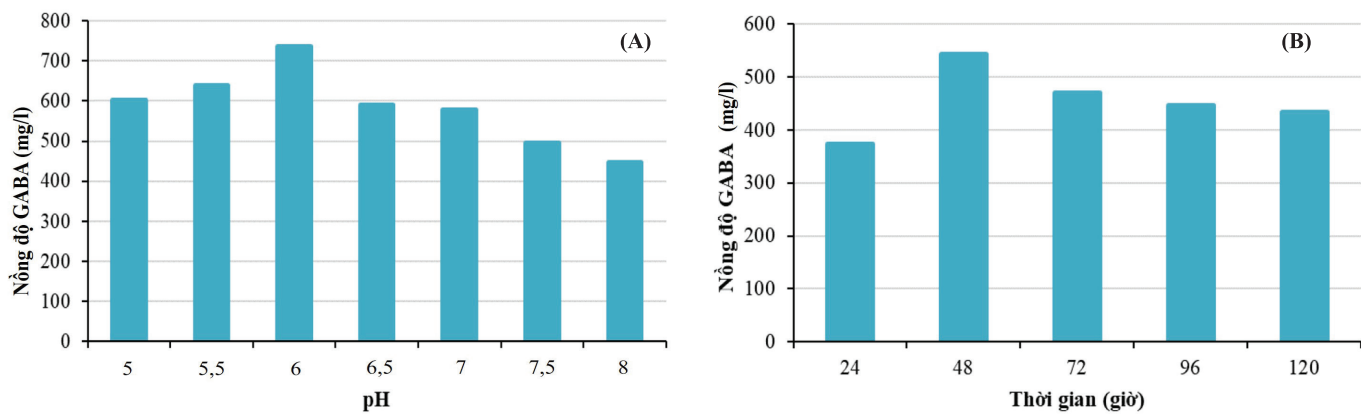
nồng độ GABA ở môi trường không có muối khoáng là cao nhất (350 mg/l), vì vậy có thể trong dịch chiết cám gạo đã đủ lượng khoáng cho quá trình sản xuất GABA của chủng vi khuẩn *L. fermentum* nên không cần bổ sung khoáng.

Ảnh hưởng của các điều kiện (pH và thời gian) đến quá trình lên men dịch cám gạo

Độ pH ảnh hưởng lớn đến quá trình phát triển của vi sinh vật, pH phù hợp sẽ giúp vi sinh vật phát triển tốt nhất, do vậy việc xác định pH tối ưu trong môi trường dịch cám gạo để sinh GABA cũng rất cần thiết. Kết quả khảo sát cho thấy lượng GABA sinh ra thay đổi theo pH (hình 5A). Theo đó, nồng độ GABA ở vùng pH acid từ 5,0-6,0 tăng dần và nhiều hơn so với vùng kiềm, trong đó pH 6,0 cho kết quả nồng độ GABA cao nhất (736 mg/l).

Thời gian lên men quyết định một phần hàm lượng GABA được sinh ra, với thời gian thích hợp, hàm lượng GABA sinh tổng hợp sẽ cao, nhưng nếu thời gian lên men kéo dài cũng ảnh hưởng đến chất lượng của GABA. Theo kết quả khảo sát (hình 5B) có thể thấy hàm lượng GABA tăng dần từ khoảng 24-48 giờ và bắt đầu giảm dần sau đó, vì vậy thời gian lên men thích hợp nhất là khoảng 48 giờ.

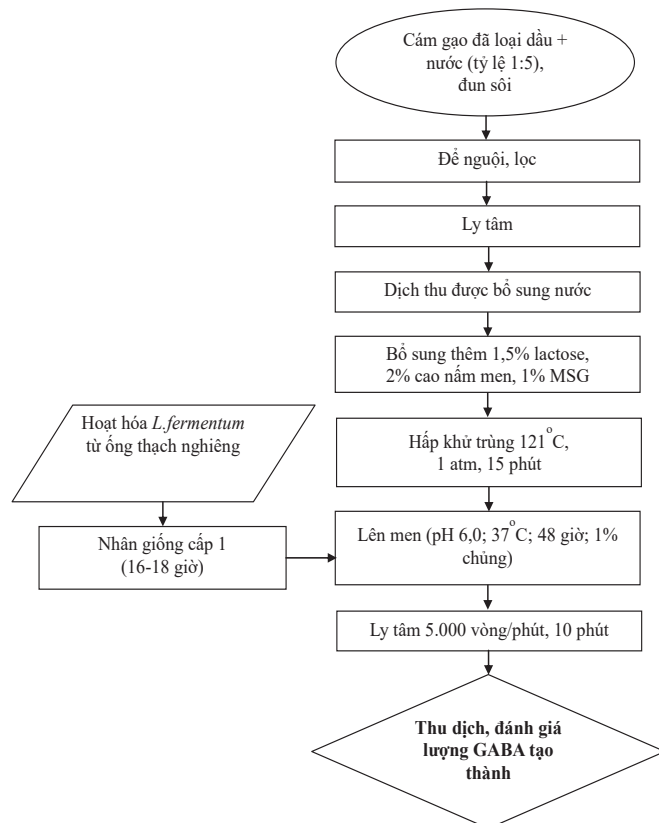
Kết quả hàm lượng GABA thu được từ các yếu tố đã khảo sát được là 736 mg/l. So với kết quả khảo sát của Tung và cộng sự [21] nghiên cứu về khả năng sinh GABA của chủng *L. plantarum* NTU 102 trên môi trường sữa thì cho kết quả nồng độ GABA là 629 mg/l, thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của chúng tôi. Hay so với nhóm tác giả Di Cagno và cộng sự [22] nghiên cứu về chủng *L. plantarum* DSM19463 sinh tổng hợp GABA trên nước nho đạt 498,1 mg/l. Điều này chứng tỏ môi trường dịch chiết cám gạo có thể ứng dụng trong việc sản xuất GABA đạt hiệu suất cao bởi vi khuẩn *Lactobacillus*.



Hình 5. Biểu đồ biểu hiện ảnh hưởng của pH (A) và thời gian (B) lên sự tăng trưởng và hàm lượng GABA của *L. fermentum*.

Kết luận

Từ các kết quả đã khảo sát được có thể xây dựng một quy trình lên men thu nhận GABA từ dịch chiết cám gạo với các thành phần và điều kiện sau: dịch chiết cám gạo (1 cám gạo: 5 nước); bổ sung thêm 1,5% lactose; 2% cao nấm men; 1% MSG làm cơ chất; pH ban đầu của môi trường là 6,0 và lên men trong thời gian 48 giờ. Kết quả nồng độ GABA đạt được là 736 mg/l. Từ các điều kiện thích hợp đã tìm được ở trên cho phép đưa ra sơ đồ quy trình lên men dịch cám gạo thích hợp (hình 6).



Hình 6. Sơ đồ quy trình lên men dịch cám gạo thích hợp.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 106.02-2018.304. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.D. Humphries, T.J. Prescott (2010), "The ventral basal ganglia, a selection mechanism at the crossroads of space, strategy, and reward", *Prog. Neurobiol.*, **90**(4), pp.385-417.
- [2] R. Dhakal, et al. (2012), "Production of gaba (γ -Aminobutyric acid) by microorganisms: a review", *Braz. J. Microbiol.*, **43**(4), pp.1230-1241.
- [3] D.H. Ngo, T.S. Vo (2019), "An updated review on pharmaceutical properties of gamma-aminobutyric acid", *Molecules*, **24**(15), pp.1-23.
- [4] Trương Nhật Trung, Đồng Thị Anh Đào (2016), "Làm giàu hàm lượng gamma-aminobutyric acid (GABA) trên hạt đậu xanh dưới điều kiện này mầm hypoxia-anaerobic và đánh giá sự hao tổn này sau quá trình luộc", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, **19**(K7), tr.88-96.
- [5] Y.C. Seo, et al. (2012), "Enhancement of the cognitive effects of γ -Aminobutyric acid from monosodium glutamate fermentation by *Lactobacillus sakei* B2-16", *Food Biotechnol.*, **26**(1), pp.29-44.
- [6] K.B. Park, S.H. Oh, (2007), "Cloning, sequencing and expression of a novel glutamate decarboxylase gene from a newly isolated lactic acid bacterium, *Lactobacillus brevis* OPK-3", *Biores. Technol.*, **98**(2), pp.312-319.
- [7] Y. Cui, et al. (2020), "Production of gamma-aminobutyric acid from lactic acid bacteria: a systematic review", *Int. J. Mol. Sci.*, **21**(3), p.995.
- [8] H. Aoki, et al. (2003), "The production of a new tempeh-like fermented soybean containing a high level of γ -aminobutyric acid by anaerobic incubation with *Rhizopus*", *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **67**(5), pp.1018-1023.
- [9] J. Huang, et al. (2007), "Biosynthesis of γ -aminobutyric acid (GABA) using immobilized whole cells of *Lactobacillus brevis*",

World J. Microbiol. Biotechnol., **23**(6), pp.865-871.

[10] L.A. Nguyen (2015), "Health-promoting microbes in traditional Vietnamese fermented foods: a review", *Food Sci. Hum. Well.*, **4**(4), pp.147-161.

[11] A. Ratanaburee, et al. (2011), "Enhancement of γ -aminobutyric acid in a fermented red seaweed beverage by starter culture *Lactobacillus plantarum* DW12", *Electron J. Biotechn.*, **14**(3), pp.1-10.

[12] N. Komatsuzaki, et al. (2016), "*Lactobacillus paracasei* NFRI 7415 reduces liver lipid contents in C57BL/6J mice fed a high-fat diet", *Int. J. Clin. Nutr. Diet*, **2**, pp.1-5.

[13] Lý Thị Kim Tuyền (2014), *Nghiên cứu quy trình sản xuất γ -aminobutyric acid (GABA) từ dịch cám gạo bằng *Lactobacillus**, Luận văn thạc sĩ khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội.

[14] T. Qiu, et al. (2010), "Pre-staining thin layer chromatography method for amino acid detection", *Afr. J. Biotechnol.*, **9**(50), pp.8679-8681.

[15] Y.R. Cho, et al. (2007), "Production of γ -amino-butyric acid (GABA) by *Lactobacillus buchneri* isolated from kimchi and its neuroprotective effect on neuronal cells", *J. Microbiol. Biotechn.*, **17**(1), pp.104-109.

[16] S. Siragusa, et al. (2007), "Synthesis of γ -aminobutyric acid by lactic acid bacteria isolated from a variety of Italian cheeses", *Appl. Environ. Microb.*, **73**(22), pp.7283-7290.

[17] N. Komatsuzaki, et al. (2005), "Production of γ -aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus paracasei* isolated from traditional fermented foods", *Food Microbiol.*, **22**(6), pp.497-504.

[18] W.P. Hammes, R.F. Vogel (1995), "The genus *Lactobacillus*", *The Genera of Lactic Acid Bacteria*, **2**, pp.19-54.

[19] M.C. Kook, et al. (2010), "Enhanced production of gamma-aminobutyric acid using rice bran extracts by *Lactobacillus sakei* B2-16", *J. Microbiol. Biotechnol.*, **20**(4), pp.763-766.

[20] H. Li, et al. (2008), "A high γ -aminobutyric acid-producing *Lactobacillus brevis* isolated from Chinese traditional paocai", *Ann. Microbiol.*, **58**(4), pp.649-653.

[21] Y.T. Tung, et al. (2011), "Optimization of culture condition for ACEI and GABA production by lactic acid bacteria", *J. Food Sci.*, **76**(9), pp.585-591.

[22] R. Di Cagno, et al. (2010), "Synthesis of gamma-aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus plantarum* DSM19463: functional grape must beverage and dermatological applications", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **86**(2), pp.731-741.

Nghiên cứu chế tạo và một số tính chất của sợi polyvinylidene fluoride bằng phương pháp phun kéo sợi điện trường

Nguyễn Thị Thu Thủy^{1*}, Nguyễn Thế Hữu², Trịnh Thị Hải², Bùi Thị Thu Trang²

¹Viện Nghiên cứu nano, Trường Đại học Phenikaa

²Khoa Công nghệ hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Ngày nhận bài 2/7/2020; ngày chuyển phản biện 6/7/2020; ngày nhận phản biện 20/8/2020; ngày chấp nhận đăng 1/9/2020

Tóm tắt:

Phương pháp phun kéo sợi điện trường (electrospinning) cho phép chế tạo các sợi polymer với đường kính trong khoảng vài chục nm đến vài μm . Trong nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến hình thái học, đường kính sợi trung bình và sự phân bố đường kính sợi polyvinylidene fluoride (PVDF) chế tạo bằng phương pháp electrospinning được đánh giá dựa trên ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM). Các yếu tố ảnh hưởng được khảo sát bao gồm nồng độ dung dịch, điện áp đặt, tốc độ bơm dung dịch, khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm và hỗn hợp dung môi. Sợi PVDF có cấu trúc thuần đều, đường kính trung bình 736 nm khi nồng độ dung dịch 20% khối lượng, hỗn hợp dung môi N,N-dimethyl acetamide (DMAc) và acetone (Ac) tỷ lệ 60/40 theo khối lượng, điện áp 11 kV, tốc độ bơm 1,0 ml/h và khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu 17 cm. Đặc trưng về tính kỵ nước và độ bền kéo của màng sợi PVDF cũng được báo cáo. Màng sợi nano PVDF có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như màng lọc nước, màng lọc khí, xúc tác, pin lithium...

Từ khóa: điện áp đặt, electrospinning, hình thái học, polyvinylidene fluoride, sợi nano polymer.

Chỉ số phân loại: 2.9

Đặt vấn đề

Sợi nano polyme là loại vật liệu thu hút được nhiều quan tâm nghiên cứu trong hơn chục năm trở lại đây do chúng có bề mặt riêng lớn, dễ biến tính thành phần và tính chất phù hợp với mục đích ứng dụng. Màng sợi nano polymer được đánh giá có hiệu quả cao khi sử dụng trong các lĩnh vực: xúc tác, chất mang xúc tác, chất hấp phụ, màng lọc khí và nước, cảm biến... [1-3]. Hiện nay, electrospinning là phương pháp phổ biến để chế tạo sợi nano polymer với đường kính có thể đạt trong khoảng từ 5 nm đến dưới 1 μm .

Về nguyên tắc, phương pháp electrospinning sử dụng một điện trường mạnh áp lên giọt dung dịch polymer được đẩy ra từ đầu mao quản (kim phun). Khi điện áp đạt đến giá trị tối ưu, lực tương tác tĩnh điện thắng được sức căng bề mặt của dung dịch thì sẽ tạo ra dòng dung dịch được di chuyển từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm. Khi đó, dòng dung dịch này được kéo dẫn, uốn, vắt và đồng thời bay hơi dung môi. Kết quả là ở bộ thu sản phẩm thu được các sợi polymer sắp xếp ngẫu nhiên hoặc có trật tự tùy thuộc cấu trúc của bộ thu sản phẩm. Do đó, có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng thu sợi, hình thái sợi, đường kính sợi, sự phân bố đường kính sợi và cấu trúc bề mặt sợi. Các yếu tố chính có thể kể đến là khối lượng phân tử polymer, nồng độ dung

dịch polymer, độ nhớt, điện áp, tốc độ phun sợi, khoảng cách từ kim phun đến bộ thu sản phẩm, độ ẩm, dung môi. Nghiên cứu của Zaarour và cs (2018) [4] đã phân tích ảnh hưởng của độ ẩm môi trường đến cấu trúc bề mặt, pha tinh thể, tính chất cơ học, tính kỵ nước và tính chất áp điện của sợi nano PVDF.

PVDF được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu và ứng dụng công nghiệp do nó có những tính chất đặc trưng như độ bền cơ học cao, bền hóa chất, độ ổn định nhiệt tốt, có tính chất hòa điện, áp điện và dễ gia công. Sợi nano PVDF có thể được chức năng hóa để ứng dụng làm màng lọc hoặc cảm biến. Lolla và cs (2018) [5] đã biến tính màng sợi nano PVDF bằng xử lý nhiệt - điện để tăng khả năng lọc NaCl trong nước. Hiệu quả lọc NaCl của màng PVDF đã biến tính có thể đạt 97% với độ chênh lệch áp suất là 58 mm H₂O. Màng sợi PVDF có bổ sung các vật liệu vô cơ như ZnO, Al₂O₃, Fe₃O₄, CdS, SiO₂... được nghiên cứu để loại bỏ ion kim loại nặng trong nước [6-9]. Màng sợi PVDF có thể làm chất mang cho xúc tác trong nhiều phản ứng. Li và cs (2012) [10] đã gắn CoCl₂ lên màng sợi nano PVDF để làm xúc tác cho phản ứng phân hủy NaBH₄. Diện tích bề mặt lớn, tính ổn nhiệt và độ bền cơ học cao của sợi PVDF tạo ra hoạt tính xúc tác và khả năng tái sử dụng cao. Hiệu

*Tác giả liên hệ: Email: thuy.nguyenthithu@phenikaa-uni.edu.vn

Fabrication and characterization of polyvinylidene fluoride nanofibers prepared by electrospinning technique

Thi Thu Thuy Nguyen^{1*}, The Huu Nguyen²,
Thi Hai Trinh², Thi Thu Trang Bui²

¹Phenikaa University Nano Institute, Phenikaa University

²Faculty of Chemical Engineering, Hanoi University of Industry

Received 2 July 2020; accepted 1 September 2020

Abstract:

Electrospinning is a technique that produces polymer fibers with diameters in the submicron range. In this study, some electrospinning parameters affecting the morphology, average diameter, and distribution of the diameter of polyvinylidene fluoride (PVDF) fibers were investigated by using scanning electron microscopy (SEM). These electrospinning parameters include solution concentration, applied voltage, the feed rate of solution, distance from the needle to the collector, and solvent mixture. PVDF fibers have a fine structure, narrow distribution of fiber diameter, and average fiber diameter of 736 nm at a solution concentration of 20 wt%, solvent mixture with 60/40 weight of *N,N*-dimethylacetamide (DMAc) and acetone (Ac), an applied voltage of 11 kV, the feed rate of 1 ml/h, and the distance from the needle to the collector of 17 cm. The hydrophobic property and tensile strength of the PVDF nanofiber membrane were also reported. PVDF nanofibers have the potential to apply in several areas such as water or gas filtration, catalyst, lithium battery, ect.

Keywords: applied voltage, electrospinning, morphology, polymer nanofibers, polyvinylidene fluoride.

Classification number: 2.9

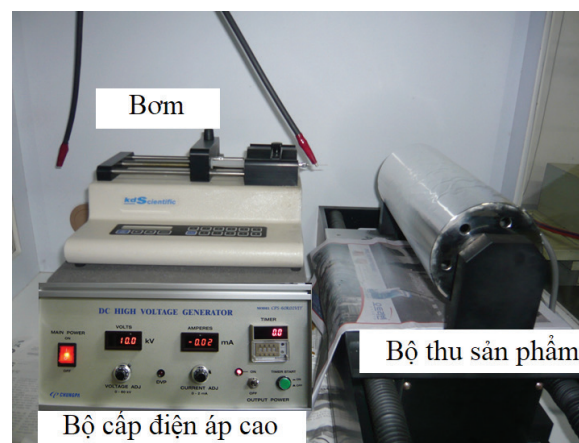
qua ứng dụng của màng sợi PVDF trong các lĩnh vực khác nhau phụ thuộc vào hình thái, kích thước sợi, diện tích bề mặt riêng màng sợi mà các tính chất này thay đổi theo điều kiện chế tạo sợi. Zulfikar và cs (2017) [11] đã nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ bơm và khoảng cách từ kim phun tới bộ thu sợi đối với hình thái sợi PVDF khi sử dụng dung môi là DMF. Tuy nhiên, nghiên cứu này vẫn chưa khảo sát đầy đủ các thông số khác ảnh hưởng đáng kể đến sự hình thành và đặc trưng sợi PVDF.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát một cách có hệ thống ảnh hưởng của các thông số về nồng độ dung dịch, dung môi, điện áp, tốc độ bơm, khoảng cách từ đầu kim phun tới bộ thu sản phẩm đến hình thái sợi, đường kính trung bình và sự phân bố đường kính sợi PVDF chế tạo bằng phương pháp electrospinning. Tính chất kỵ nước và độ bền cơ học của màng sợi PVDF cũng được đưa ra trong báo cáo này.

Thực nghiệm

Hóa chất: PVDF tên thương mại Kynar@761, dung môi *N,N*-Dimethylacetamide (DMAc), *N,N*-Dimethylformamide (DMF) và acetone sản xuất bởi Công ty Samchun Co. (Hàn Quốc).

Hệ thiết bị electrospinning (hình 1) bao gồm bộ cấp điện áp cao, bơm và bộ thu sản phẩm sợi nano.



Hình 1. Hệ thống electrospinning.

Chuẩn bị dung dịch PVDF cho quá trình electrospinning: PVDF được hòa tan trong các hỗn hợp dung môi khác nhau là DMAc/acetone và DMF/acetone với các nồng độ khảo sát là 10, 15, 20 và 25% khối lượng bằng máy khuấy từ có gia nhiệt 60°C.

Quy trình chế tạo sợi PVDF bằng phương pháp electrospinning [12]: dung dịch PVDF được cho vào xylanh nhựa 10 ml và đặt vào thiết bị bơm. Bơm được cài đặt sao cho lưu lượng dung dịch PVDF được bơm qua đầu kim

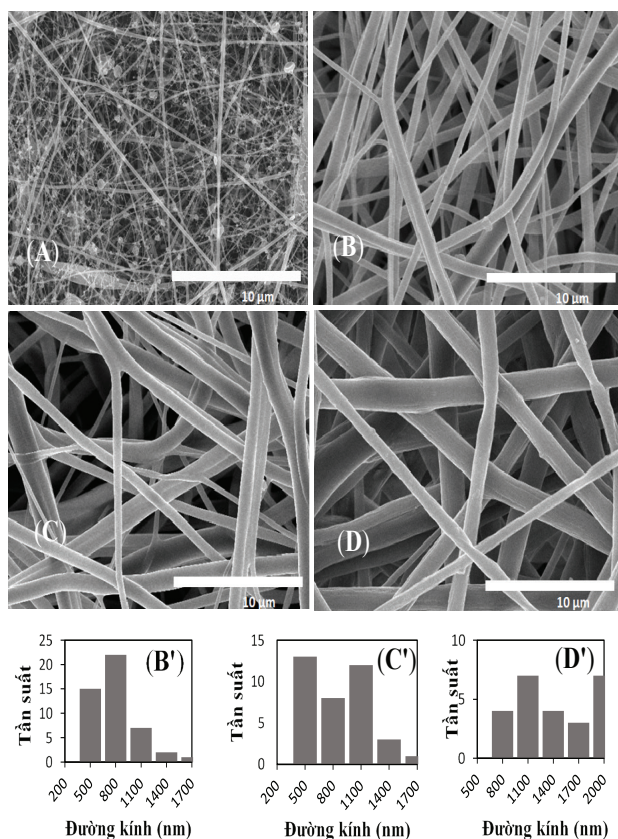
phun với các tốc độ khảo sát là 0,7, 1,0, 1,2 và 1,5 ml/h. Khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm được thay đổi 7, 12, 17 và 20 cm. Sau khi điều khiển cho bơm hoạt động, nâng điện áp lên đến các giá trị khảo sát là 9, 11, 13 và 15 kV.

Hình thái sợi PVDF được quan sát trên SEM độ phân giải cao FE-SEM (Hitachi S-4700). Đường kính trung bình và sự phân bố đường kính được đo bằng phần mềm Tomoro ScopeEye 3.6 dựa trên ảnh FE-SEM. Độ bền kéo và độ giãn dài khi kéo của màng sợi PVDF được xác định trên thiết bị LR 5K, LLOYD Instrument.

Kết quả và thảo luận

Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch PVDF đến hình thái sợi

Nồng độ của dung dịch polymer ảnh hưởng đến khả năng tạo sợi và hình thái sợi tạo thành trong quá trình electrospinning. Hình 2 trình bày ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo từ các dung dịch PVDF có nồng độ khác nhau. Điện áp sử dụng là 11 kV, tốc độ bơm là 1,0 ml/h, khoảng cách từ kim phun đến bộ thu sản phẩm là 17 cm, hỗn hợp dung môi DMAc/Ace = 60/40.



Hình 2. Ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo từ dung dịch PVDF có nồng độ: (A) 10 wt%, (B, B') 15 wt%, (C, C') 20 wt%, (D, D') 22 wt%.

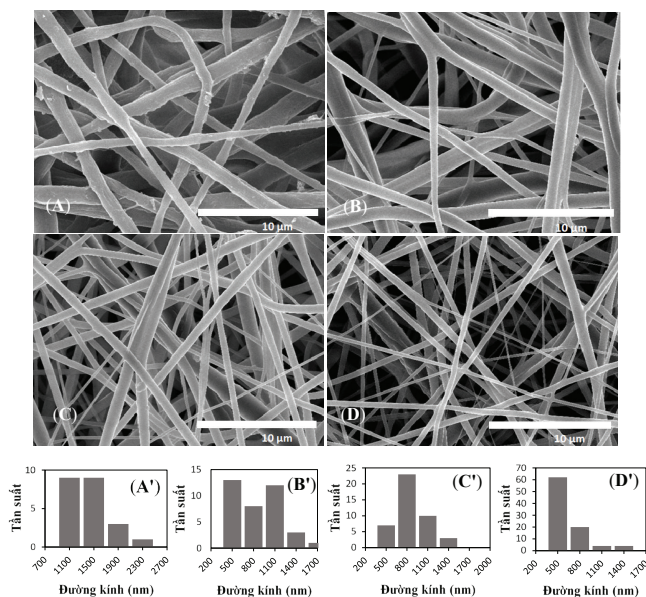
Hình 2 cho thấy, ở nồng độ dung dịch PVDF 10 wt%, hình thái sợi không đồng đều, trên màng xuất hiện các hạt. Khi nồng độ dung dịch PVDF lớn hơn 15 wt%, sợi PVDF thu được từ quá trình electrospinning có hình trơn đều, không xuất hiện giọt, màng phun mịn. Tuy nhiên, khi nồng độ dung dịch PVDF càng cao thì sự phân bố kích thước của sợi càng lớn. Ngoài ra, khi nồng độ dung dịch PVDF vượt quá 20 wt% thì quá trình hình thành sợi trở lên khó khăn do dung dịch PVDF bị đóng rắn ngay tại đầu kim phun, dẫn đến tắc kim phun, cản trở quá trình tạo sợi. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch đến hình thái của sợi có thể giải thích dựa trên mối quan hệ giữa nồng độ và độ nhớt của dung dịch polymer. Khi nồng độ dung dịch tăng thì độ nhớt dung dịch tăng và ngược lại. Dung dịch có độ nhớt ở một giới hạn nhất định sẽ thuận lợi cho sự tạo thành sợi với hình thái đồng đều và sự phân bố kích thước trong khoảng hẹp. Khi độ nhớt dung dịch quá nhỏ, các chuỗi polyme ít có sự tương tác với nhau, dẫn đến sự tạo thành các giọt dưới tác dụng kéo của điện trường. Khi độ nhớt quá cao, quá trình electrospinning trở lên khó khăn do sự đóng rắn nhanh chóng của dung dịch ngay tại đầu kim phun. Khi độ nhớt tăng, sự tương tác ràng buộc giữa các phân tử polymer tăng, dẫn đến kích thước sợi tạo thành cũng tăng. Khi nồng độ dung dịch PVDF tăng từ 15 đến 20 và 22 wt% thì đường kính trung bình của sợi PVDF tăng tương ứng là 645, 736 và 1263 nm. Nghiên cứu [12] sử dụng dung dịch PVDF nồng độ 12 wt% trong hỗn hợp dung môi Acetone/DMAc tỷ lệ 7/3 cho đường kính sợi 450 nm và đường kính sợi tăng khi tăng nồng độ dung dịch polymer. Đây cũng là kết quả khá thống nhất với kết quả được báo cáo trong nghiên cứu này.

Dựa trên kết quả ảnh SEM và khả năng tạo sợi trong quá trình electrospinning, dung dịch PVDF 20 wt% được sử dụng cho các khảo sát tiếp theo.

Ảnh hưởng của điện áp đến hình thái sợi

Hình thái sợi và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo ở các điện áp 9, 11, 13 và 15 kV được trình bày trong hình 3. Nồng độ dung dịch PVDF là 20 wt%, tốc độ bơm là 1,0 ml/h, khoảng cách từ kim phun đến bộ thu sản phẩm là 17 cm, hỗn hợp dung môi DMAc/Ace = 60/40.

Để hình thành sợi trong quá trình electrospinning thì điện áp đặt vào dung dịch polymer phải đủ lớn để thắng được sức căng bề mặt của dung dịch. Ở điện áp 9 kV, các sợi PVDF được hình thành nhưng do điện trường yếu nên quá trình không diễn ra liên tục, thỉnh thoảng xuất hiện giọt bắn ra từ đầu kim phun. Khi tiếp tục tăng điện áp thì thu được màng sợi mịn và không có giọt, phân bố đường kính sợi đồng đều hơn. Tuy nhiên, khi điện áp đặt 15 kV thì quan sát thấy quá trình phun sợi trở lên bất ổn định do lực điện trường lớn gây ra sự uốn, vắt đứt đôi dòng dung dịch đi ra từ đầu kim phun. Kích thước sợi PVDF giảm rõ rệt từ 1209 xuống 736, 730 và 470 nm khi điện áp tăng tương ứng từ 9, 11, 13 và 15 kV. Điều này xảy ra là do khi tăng điện áp, lực



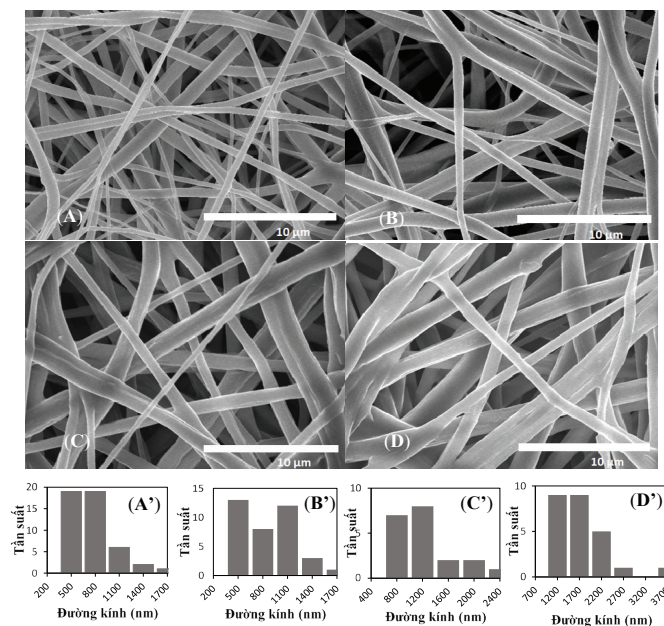
Hình 3. Ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo ở các điện áp khác nhau: (A, A') 9 kV, (B, B') 11 kV, (C, C') 13 kV, (D, D') 15 kV.

điện trường áp đặt lên dung dịch polymer càng lớn gây ra lực kéo sợi càng lớn làm cho kích thước các sợi trở nên nhỏ hơn. Như vậy, điện áp 11 kV là phù hợp để thực hiện quá trình tạo sợi PVDF trong các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của tốc độ bơm dung dịch

Ảnh hưởng của tốc độ bơm dung dịch qua đầu kim phun (0,7, 1,0, 1,2 và 1,5 ml/h) đến hình thái và sự phân bố đường kính sợi được thể hiện trên hình 4. Nồng độ dung dịch PVDF là 20 wt%, điện áp 11 kV, khoảng cách từ kim phun đến bộ thu sản phẩm là 17 cm, hỗn hợp dung môi DMAc/Ace = 60/40.

Nếu tốc độ bơm dung dịch nhỏ, không đủ để cung cấp liên tục dung dịch ở đầu kim phun thì quá trình tạo sợi sẽ bị đứt quãng. Tuy nhiên, nếu tốc độ bơm dung dịch quá lớn thì đòi hỏi phải tăng điện áp sao cho điện trường đủ lớn để kéo sợi liên tục mà không làm cho dung dịch ở đầu kim phun bị đóng rắn. Do đó, đối với mỗi dung dịch đưa vào tạo sợi bằng phương pháp electrospinning, cần điều chỉnh tốc độ bơm dung dịch phù hợp để có được sợi nano ổn định và có đường kính đồng nhất. Hình 4 cho thấy, có thể thu được sợi PVDF ở các tốc độ bơm dung dịch từ 0,7 đến 1,5 ml/h. Tuy nhiên, ở tốc độ bơm dung dịch là 1,2 và 1,5 ml/h thì quan sát thấy hiện tượng các sợi bị kết dính với nhau nhiều hơn do dung môi chưa bay hơi triệt để khi di chuyển từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm. Đường kính của sợi cũng thay đổi theo tốc độ bơm dung dịch, từ 613 đến 736, 1006 và 1492 nm tương ứng với tốc độ bơm dung dịch là 0,7, 1,0, 1,2 và 1,5 ml/h. Nghiên cứu của nhóm tác giả Zulfikar (2017) [11] cho thấy có sự hình thành của hạt (bead) nằm trên sợi PVDF khi tốc độ bơm nhỏ hơn 1,2 ml/h. Số lượng hạt giảm dần khi tăng



Hình 4. Ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo ở các tốc độ bơm dung dịch khác nhau: (A, A') 0,7 ml/h, (B, B') 1,0 ml/h, (C, C') 1,2 ml/h, (D, D') 1,5 ml/h.

tốc độ bơm do sự gia tăng dòng điện gây ra bởi bản chất tích điện của PVDF. Ngược lại, mật độ điện tích bề mặt giảm khi tốc độ bơm tăng lên, ngăn cản sự hình thành các khuyết tật trên sợi.

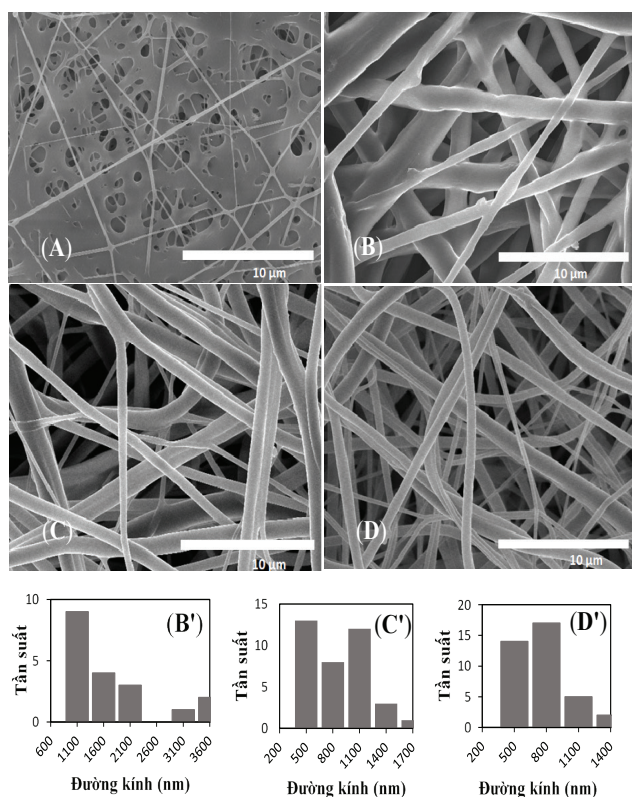
Từ kết quả khảo sát trên cho thấy, tốc độ bơm dung dịch PVDF 20 wt% phù hợp là 1,0 ml/h.

Ảnh hưởng của khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm

Hình 5 thể hiện ảnh hưởng của khoảng cách từ đầu kim phun tới bộ thu sản phẩm đến hình thái và sự phân bố đường kính sợi PVDF thông qua ảnh SEM. Các màng sợi được chế tạo ở nồng độ dung dịch 20 wt%, điện áp 11 kV, tốc độ bơm dung dịch 1,0 ml/h, hỗn hợp dung môi DMAc/Ace = 60/40.

Khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm ảnh hưởng đến thời gian dung môi bay hơi và cường độ điện trường kéo sợi. Khi dòng dung dịch di chuyển với khoảng cách ngắn (7 cm), lực kéo sợi mạnh và dung môi bay hơi không hết, dẫn đến sự tạo thành màng ướt ở bộ thu sản phẩm. Khi tăng khoảng cách lên 12 cm thì các sợi được hình thành nhưng vẫn có sự kết dính giữa các sợi. Ở các khoảng cách lớn hơn, kích thước sợi giảm dần (từ 1483 xuống 736 và 605 nm tương ứng với các khoảng cách 12, 17 và 20 cm) do thời gian tác dụng của lực kéo điện trường dài hơn. Nghiên cứu [11] cũng cho thấy, khoảng cách này càng lớn thì sợi tạo ra càng đồng đều.

Như vậy, kết quả ảnh SEM cho thấy khoảng cách thích hợp từ kim phun đến bộ thu sản phẩm cho quá trình tạo sợi PVDF là 17 cm.

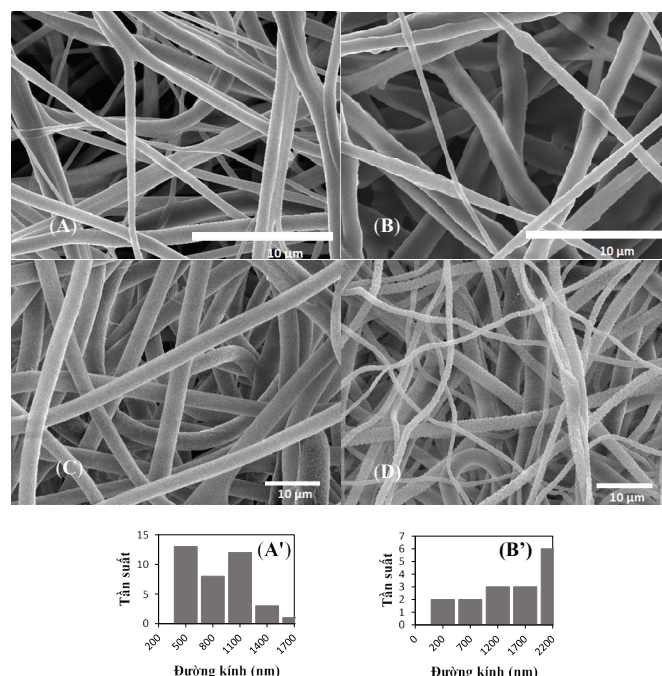


Hình 5. Ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo ở các khoảng cách giữa đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm khác nhau: (A) 7 cm, (B, B') 12 cm, (C, C') 17 cm, (D, D') 20 cm.

Ảnh hưởng của dung môi đến hình thái sợi

Loại dung môi ảnh hưởng đến khả năng hòa tan, độ nhớt, sức căng bề mặt và tính dẫn điện của dung dịch polymer, từ đó ảnh hưởng đến khả năng hình thành sợi và hình thái của sợi thu được. Hình 6 trình bày ảnh SEM của các màng sợi PVDF được chế tạo với các hỗn hợp dung môi khác nhau, trong đó DMAc và DMF là các dung môi có khả năng hòa tan tốt PVDF. Điều kiện chế tạo bao gồm nồng độ dung dịch 20 wt%, tốc độ bơm dung dịch 1,0 ml/h, điện áp 11 kV, khoảng cách từ kim phun đến bộ thu sản phẩm là 17 cm.

Quan sát ảnh SEM ở hình 6 cho thấy, kích thước của sợi PVDF có thể thay đổi khi thay đổi tỷ lệ thành phần dung môi. Đối với sợi PVDF chế tạo khi sử dụng hỗn hợp dung môi DMF/Ace thì bề mặt không nhẵn mịn mà thấy xuất hiện các mao quản nhỏ trên bề mặt sợi. Đây được gọi là sợi có cấu trúc mao quản bề mặt. Hiện tượng này xảy ra là do sự phân tách pha trong quá trình bay hơi chuyển dung dịch về trạng thái sợi rắn dưới ảnh hưởng của loại dung môi sử dụng và độ ẩm của môi trường [13, 14]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hệ dung môi là hỗn hợp của một dung môi dễ bay hơi (axeton) và một dung môi khó bay hơi (DMF) trong điều kiện độ ẩm cao (trên 70%). Khi dòng dung dịch polyme di chuyển từ đầu kim phun đến bộ thu



Hình 6. Ảnh SEM và sự phân bố đường kính sợi của màng sợi PVDF chế tạo với các dung môi khác nhau: (A, A') DMAc/Ace = 60/40, (B, B') DMAc/Ace = 40/60, (C) DMF/Ace = 70/30, (D) DMF/Ace = 60/40.

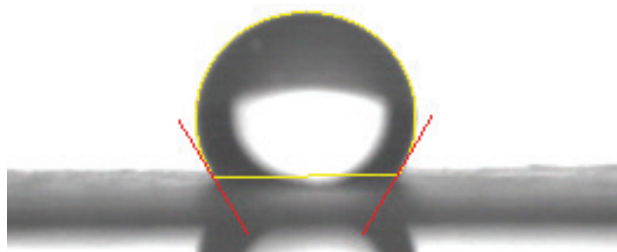
sản phẩm, sự làm lạnh và sự tăng dần nồng độ dung dịch polyme do bay hơi dung môi dẫn đến sự phân tách pha. Một pha rắn được hình thành trên bề mặt dòng dung dịch do dung môi axeton bay hơi nhanh tạo lớp mao quản bên ngoài, còn một pha nằm trong dòng dung dịch đóng rắn sau cùng tạo khối lõi của sợi. Đồng thời, sự làm lạnh do bay hơi của dòng dung dịch cũng dẫn đến hơi nước trong không khí ngưng tụ thành giọt trên bề mặt sợi. Khi sợi khô, những giọt này bay hơi và để lại mao quản trên bề mặt sợi. Zaarour và cs (2018) không chỉ tạo ra sợi có cấu trúc mao quản bề mặt mà còn tạo các lỗ rỗng bên trong sợi khi sử dụng dung dịch có nồng độ 22 wt% trong dung môi DMF/Ace tỷ lệ 1/8 và chế tạo ở độ ẩm 62% [4].

Với cùng một tỷ lệ dung môi (60/40), bề mặt sợi PVDF chế tạo bằng hỗn hợp dung môi DMAc/Ace nhẵn mịn, không xuất hiện mao quản trên bề mặt (hình 6A) là do sợi được chế tạo trong điều kiện độ ẩm môi trường thấp (dưới 50%), mặc dù DMAc có nhiệt độ sôi cao hơn DMF. Như vậy, để hình thành mao quản trên bề mặt sợi chế tạo bằng phương pháp electrospinning, cần phải đồng thời sử dụng hỗn hợp dung môi có sự chênh lệch lớn về khả năng bay hơi và thực hiện trong môi trường có độ ẩm cao.

Tính chất kỵ nước của màng sợi PVDF

Góc tiếp xúc của giọt nước với bề mặt của màng sợi PVDF (hình 7) có giá trị là 107,6°. Điều này chứng tỏ bề mặt màng sợi PVDF có tính kỵ nước cao gây ra bởi cấu trúc

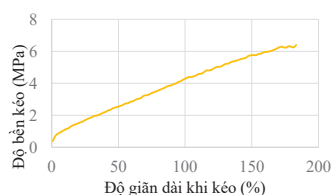
bề mặt của màng sợi. Màng sợi PVDF có thể được biến tính bằng cách bổ sung các hạt nano SiO_2 , TiO_2 hay Fe_3O_4 để làm tăng tính kỵ nước, từ đó ứng dụng trong lĩnh vực phân tách dầu - nước [15].



Hình 7. Hình ảnh góc tiếp xúc của giọt nước với bề mặt màng sợi PVDF.

Độ bền kéo của màng sợi PVDF

Màng sợi PVDF có độ bền kéo đứt đạt 6,39 MPa và độ giãn dài khi đứt đạt 183% (hình 8). Kết quả này cho phép sử dụng màng sợi PVDF trong nhiều lĩnh vực khác nhau như làm màng lọc, hấp phụ, màng xúc tác...



Hình 8. Độ bền kéo của màng sợi PVDF.

Kết luận

Sợi PVDF chế tạo bằng phương pháp electrospinning có cấu trúc thuần đều, bề mặt sợi phẳng mịn, đường kính sợi trung bình 736 nm thu được ở các điều kiện: nồng độ dung dịch 20 wt%, điện áp 11 kV, tốc độ bơm dung dịch 1,0 ml/h, khoảng cách từ đầu kim phun đến bộ thu sản phẩm 17 cm, hỗn hợp dung môi DMAc/Ace = 60/40. Đường kính trung bình và sự phân bố đường kính sợi PVDF có thể thay đổi nếu thay đổi các thông số trên. Cấu trúc mao quản bề mặt sợi PVDF có thể được hình thành nếu sử dụng hỗn hợp dung môi DMF/Ace với tỷ lệ thành phần 70/30 và 60/40 trong điều kiện độ ẩm của môi trường trên 70%. Màng sợi PVDF thể hiện tính kỵ nước với góc tiếp xúc của giọt nước với bề mặt của màng đạt giá trị 107,6°. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của màng sợi PVDF tương ứng là 6,39 MPa và 183%, đảm bảo tính chất cơ lý khi sử dụng màng PVDF trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được thực hiện bởi kinh phí tài trợ từ Quỹ phát triển KH&CN quốc gia (Nafosted) thông qua Đề tài mã số 104.02-2019.30. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] X. Shi, et al. (2015), "Electrospinning of nanofibers and their applications for energy devices", *Journal of Nanomaterials*, **2015**, DOI: 10.1155/2015/140716.
- [2] Kenry, C.T. Lim (2017), "Nanofiber technology: current status and emerging developments", *Progress in Polymer Science*, **70**, pp.1-17.
- [3] S. Nemati, et al. (2019), "Current progress in application of polymeric nanofibers to tissue engineering", *Nano Convergence*, **36(6)**, pp.1-16.
- [4] B. Zaarour, L. Zhu, C. Huang, X. Jin (2018), "Fabrication of a polyvinylidene fluoride cactus-like nanofiber through one-step electrospinning", *RSC Advances*, **8**, pp.42353-42360.
- [5] D. Lolla, et al. (2018), *Functionalized polyvinylidene fluoride electrospun nanofibers and applications (Chapter 5: Electrospinning method used to create functional nanocomposite films)*, Intechopen, DOI: 10.5772/intechopen.76261.
- [6] S. Liang, et al. (2012), "A novel ZnO nanoparticle blended polyvinylidene fluoride membrane for anti-irreversible fouling", *Journal of Membrane Science*, **394**, pp.184-192.
- [7] F. Liu, M.R.M. Abed, K. Li (2011), "Preparation and characterization of poly (vinylidene fluoride) (PVDF) based ultrafiltration membranes using nano $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ", *Journal of Membrane Science*, **366**, pp.97-103.
- [8] J. Du, et al. (2004), "Preparation and characterization of Fe_3O_4 /PVDF magnetic composite membrane", *Acta Physico-Chimica Sinica*, **20**, pp.598-601.
- [9] N.A. Hashim, Y. Liu, K. Li (2011), "Preparation of PVDF hollow fiber membranes using SiO_2 particles: The effect of acid and alkali treatment on the membrane performances", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **50**, pp.3035-3040.
- [10] Q. Li, et al. (2012), "Preparation of Y-zeolite/ CoCl_2 doped PVDF composite nanofiber and its application in hydrogen production", *Energy*, **38**, pp.144-150.
- [11] M.A. Zulfikar, et al. (2017), "Effect of processing parameters on the morphology of PVDF electrospun nanofibers", *IOP Conference Series: Journal of Physics*, **987**, DOI: 10.1088/1742-6596/987/1/012011.
- [12] J.R. Kim, et al. (2004), "Electrospun PVDF-based fibrous polymer electrolytes for lithium ion polymer batteries", *Electrochimica Acta*, **50**, pp.69-75.
- [13] D. Lubasova, L. Martinova (2011), "Controlled morphology of porous polyvinyl butyral nanofibers", *Journal of Nanomaterials*, **2011**, pp.1-6.
- [14] T.T.T. Nguyen, et al. (2012), "Porous core/sheath composite nanofibers fabricated by coaxial electrospinning as a potential mat for drug release system", *International Journal of Pharmaceutics*, **439**, pp.296-306.
- [15] B. Lin, et al. (2020), "An effective strategy on the preparation of the superhydrophobic electrospun nanoparticles/PVDF composite membranes for the oil-water separation", *Surface Topography: Metrology and Properties*, **8**, DOI: 10.1088/2051-672X/ab8beb.

Nghiên cứu phân tán nanoclay I30E vào nhựa epoxy và nhựa đường

Nguyễn Thị Bích Thủy^{1*}, Ngô Kế Thế², Trần Vĩnh Diệu³, Nguyễn Nhị Trự⁴, Nguyễn Văn Lâm¹, Trần Thị Lý¹, Ngô Thị Hồng Quế¹, Lê Nho Thiện¹, Lê Xuân Quang¹, Trần Thanh Hà¹, Nguyễn Mạnh Hà¹, Vũ Trung Hiếu¹, Lưu Thị Thu Hà¹, Nguyễn Thị Mỹ Trang¹, Nguyễn Mạnh Hùng¹

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

²Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

³Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

⁴Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 28/8/2020; ngày chuyển phản biện 1/9/2020; ngày nhận phản biện 1/10/2020; ngày chấp nhận đăng 12/10/2020

Tóm tắt:

Nghiên cứu tập trung khảo sát kỹ thuật phân tán nanoclay vào epoxy Epikote 828 ở trạng thái lỏng bằng phương pháp trộn kín tạo masterbatch và rung siêu âm kết hợp khuấy cơ học, phân tán nanoclay vào nhựa đường bằng phương pháp trộn hợp nóng chảy. Phương pháp XRD đã được sử dụng để xác định khoảng cách cơ bản d_{001} của nanoclay. Trên thiết bị Brabender, trộn hợp ở nhiệt độ 40°C, với tốc độ 50 vòng/phút cho masterbatch Epikot/I30E=100/80 có độ phân tán tốt nhất, đạt giá trị $d_{001}=33,818$ Å. Rung siêu âm 4% I30E trong Epikote 828 sau khi khuấy cơ học được khảo sát ở 5, 10 và 20 phút. Thời gian rung siêu âm 10 phút được coi là tối ưu, $d_{001}=41,65$ Å. Khảo sát phân tán 4% I30E trong bitum nóng chảy ở 120, 130, 140, 150 và 160°C trong 2 h nhận thấy, ở nhiệt độ 120°C d_{001} của I30E đạt giá trị 49,5916 Å. Ở nhiệt độ cao, khả năng xâm nhập, tách lớp của bitum cao hơn Epikote 828, mặc dù khối lượng phân tử của Epikote 828 thấp hơn.

Từ khóa: bitum, Epikote 828, nanoclay I30E, phân tán nanoclay, rung siêu âm.

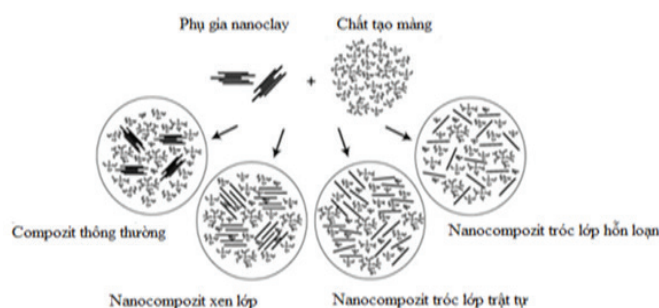
Chỉ số phân loại: 2.9

Đặt vấn đề

Những tiến bộ gần đây trong lĩnh vực vật liệu composite có liên quan đến việc sử dụng các phụ gia nano như ống nano carbon hoặc nanoclay để cải thiện các tính chất cơ, nhiệt và điện của vật liệu đã được nhiều nhà khoa học đặc biệt quan tâm. Các loại vật liệu nanopolymer đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như các lớp phủ bảo vệ, cao su, chất kết dính, mực, dược phẩm và các kết cấu trong xe hơi [1, 2]. Một trong những phụ gia nano được sử dụng nhiều là nanoclay, phụ gia này có thành phần chính là montmorillonite (MMT) do chúng có sẵn trong tự nhiên và rẻ tiền. Hàm lượng của các chất phụ gia nano chỉ từ 1 đến 6% khối lượng đã có thể cải thiện đáng kể đặc tính của nhựa nền polyme như tăng mô-đun uốn lên đến 31% và giảm hệ số giãn nở nhiệt tới 66% [2-5]. Nanoclay phân tán trong nền polyme ở các trạng thái: (i) thông thường như chất độn micro, (ii) chèn lớp và (iii) tróc lớp [3].

Trong thực tế, hỗn hợp cuối cùng có thể là sự kết hợp của 3 hình thái, trong đó trường hợp tốt nhất là hình thái tróc lớp hoàn toàn dưới dạng trật tự hoặc hỗn loạn [1, 6].

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



Hình 1. Trạng thái phân tán nanoclay trong chất tạo màng là nền polyme.

Có nhiều phương pháp để phân tán nanoclay vào nền polyme như trùng hợp tại chỗ, khuấy cơ học, rung siêu âm, trộn hợp nóng chảy [3]. Nghiên cứu này tập trung nghiên cứu kỹ thuật phân tán nanoclay vào epoxy Epikote 828 ở trạng thái lỏng bằng phương pháp rung siêu âm kết hợp khuấy cơ học và bằng phương pháp trộn kín tạo masterbatch, phân tán nanoclay vào nhựa đường bằng phương pháp trộn hợp nóng chảy.

A study on the dispersion of I30E nanoclay in epoxy resin and bitumen matrix

Thi Bich Thuy Nguyen^{1*}, Ke The Ngo², Vinh Dieu Tran³,
Nhi Tru Nguyen⁴, Van Lam Nguyen¹, Thi Ly Tran¹,
Thi Hong Que Ngo¹, Nho Thien Le¹, Xuan Quang Le¹,
Thanh Ha Tran¹, Manh Ha Nguyen¹, Trung Hieu Vu¹,
Thi Thu Ha Luu¹, Thi My Trang Nguyen¹,
Manh Hung Nguyen¹

¹University of Transport Technology

²Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

³Hanoi University of Science and Technology

⁴University of Technology, Vietnam National University, Ho Chi Minh city

Received 28 August 2020; accepted 12 October 2020

Abstract:

Dispersion of nanoclay in Epikote 828 resin is conducted by closed mixing of the liquid composition, mechanical mixing combined with ultrasonic vibration to form masterbatch; meanwhile, nanoclay dispersion in bitumen is processed by melted bitumen mixing. XRD techniques were used to determine the basal d-spacing of nanoclay. The dispersion was performed in Brabender mixer at temperature 40°C, speed 50 rpm, an Epikote/I30E=100/80 masterbatch provided the best dispersion with $d_{001}=33.818$ Å. After mechanical mixing, an Epikote 828 composition with 4% I30E was sonicated for 5, 10, and 20 minutes. The value $d_{001}=41.65$ Å achieved after 10 minutes of sonication was deemed optimal. Dispersion of 4% I30E in melted bitumen at 120, 130, 140, 150, and 160°C after 2h reached $d_{001}=49.5916$ Å for the sample processed at 120°C. At high temperatures, penetration and delamination of bitumen were better than those of Epikote 828 despite the lower molecular weight of Epikote.

Keywords: bitumen, Epikote 828, I30E nanoclay, nanoclay dispersion, ultrasonic vibration.

Classification number: 2.9

Nội dung nghiên cứu

Nguyên liệu

- Nanoclay: I30E của hãng Nanocor (Hoa Kỳ), có khoảng cách cơ sở $d_{001}=25,902$ Å.
- Nhựa epoxy: Epikote 828 của hãng Shell Chemmicals (Singapore), có hàm lượng nhóm epoxy 22,6%.
- Nhựa đường: Bitum 60/70 của Công ty ADCo, có độ kim lún 60-70, điểm hóa mềm 46°C.

Thiết bị và phương pháp nghiên cứu

Thiết bị nghiên cứu:

- Máy khuấy cơ tốc độ cao EUROSTAR/IKA của Đức.
- Ultrasonic Homogenizer, model 300VT, BioLogics, Inc., công suất phân rã 300 W.
- Máy trộn kín Brabender Plastograph® EC plus Brabender.
- Máy chụp phổ nhiễu xạ tia X (XRD) BRMCKE - D8 ADVANCE, với nguồn phóng xạ CuK α (50 kV, 40 mA).

Phương pháp nghiên cứu:

Phân tán nanoclay vào nhựa epoxy bằng phương pháp trộn kín tạo chất chủ (masterbatch): nanoclay I30E được phân tán vào nhựa epoxy Epikote 828 để tạo masterbatch trên thiết bị trộn kín Brabender. Khối lượng nguyên liệu sử dụng là 50 g với tỷ lệ Epikote 828/I30E=100/80 pkl, hệ số nạp liệu 0,7. Nhiệt độ của tổ hợp vật liệu khi trộn được duy trì ở 40°C. Khả năng phân tán nanoclay được khảo sát ở 40, 50 và 60 vòng/phút.

Phân tán nanoclay vào nhựa đường (bitum) bằng phương pháp rung siêu âm, kết hợp khuấy cơ học: nanoclay I30E được phân tán trực tiếp vào nhựa epoxy Epikote 828 với hàm lượng 4%. Giai đoạn đầu được phân tán bằng máy khuấy ở nhiệt độ 70°C trong thời gian 5 giờ với tốc độ cánh khuấy 3000 vòng/phút. Giai đoạn tiếp theo được phân tán bằng rung siêu âm trên thiết bị Biologies. Khả năng phân tán của nanoclay được khảo sát trong các khoảng thời gian rung siêu âm 5 phút, 10 phút và 20 phút ở nhiệt độ phòng và công suất phân rã 300 W.

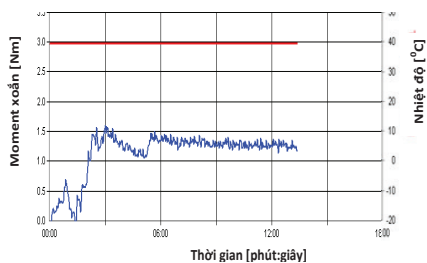
Phân tán nanoclay vào nhựa đường (bitum) bằng phương pháp trộn hợp nóng chảy: sấy bitum ở nhiệt độ khoảng 70°C để dễ dàng lấy bitum ra khỏi thùng chứa. Gia nhiệt bitum trong bình phản ứng đến 100°C. Phân tán I30E vào bitum với hàm lượng 4% bằng máy khuấy cơ tốc độ cao 3000-4000 vòng/phút. Khảo sát khả năng phân tán nanoclay ở nhiệt độ 120, 130, 140, 150 và 160°C. Thời gian phân tán khảo sát là 2, 20 và 30 h.

Kết quả và thảo luận

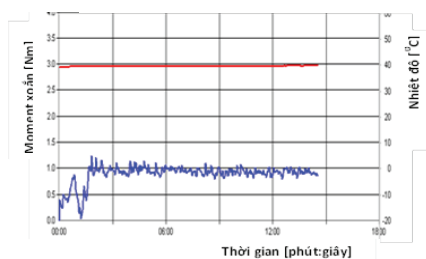
Phân tán nanoclay bằng phương pháp trộn kín tạo masterbatch

Moment xoắn của các mẫu epoxy/nanoclay được trộn hợp ở các tốc độ 40; 50; và 60 vòng/phút thể hiện trên các hình 2, 3 và 4. Hiệu quả trộn hợp được đánh giá theo ứng xử của moment xoắn khi đạt giá trị không đổi sau một thời gian nhất định.

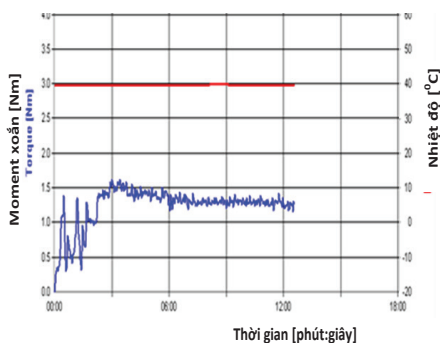
Nhận thấy rằng, ở tốc độ trộn 40 vòng/phút (hình 2), sau gần 6 phút moment xoắn bắt đầu ổn định ở giá trị khoảng 13 Nm. Ở hình 3, với tốc độ trộn 50 vòng/phút, chỉ sau 2 phút moment xoắn đã ổn định ở giá trị 10 Nm. Ở hình 4, với tốc độ trộn 60 vòng/phút, sau 3 phút moment xoắn mới ổn định ở giá trị 14 Nm. Moment xoắn tỷ lệ với độ nhớt nội, phản ánh mức độ đồng nhất của hỗn hợp. Như vậy, với tốc độ trộn 50 vòng/phút, chỉ sau 2 phút, nanoclay đã phân tán tốt vào nhựa nền epoxy. Khả năng phân tán nanoclay được xác định bằng khoảng cách cơ bản của tinh thể naoclay.



Hình 2. Giảm đồ moment xoắn trộn hợp ở tốc độ 40 vòng/phút.

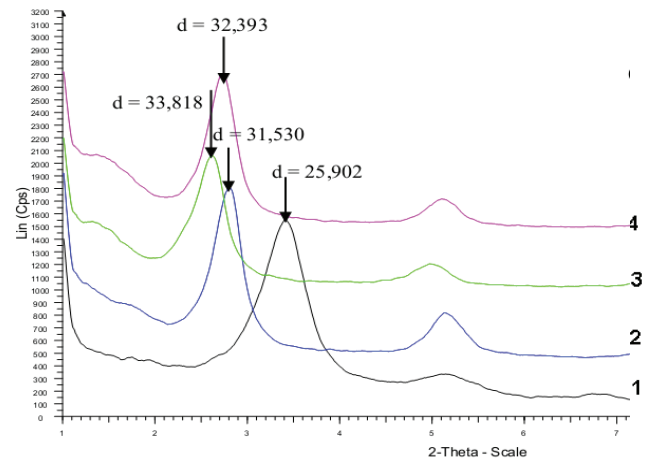


Hình 3. Giảm đồ moment xoắn trộn hợp ở tốc độ 50 vòng/phút.



Hình 4. Giảm đồ moment xoắn trộn hợp ở tốc độ 60 vòng/phút.

Phổ XRD của masterbatch nhận được ở các tốc độ trộn hợp khác nhau trình bày ở hình 5.



Hình 5. Giảm đồ XRD của masterbatch Epikote/I30E trộn hợp ở các tốc độ khác nhau. 1: nanoclay I30E; 2: 40 vòng/phút; 3: 50 vòng/phút; 4: 60 vòng/phút.

Khoảng cách d_{001} của I30E có giá trị ban đầu là 25,902 Å. Trong masterbatch, Epikote 828 đã xâm nhập vào giữa các lớp tinh thể nanoclay I30E, làm tăng khoảng cách d_{001} . Trên hình 5 thấy rằng, d_{001} có giá trị lớn nhất ở mẫu số 3 có tốc độ trộn hợp 50 vòng/phút, đạt 33,818 Å, lớn hơn cả mẫu số 4 được trộn hợp ở 60 vòng/phút.

Như vậy, trộn hợp ở nhiệt độ 40°C với tốc độ 50 vòng/phút cho masterbatch Epikote/I30E=100/80 có độ phân tán tốt nhất, đạt giá trị d_{001} cao nhất. Chế độ trộn hợp này là tối ưu.

Kết quả khảo sát khoảng cách cơ bản d_{001} của nanoclay I30E hoàn toàn phù hợp với kết quả khảo sát quá trình trộn hợp tạo masterbatch.

Phân tán nanoclay bằng phương pháp rung siêu âm kết hợp khuấy cơ học

Khảo sát khả năng phân tán nanoclay I30E vào nhựa epoxy Epikote 828 bằng phương pháp rung siêu âm được thực hiện sau khi kết thúc quá trình khuấy cơ học. Thời gian rung siêu âm được khảo sát ở 5, 10 và 20 phút. Khoảng cách cơ bản d_{001} của nanoclay sau khi phân tán bằng khuấy cơ học và sau khi rung siêu âm ở những khoảng thời gian 5, 10 và 20 phút được ký hiệu là US-0, US-5, US-10, US-20 tương ứng (bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian rung siêu âm tới khoảng cách cơ bản của nanoclay d_{001} .

Tên mẫu	US-0	US-5	US-10	US-20
Thời gian (phút)	0	5	10	20
d_{001} (Å)	36,03	38,48	41,65	37,06

Trên bảng 1 thấy rằng, khuấy cơ học đã có tác dụng phân tán khá tốt nanoclay I30E vào nhựa Epikote 828. Khoảng cách cơ bản d_{001} của I30E đã tăng từ 25,902 Å lên 36,03 Å. Nhựa Epikote 828 có khối lượng phân tử rất thấp (184-190 g/eq) nên dễ dàng xâm nhập, chèn vào giữa các lớp Montmorillonite (MMT) của nanoclay. Bảng 1 cũng cho thấy, rung siêu âm đã tiếp tục phân tán tốt hơn nanoclay trong nhựa epoxy. Mẫu US-10 có d_{001} lớn nhất, đạt giá trị 41,65 Å. Giá trị d_{001} của mẫu US-20 được rung siêu âm 20 phút nhưng lại thấp hơn giá trị d_{001} của mẫu US-10 khi rung siêu âm 10 phút. Thời gian rung siêu âm 10 phút được coi là tối ưu. Nếu kéo dài thời gian rung siêu âm, độ phân tán của nanoclay lại bị giảm. Tuy nhiên, thời gian rung siêu âm dài hơn đã được khảo sát bằng cách tăng số lần 10 phút rung siêu âm.

Bảng 2 thể hiện khoảng cách cơ bản d_{001} của các mẫu US10-1, US10-2, US10-3 và US10-4 được rung siêu âm 1 lần, 2 lần, 3 lần và 4 lần với thời gian 10 phút tương ứng.

Bảng 2. Ảnh hưởng của chế độ rung siêu âm tới khoảng cách cơ bản của nanoclay d_{001} .

Tên mẫu	US10-1	US10-2	US10-3	US10-4
Thời gian (phút)	10' x 1	10' x 2	10' x 3	10' x 4
d_{001} (Å)	41,65	36,91	38,48	37,56

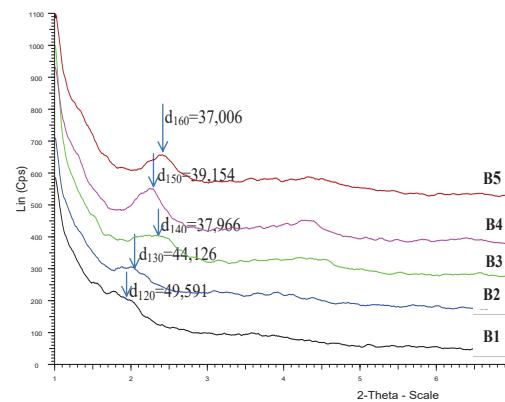
Chế độ kéo dài thời gian rung siêu âm bằng cách tăng số lần rung siêu âm trong thời gian 10 phút tỏ ra không hiệu quả để tăng độ khuếch tán nanoclay vào nền epoxy. Các mẫu US10-2, US10-3 và US10-4 đều có giá trị d_{001} thấp hơn mẫu US10-1, giống như với mẫu rung 1 lần ở 20 phút đã khảo sát trên bảng 1.

Rung siêu âm có hiệu quả phân tán rất tốt nanoclay vào các nền polyme có khối lượng phân tử thấp như Epikote 828 hoặc các dung dịch polyme tương tự.

Phân tán nanoclay bằng phương pháp trộn hợp nóng chảy

Bitum ở dạng rắn và hóa mềm ở 46°C. Muốn phân tán nanoclay vào bitum, chỉ có thể phân tán ở trạng thái nóng chảy. Bitum 60/70 đã được lựa chọn để nghiên cứu khả năng phân tán của nanoclay I30E bằng phương pháp trộn hợp ở trạng thái nóng chảy.

Khảo sát nhiệt độ trộn hợp: 5 nhiệt độ khác nhau: 120, 130, 140, 150 và 160°C đã được lựa chọn để khảo sát khả năng phân tán của nanoclay I30E, thời gian trộn hợp là 2 h. Giản đồ XRD của các mẫu bitum có chứa nanoclay sau thời gian phân tán 2 h ở 120, 130, 140, 150 và 160°C được trình bày trên hình 6. Các mẫu được ký hiệu là B1, B2, B3, B4, B5 tương ứng.

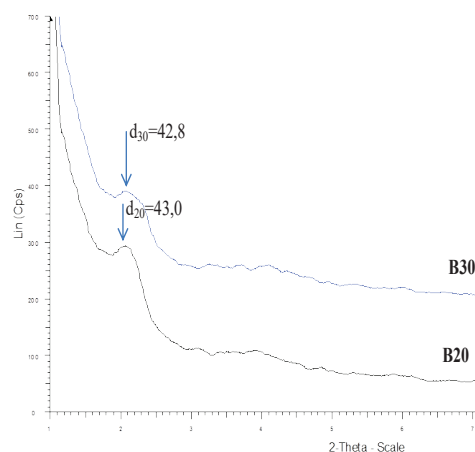


Hình 6. Giản đồ XRD của bitum/I30E trộn hợp ở các nhiệt độ. B1: 120°C; B2: 130°C; B3: 140°C; B4: 150°C; B5: 160°C.

Từ hình 6 nhận thấy, khi nhiệt độ tăng từ 120 đến 160°C, giá trị d_{001} có xu hướng giảm dần. Giai đoạn đầu độ suy giảm d_{001} khá mạnh (từ 49,591 xuống 44,126 Å), nhiệt độ càng cao độ suy giảm này chậm dần và có xu hướng ổn định ở khoảng 37 Å. Như vậy, phối trộn ở 120°C cho kết quả tốt nhất và hợp lý về mặt công nghệ. Nhiệt độ này đủ để đảm bảo cho hỗn hợp có độ nhớt thấp, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tróc lớp nanoclay và không gây lão hóa bitum.

So với khả năng phân tán của nanoclay trong nhựa epoxy, giá trị d_{001} của I30E trong bitum lớn hơn. Ở nhiệt độ cao, bitum nóng chảy, độ nhớt thấp nên khả năng xâm nhập, tách lớp của nó dễ dàng hơn.

Khảo sát thời gian trộn hợp: mẫu B1 có d_{001} đạt giá trị 49,591 Å là kết quả phân tán nanoclay I30E trong bitum ở 120°C trong 2 h. Thời gian phân tán cao hơn, ở 20 và 30 h đã được khảo sát với nhiệt độ 120°C. Giản đồ XRD của các mẫu bitum có chứa nanoclay sau thời gian phân tán 20 h và 30 h ở 120°C được trình bày trên hình 7. Các mẫu được ký hiệu là B20 và B30 tương ứng.



Hình 7. Giản đồ XRD của bitum/I30E trộn hợp ở các thời gian khác nhau. B20: 20 h; B30: 30 h

Từ hình 7 nhận thấy, tăng thời gian trộn hợp không có ảnh hưởng tích cực đến khả năng tróc lớp của nanoclay. Giá trị d_{001} của 2 mẫu B20 và B30 tương tự nhau (43,8 Å và 42,8 Å) sau 20 và 30 h phân tán tương ứng. Tuy nhiên, so với mẫu B1 ($d_{001}=49,591$ Å) chỉ phân tán trong 2 h, các giá trị d_{001} này thấp hơn nhiều.

Như vậy, nhiệt độ và thời gian có tác dụng gia tăng khả năng xâm nhập của các phân tử polyme vào giữa các lớp MMT của nanoclay. Tuy nhiên nhiệt độ và thời gian cũng có giới hạn trong quá trình phân tán. Đối với bitum, 4% nanoclay I30E phân tán trong 2 h ở nhiệt độ 120°C là phù hợp, đảm bảo khả năng phân tán cao, sản phẩm không bị phân hủy.

Kết luận

Các vật liệu nano nói chung và nanoclay nói riêng có thể phân tán vào chất nền polyme dưới dạng chất lỏng, trong dung dịch hay dưới dạng nóng chảy. Rung siêu âm là phương pháp phân tán nanoclay vào polyme ở dạng lỏng như Epikote 828 hay dung dịch rất có hiệu quả. So với khả năng phân tán của nanoclay trong nhựa epoxy, giá trị d_{001} của I30E trong bitum lớn hơn. Ở nhiệt độ cao, khả năng xâm nhập, tách lớp của bitum cao hơn Epikote 828, mặc dù khối lượng phân tử của Epikote 828 thấp hơn. Chế độ phân tán nanoclay vào Epikote hay bitum nóng chảy được xác định ở những điều kiện nhiệt độ, tốc độ khuấy trộn và thời gian tối ưu để đạt được giá trị d_{001} cao nhất.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hoàn thành với sự tài trợ kinh phí của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua Dự án SXTN cấp nhà nước mã số KC.02.DA.06/16-20. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I. Ortega (2008), *Fabrication et caracterisation de nanocomposites a matrice epoxy*, M.S. dissertation, École Polytechnique de Montréal, Canada.
- [2] S. Abend and G. Lagaly (2000), "Sol-gel transitions of sodium montmorillonite dispersions", *Applied Clay Science*, **16**(3-4), pp.201-227.
- [3] Nguyễn Đức Nghĩa (2007), *Hóa học nano - Công nghệ nền và vật liệu nguồn*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ.
- [4] Y. Rao and T.N. Blanton (2008), "Polymer nanocomposites with a low thermal expansion coefficient", *Macromolecules*, **41**(3), pp.935-941.
- [5] D. Dean, A.M. Obore, S. Richmond, and E. Nyairo (2006), "Multiscale fiber-reinforced nanocomposites: synthesis, processing and properties", *Composites Science and Technology*, **66**(13), pp.2135-2142.
- [6] S.S. Ray (2006), "Rheology of polymer/layered silicate nanocomposites", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **12**(6), pp.811-842.

Nghiên cứu lựa chọn bao bì và thời gian bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối

Nguyễn Thị Lại*, Phạm Hương Sơn, Nguyễn Thị Bình, Lê Thị Khánh Vân, Phạm Anh Đức

Phòng thí nghiệm Phát triển ứng dụng y sinh công nghệ cao, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 16/10/2020; ngày chuyển phản biện 23/10/2020; ngày nhận phản biện 24/11/2020; ngày chấp nhận đăng 30/11/2020

Tóm tắt:

Lòng trắng trứng vịt muối thường bị loại bỏ trong quá trình thu hồi lòng đỏ trong khi vẫn giữ được hầu hết các thành phần dinh dưỡng của trứng vịt. Để tận dụng được lòng trắng trứng vịt muối, cần chế biến thành bột giàu protein để làm nguyên liệu chế biến thực phẩm. Tuy nhiên, quá trình bảo quản sản phẩm bột lòng trắng trứng gặp nhiều khó khăn do nó thường hút ẩm rất nhanh, gây ra các hư hỏng vật lý (như biến màu), hóa học (biến đổi protein, lipid hóa...); biến đổi sinh học (nấm men, nấm mốc phát triển tạo ra các độc tố). Kết quả thử nghiệm các loại bao bì khác nhau: màng 1 lớp (PE), màng 2 lớp (AL-Foil, BOPP/PE, AI/PE) và màng 3 lớp (BOPP/AI/PE, PET/AI/PE) cho thấy, bao bì thích hợp cho việc đóng gói sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối là màng phức hợp 2 lớp AI/PE. Khi sử dụng loại bao bì này, chất lượng sản phẩm gần như không thay đổi trong thời gian 12 tháng, chất lượng đảm bảo an toàn khi sử dụng làm nguyên liệu cho chế biến thực phẩm.

Từ khóa: bột giàu protein, lòng trắng trứng vịt muối, trứng muối, trứng vịt.

Chỉ số phân loại: 2.10

Đặt vấn đề

Muối trứng là phương pháp bảo quản trứng được sử dụng phổ biến ở nhiều nước, đặc biệt là các nước châu Á như Thái Lan, Trung Quốc, Việt Nam [1]. Trứng muối là sản phẩm có giá trị dinh dưỡng cao và được sử dụng trong nhiều dạng sản phẩm như: làm nhân các loại bánh, chế biến nhiều món ăn khác nhau. Hiện nay, phần được sử dụng để chế biến là lòng đỏ của trứng muối, tất cả lòng trắng trứng bị bỏ đi, điều này làm tăng khả năng gây ô nhiễm môi trường và lãng phí một nguồn protein tự nhiên (trong lòng trắng trứng chứa 10% protein) [2-4]. Để tận dụng được lòng trắng trứng vịt muối cần chế biến thành bột giàu protein để làm nguyên liệu chế biến thực phẩm. Tuy nhiên, quá trình bảo quản sản phẩm bột lòng trắng trứng gặp nhiều khó khăn do nó thường hút ẩm rất nhanh, gây ra các hư hỏng như biến màu, biến đổi protein, lipid hóa... và hư hỏng do nấm men, nấm mốc phát triển, tạo ra các độc tố.

Cho đến nay, ở Việt Nam chưa có kết quả công bố về các nghiên cứu bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối. Việc sử dụng bao bì nhằm hạn chế hoặc ngăn cản quá trình hút ẩm của sản phẩm dạng bột là một trong những giải pháp hiệu quả và đơn giản thường được sử dụng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào đặc tính của từng loại sản phẩm mà cần xác định loại bao bì một cách hiệu quả nhất.

Từ các lý do trên cho thấy, việc tiến hành các nghiên

cứu nhằm xác định loại bao bì và thời hạn bảo quản sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối là vấn đề cần thiết và có ý nghĩa thực tế. Chính vì thế chúng tôi thực hiện đề tài “Lựa chọn bao bì và thời gian bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối”.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

Bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối được thu nhận như sau: lòng trắng trứng vịt muối được thu hồi sau quá trình tách vỏ sẽ được ly tâm với vận tốc 4000 vòng/phút, dịch thu được loại muối bằng cách hòa vào nước theo tỷ lệ 1:2 và bổ sung thêm ethanol để dung dịch đạt 45° cồn, tiến hành thu kết tủa bằng ly tâm 2 lần ở 4000 vòng/phút, kết tủa được mang đi sấy ở nhiệt độ 50°C đến độ ẩm 7±1% và tiến hành nghiền. Bột sau nghiền được tiến hành bảo quản bằng các loại bao bì khác nhau.

Bố trí thí nghiệm

Bột lòng trắng trứng có độ ẩm 7±1% được đóng gói trong các túi màng 1 lớp (PE, AL-Foil); màng 2 lớp (BOPP/PE; AL/PE) và màng 3 lớp (BOPP/AI/PE, PET/AI/PE) với khối lượng 30 g/gói. Theo dõi sự thay đổi chất lượng của bột trong thời gian bảo quản 6 tháng ở điều kiện thường (nhiệt độ 28-30°C), từ đó xác định loại bao bì phù hợp.

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

Study on selection of packaging materials and shelf life of protein-rich powder produced from the egg whites of salted duck eggs

Thi Lai Nguyen*, Huong Son Pham, Thi Binh Nguyen,
Thi Khanh Van Le, Anh Duc Pham

Laboratory of high-tech biomedical application development,
National Center for Technological Progress

Received 16 October 2020; accepted 30 November 2020

Abstract:

Egg whites of salted duck eggs are normally discarded in the separation of egg yolks. Most of the nutritional values of normal duck eggs are still retained in the egg whites of salted duck eggs. To make use of such egg whites, it is necessary to process the egg whites into a protein-rich powder, which can be used as a food processing material. Nevertheless, long-term storage of the egg white powder is challenging because this powder can easily absorb moisture, resulting in physical deteriorations (e.g: colour change), chemical alternation (e.g., protein and lipid degradation), and biological contamination (e.g., growth of yeasts and molds that produce toxic compounds). A study was conducted to test different types of packaging materials including one-layered Polyethylene (PE) film, two-layered PE film, and three-layered films (PE, AL-Foil, BOPP/PE, AI/PE, BOPP/AI/PE, PET/AI/PE). The result shows that the most suitable packaging material for the protein-rich powder produced from egg whites of salted duck egg was two-layered AI/PE film. The quality of the product stored in AI/PE film package remained nearly unchanged in 12 months, which proved safe to be used as food processing material.

Keywords: duck egg, egg-white of salted duck eggs, protein-rich powder, salted eggs.

Classification number: 2.10

Trên cơ sở kết quả xác định loại bao bì phù hợp, tiến hành khảo sát thời gian bảo quản như sau: bột lòng trắng trứng có độ ẩm $7\pm 1\%$ được đóng gói trong bao bì phù hợp (là kết quả của thí nghiệm trên) với khối lượng 2 kg/bao gói. Tiến hành theo dõi sự thay đổi các chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm trong các khoảng thời gian 3, 6, 9, 12 tháng. Từ đó xác định được thời hạn bảo quản phù hợp cho sản phẩm.

- Các chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm (%), chỉ số peroxit (milli đương lượng/kg), hàm lượng protein tổng số (%), hàm lượng lipid (%), hàm lượng muối (%), các chỉ tiêu vi sinh vật (VSV tổng số, Coliforms, tổng số nấm men, mốc, E. coli, Salmonellas...), các chỉ tiêu cảm quan với tần suất lấy mẫu: 3 tháng/lần.

Phương pháp phân tích

Các chỉ tiêu theo dõi độ ẩm được xác định theo TCVN 10787:2015, hàm lượng protein theo TCVN 10791:2015, hàm lượng lipid theo TCVN 4592:88, hàm lượng tro theo TCVN 4888-1988, hàm lượng muối ăn theo TCVN 4591:88, chỉ số peroxit theo TCVN 6121:2010, xác định tổng số vi sinh vật hiếu khí theo TCVN 5165:90, xác định Coliforms theo TCVN 4882:2007, xác định tổng số nấm men, mốc theo TCVN 5166:90, xác định E. coli theo TCVN 6846:2001, xác định Salmonellas theo TCVN 4829:2005, đánh giá cảm quan theo TCVN 3215-79.

Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các mẫu thí nghiệm. Các phân tích thống kê được xử lý trên phần mềm tiêu chuẩn SAS 9.0 của Windows.

Kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu lựa chọn loại bao bì thích hợp cho quá trình đóng gói bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối

Trong quá trình bảo quản, các thành phần hoá học của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối có những thay đổi nhất định do tác động từ môi trường như: ánh sáng, nhiệt độ, oxy hoặc từ các phản ứng hoá sinh xảy ra trong chính nội tại sản phẩm hoặc với bao bì... Tùy thuộc vào các loại bao bì bao gói khác nhau thì mức độ ảnh hưởng cũng khác nhau. Trên cơ sở theo dõi sự biến đổi của các thành phần chính của sản phẩm như độ ẩm, hàm lượng protein, chỉ số peroxit... khi đóng gói trong các loại bao bì khác nhau, sẽ xác định được loại bao bì thích hợp nhất có khả năng ổn định các thành phần này trong thời gian dài.

Kết quả theo dõi sự biến đổi một số thành phần hóa lý của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối được đóng gói bằng các loại bao bì khác nhau trong 6 tháng bảo quản được thể hiện trong các bảng 1-3.

Bảng 1. Ảnh hưởng của bao bì đến sự biến đổi độ ẩm của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Loại bao bì	Bắt đầu	Sau 3 tháng	Sau 6 tháng
PE	7,10	9,21	9,94
AL-Foil	7,10	7,75	8,15
BOPP/PE	7,10	7,84	8,28
AL/PE	7,10	7,20	7,24
BOPP/AL/PE	7,10	7,14	7,17
PET/AL/PE	7,10	7,13	7,15
CV(%)		0,46	0,39
LSD0,05		0,06	0,05

Số liệu ở bảng 1 cho thấy, độ ẩm của sản phẩm khi được đóng trong các loại bao bì khác nhau đều tăng sau 6 tháng bảo quản, tuy nhiên mức độ tăng là khác nhau. Sau 6 tháng bảo quản, độ ẩm của sản phẩm đóng trong bao bì PE tăng cao nhất so với tất cả các loại bao bì khác (tăng từ 7,10% lên tới 9,94%), tiếp đó là các loại bao bì AL-Foil và BOPP/PE với mức tăng lần lượt là 8,15 và 8,28%. Trong các loại bao bì màng ghép thì các loại bao bì có lớp Al như Al/PE, BOPP/Al/PE và PET/Al/PE đều có tác dụng tốt trong việc duy trì độ ẩm của sản phẩm trong thời gian bảo quản 6 tháng. Độ ẩm của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối được đóng trong 3 loại màng này sau 6 tháng bảo quản tuy có tăng nhưng mức tăng không đáng kể (tăng 0,14% ở màng AL/PE, tăng 0,05-0,07% ở màng PET/AL/PE và BOPP/AL/PE). Điều này được giải thích là do đặc tính thẩm không khí của các loại bao bì khác nhau là khác nhau và khả năng thẩm khí sẽ giảm dần ở theo chiều hướng PE > BOPP/PE > AL-Foil > Al/PE > BOPP/Al/PE > PET/Al/PE.

Như vậy, sản phẩm đóng trong màng BOPP/AL/PE, PET/AL/PE sau 6 tháng bảo quản là không khác biệt và độ ẩm tăng không đáng kể.

Peroxyt là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng của sản phẩm bột lòng trắng trứng vịt muối trong quá trình bảo quản. Chỉ số peroxyt càng cao thì mức độ ôi do oxy hóa (tạo thành peroxyt) của chất béo càng cao, ảnh hưởng lớn đến chất lượng của sản phẩm.

Bảng 2. Ảnh hưởng của bao bì đến sự biến đổi chỉ số peroxyt (milli đương lượng/kg) của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Loại bao bì	Bắt đầu	Sau 3 tháng	Sau 6 tháng
PE	1,80	5,26	6,34
AL-Foil	1,80	4,16	5,69
BOPP/PE	1,80	4,58	5,15
AL/PE	1,80	2,48	2,85
BOPP/AL/PE	1,80	2,35	2,64
PET/AL/PE	1,80	2,30	2,59
CV(%)		0,86	0,68
LSD0,05		0,06	0,07

Các kết quả ở bảng 2 cho thấy, chỉ số peroxyt của sản phẩm khi được đóng trong các loại bao bì khác nhau đều tăng sau 6 tháng bảo quản, tuy nhiên mức độ tăng là khác nhau:

Sau 3 tháng bảo quản, chỉ số peroxyt của mẫu được đóng trong bao bì PE có mức tăng cao nhất, từ 1,80 milli đương lượng/kg (ngày bắt đầu) lên tới 5,26 milli đương lượng/kg. Ở sản phẩm được đóng trong các bao bì AL/PE, BOPP/AL/PE và PET/AL/PE sau 3 tháng bảo quản chỉ số peroxyt tăng không nhiều, lần lượt là 2,48; 2,35 và 2,30. Tốc độ tăng của giá trị này vẫn không thay đổi sau thời gian bảo quản 6 tháng. Sau 6 tháng bảo quản, chỉ số peroxyt của sản phẩm đóng trong bao bì PE có giá trị cao nhất (6,34) và cao hơn nhiều so với sản phẩm được đóng trong các loại bao bì khác. Trong khi đó, chỉ số peroxyt của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối đóng trong bao bì BOPP/PE, AL-Foil sau 6 tháng bảo quản là 5,15 và 5,69, cao hơn nhiều so với sản phẩm đóng trong bao bì AL/PE, BOPP/AL/PE. Chỉ số peroxyt ở 3 loại bao bì này tăng không nhiều sau 6 tháng bảo quản, tương ứng với giá trị lần lượt là 2,85; 2,64 và 2,59. Điều này được giải thích là do lượng oxy thẩm thấu vào các mẫu được đóng trong các bao bì khác nhau tăng dần từ PE > BOPP/PE > AL-Foil > Al/PE > BOPP/Al/PE > PET/Al/PE, đây chính là tác nhân làm tăng chỉ số peroxyt của sản phẩm.

Để đánh giá chất lượng của bột giàu protein từ lòng trắng trứng muối trong thời gian bảo quản thì một chỉ tiêu rất quan trọng cần được kiểm tra là hàm lượng protein.

Ảnh hưởng của bao bì đến sự biến đổi hàm lượng protein của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối sau thời gian bảo quản được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của bao bì đến sự biến đổi hàm lượng protein (%) của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Loại bao bì	Bắt đầu	Sau 3 tháng	Sau 6 tháng
PE	79,72	78,26	77,21
AL-Foil	79,72	79,02	78,49
BOPP/PE	79,72	79,15	78,76
AL/PE	79,72	79,45	79,05
BOPP/AL/PE	79,72	79,37	79,00
PET/AL/PE	79,72	79,42	79,07
CV(%)		0,12	0,19
LSD0,05		0,06	0,05

Qua bảng 3 cho thấy, hàm lượng protein của sản phẩm khi được đóng trong các loại bao bì khác nhau đều giảm sau 6 tháng bảo quản, tuy nhiên mức độ tổn thất ở các mẫu có sự khác nhau rõ rệt. Sau 3 tháng bảo quản, hàm lượng

protein của bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối được đóng trong bao bì PE và AL-Foil có mức độ suy giảm nhiều nhất, từ 79,72 xuống còn 77,21% và 78,49%. Sau 6 tháng bảo quản, ở các bao bì Al/PE, BOPP/AL/PE, PET/AL/PE, sự giảm hàm lượng protein là không đáng kể và đều xấp xỉ 79%.

Tổng hợp tất cả các kết quả thu được từ các nghiên cứu nêu trên cho thấy, có thể lựa chọn màng Al/PE, BOPP/Al/PE và PET/Al/PE để làm bao bì cho sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối. Tuy nhiên, các loại màng 3 lớp có giá thành khá đắt. Chính vì vậy, khi xét về mặt hiệu quả kinh tế, chúng tôi lựa chọn loại Al/PE làm bao bì trong bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối.

Kết quả xác định thời hạn bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối

Việc xác định thời gian bảo quản sản phẩm phụ gia cho ngành chăn nuôi có ý nghĩa rất lớn. Xác định chính xác thời gian bảo quản có ý nghĩa quan trọng, giúp các doanh nghiệp chủ động trong sản xuất, chế biến, cũng như nâng cao được hiệu quả sử dụng sản phẩm. Ở các nghiên cứu trên, chúng tôi đã chọn được màng 2 lớp Al/PE do có khả năng chống ẩm, ngăn ngừa oxy và ánh sáng. Ở đây, chúng tôi sử dụng loại bao bì này để tiến hành các nghiên cứu xác định thời gian bảo quản sản phẩm với khối lượng đóng gói 2 kg sản phẩm/bao gói. Kết quả theo dõi sự biến đổi chất lượng của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối sau thời gian bảo quản 6, 9 và 12 tháng được trình bày ở các bảng 4-6.

Bảng 4. Sự biến đổi chất lượng của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Chỉ tiêu	Thời gian bảo quản (tháng)				CV(%)	LSD0,05
	0	6	9	12		
Độ ẩm (%)	6,95	7,0	7,08	7,11	1,48	0,19
Hàm lượng protein (%)	79,68	79,59	79,45	79,35	0,34	0,21
Hàm lượng lipid (%)	0,04	0,03	0,03	0,03	1,15	0,02
Hàm lượng tro (%)	3,48	3,45	3,33	3,0	1,00	0,01
Hàm lượng muối (%)	6,52	6,50	6,50	6,48	1,03	0,07
Chỉ số peroxyt (milli đương lượng/kg)	1,82	2,87	2,99	3,04	2,10	0,03

Qua bảng 4 cho thấy, độ ẩm của bột lòng trắng trứng muối tăng sau 12 tháng bảo quản, mức tăng chỉ là 0,16%. Hàm lượng protein, lipid, tro và muối giảm sau 12 tháng bảo quản, tuy nhiên mức giảm rất nhỏ, ảnh hưởng không đáng kể đến chất lượng dinh dưỡng của sản phẩm (các giá trị này vẫn nằm trong ngưỡng tiêu chuẩn của sản phẩm). Đặc biệt, chỉ số peroxyt có tăng nhưng mức tăng không nhiều sau 12 tháng bảo quản (từ 1,82 lên 3,04).

Đối với loại hình sản phẩm dạng bột thì màu sắc, trạng thái sản phẩm là những chỉ tiêu quan trọng quyết định chất

lượng sản phẩm. Vì vậy, việc đánh giá chất lượng cảm quan của sản phẩm bột lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản là rất quan trọng.

Chất lượng cảm quan của sản phẩm bột lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Chất lượng cảm quan của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Chỉ tiêu	Thời gian bảo quản (tháng)			
	0	6	9	12
Màu sắc	Màu đồng nhất, trắng ngà, không có màu lạ	Màu đồng nhất, trắng ngà, không có màu lạ	Màu đồng nhất, trắng ngà, không có màu lạ	Màu đồng nhất, trắng ngà, không có màu lạ
Mùi	Không có mùi cháy khét, mùi mốc hay mùi lạ khác	Không có mùi cháy khét, mùi mốc hay mùi lạ khác	Không có mùi cháy khét, mùi mốc hay mùi lạ khác	Không có mùi cháy khét, mùi mốc hay mùi lạ khác
Độ tinh khiết	Không có ngoại chất, xác sâu một...	Không có ngoại chất, xác sâu một...	Không có ngoại chất, xác sâu một...	Không có ngoại chất, xác sâu một...

Nhìn chung, chất lượng cảm quan của bột lòng trắng trứng vịt muối được bảo quản trong bao bì màng Al/PE có chất lượng khá ổn định, sau 12 tháng bảo quản chất lượng không thay đổi nhiều so với ban đầu. Sản phẩm vẫn giữ được mùi và trạng thái như trước khi bảo quản.

Chủng loại và số lượng vi sinh vật có mặt trong sản phẩm cũng là một trong những chỉ tiêu quan trọng đánh giá chất lượng của sản phẩm, hơn nữa nó còn thể hiện tính an toàn vi sinh đối với loại hình nguyên liệu này.

Qua thực tế cho thấy, bột lòng trắng trứng vịt muối là sản phẩm có độ ẩm thấp nên không thể tạo điều kiện cho vi khuẩn phát triển được mà hư hỏng chủ yếu là vì nấm men, nấm mốc phát triển do bột rất dễ bị hút ẩm trở lại. Vì vậy, cùng với việc xác định sự thay đổi của thành phần lý, hoá cũng như các chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm trong quá trình bảo quản chúng tôi cũng xác định sự thay đổi các chỉ tiêu vi sinh vật trong quá trình bảo quản. Kết quả được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6. Sự biến đổi vi sinh vật của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối trong thời gian bảo quản.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Hàm lượng sau thời gian bảo quản (tháng)			
		0	6	9	12
<i>E. coli</i>	MPN/g	0	-	-	-
Coliforms	MPN/g	0	-	-	-
<i>S. aureus</i>	CFU/g	0	-	-	-
<i>Cl. perfringens</i>	CFU/g	0	-	-	-
<i>Salmonellas</i>	CFU/g	0	-	-	-
Nấm men, nấm mốc	CFU/g	0	-	-	-
Tổng số VSVHK	CFU/g	42	42	42	42

Ghi chú: (-) không phát hiện.

Qua kết quả thu được ở bảng 6 cho thấy, chỉ tiêu vi sinh của sản phẩm khi được bao gói trong bao bì AL/PE và bảo quản trong thời gian 12 tháng là không đổi và đạt tiêu chuẩn của Bộ Y tế (Thông tư 05/2012/TT-BYT của Bộ Y tế về Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với ô nhiễm vi sinh vật trong thực phẩm).

Tổng hợp tất cả các kết quả thu được từ các nghiên cứu trong phần trên cho thấy, các chỉ tiêu lý, hóa, cảm quan cũng như vi sinh vật của bột lòng trắng trứng vịt muối được đóng trong bao bì Al/PE bảo quản 12 tháng gần như không thay đổi, đảm bảo an toàn, chất lượng cho người sử dụng.

Kết luận

Qua các kết quả nghiên cứu thu được, chúng tôi đã xác định được bao bì thích hợp sử dụng cho việc đóng gói bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối là màng phức hợp 2 lớp Al/PE. Khi sử dụng bao bì này, chất lượng của sản phẩm bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối hầu như

không biến đổi sau thời gian 12 tháng và chất lượng đảm bảo an toàn khi sử dụng làm nguyên liệu cho chế biến thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K.M. Lai, S.P. Chi, W.C. Ko (1999), “Changes in yolk stages of duck egg during long - term brining”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **4**, pp.733-736.
- [2] Nguyễn Anh Trinh, Nguyễn Thị Phước Thủy, Nguyễn Thị Thanh Thảo (2019), “Nghiên cứu sản xuất bột protein từ lòng trắng trứng vịt muối”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển, Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh*, **18(02)**, tr.119-130.
- [3] T. Kaewmanee, S. Benjakul (2009), “Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting”, *Food Chem.*, **112**, pp.560-569.
- [4] P. Ganesan, T. Kaewmanee, S. Benjakul., B.S. Baharin (2014), “Comparative study on the nutritional value of pidan and salted duck egg”, *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, **34(1)**, pp.1-6.

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, địa chỉ: khcnvn@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).

Dẫn nhập/đặt vấn đề

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 Y - dược học

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 63 - Number 1 - January 2021

Ghi nhận hình ảnh cắt lớp 3 chiều sử dụng hiệu ứng dịch chuyển pha Doppler với nguồn sáng phổ rộng.

Phạm Đức Quang, Bành Quốc Tuấn, Vũ Thanh Tùng, Lê Quang Thái, Nguyễn Quốc Đạt

Các tham số mật độ mức cập nhật của hạt nhân ^{153}Sm trong mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược.

Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang

Đa dạng thành phần loài cây tinh dầu khu vực Tây Nguyên và hoạt tính kháng vi sinh vật kiểm định, kháng viêm của tinh dầu Giổi chanh (*Magnolia citrata* Noot. & Chalermglin) và Mật hương (*Hedyosmum orientale* Merr. & Chun).

Lưu Đàm Ngọc Anh, Nguyễn Hải Đăng, Bùi Văn Hương, Ninh Khắc Bản, Nguyễn Chi Mai, Lưu Đàm Cư

Nghiên cứu phương pháp xác định hệ số phát tán CH_4 trong khai thác than lộ thiên ở vùng Quảng Ninh.

Hà Quang Anh, Lý Việt Hùng, Đào Văn Chi

Ứng dụng BIM lập mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Ngô Thanh Thủy, Nguyễn Quốc Chương, Đỗ Minh Truyền, Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Xuân Việt, Huỳnh Xuân Tín

Mô hình hóa cơ chế dẫn điện của vật liệu polyetylen mật độ thấp bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Hoàng Mai Quyền, Vũ Thị Thu Nga, Nguyễn Mạnh Quân, Severine Le Roy

Một phương pháp hiệu quả cho quá trình quét bề mặt phản xạ sử dụng Kinect v2.

Bùi Văn Biên, Bành Tiến Long, Phạm Đức An, Nguyễn Đức Toàn

Tổng hợp bột gốm sinh học β -TCP bằng phản ứng hai giai đoạn (thủy nhiệt và nung) định hướng ứng dụng làm vật liệu tái tạo xương.

Nguyễn Huỳnh Quốc Huy, Huỳnh Đại Phú, Lê Văn Thắng, Lâm Đại Phong, Đỗ Thị Ngọc Anh, Nguyễn Thái Hòa, Phạm Trung Kiên

Khảo sát điều kiện thu nhận axit gamma-aminobutyric từ dịch cám gạo bằng *Lactobacillus*.

Ngô Đại Hùng, Trần Quốc Tuấn, Nguyễn Thị Nhật Hằng, Ngô Đại Nghiệp, Võ Thanh Sang

Nghiên cứu chế tạo và một số tính chất của sợi polyvinylidene fluoride bằng phương pháp phun kéo sợi điện trường.

Nguyễn Thị Thu Thủy, Nguyễn Thế Hữu, Trịnh Thị Hải, Bùi Thị Thu Trang

Nghiên cứu phân tán nanoclay I30E vào nhựa epoxy và nhựa đường.

Nguyễn Thị Bích Thủy, Ngô Kế Thế, Trần Vĩnh Diệu, Nguyễn Nhị Trự, Nguyễn Văn Lâm, Trần Thị Lý, Ngô Thị Hồng Quế, Lê Nho Thiện, Lê Xuân Quang, Trần Thanh Hà, Nguyễn Mạnh Hà, Vũ Trung Hiếu, Lưu Thị Thu Hà, Nguyễn Thị Mỹ Trang, Nguyễn Mạnh Hùng

Nghiên cứu lựa chọn bao bì và thời gian bảo quản bột giàu protein từ lòng trắng trứng vịt muối.

Nguyễn Thị Lai, Phạm Hương Sơn, Nguyễn Thị Bình, Lê Thị Khánh Vân, Phạm Anh Đức

1 Reconstructing three-dimensional tomography image using Doppler phase shift effects with a broadband light source.

Duc Quang Pham, Quoc Tuan Binh, Thanh Tung Vu, Quang Thai Le, Quoc Dat Nguyen

6 Updated nuclear level density parameters of ^{153}Sm nucleus within the back-shifted Fermi gas model.

Ngoc Anh Nguyen, Xuan Hai Nguyen, Quang Hung Nguyen, Tan Phuc Le, Dinh Khang Pham

11 Diversity of oil plant resources in the Central Highlands region and antimicrobial, anti-inflammatory activities of essential oils of *Magnolia citrata* Noot. & Chalermglin and *Hedyosmum orientale* Merr. & Chun.

Dam Ngoc Anh Luu, Hai Dang Nguyen, Van Huong Bui, Khac Ban Ninh, Chi Mai Nguyen, Dam Cu Luu

16 Research on developing a method to estimate fugitive CH_4 emission factors of coal surface mining in Quang Ninh province.

Quang Anh Ha, Viet Hung Ly, Van Chi Dao

22 BIM application for the steel box girder overpass with reinforced concrete slabs at 550 crossroad, Binh Duong province.

Thanh Thuy Ngo, Quoc Chuong Nguyen, Minh Truyen Do, Truong Giang Nguyen, Xuan Viet Nguyen, Xuan Tin Huynh

27 Modelling the conduction mechanisms in low density polyethylene material using finite element method.

Mai Quyen Hoang, Thi Thu Nga Vu, Manh Quan Nguyen, Severine Le Roy

34 An efficient method for reflective surface scanning using Kinect v2.

Van Bien Bui, Tien Long Binh, Duc An Pham, Duc Toan Nguyen

39 Synthesise β -tricalcium phosphate (β -TCP) ceramic powder by 2 reaction steps: hydrothermal and calcination reaction toward bone tissue regeneration.

Huynh Quoc Huy Nguyen, Dai Phu Huynh, Van Thang Le, Dai Phong Lam, Thi Ngoc Anh Do, Thai Hoa Nguyen, Trung Kien Pham

42 Optimisation of culture conditions for gamma-aminobutyric acid production in rice bran extracts.

Dai Hung Ngo, Quoc Tuan Tran, Thi Nhat Hang Nguyen, Dai Nghiep Ngo, Thanh Sang Vo

49 Fabrication and characterization of polyvinylidene fluoride nanofibers prepared by electrospinning technique.

Thi Thu Thuy Nguyen, The Huu Nguyen, Thi Hai Trinh, Thi Thu Trang Bui

55 A study on the dispersion of I30E nanoclay in epoxy resin and bitumen matrix.

Thi Bich Thuy Nguyen, Ke The Ngo, Vinh Dieu Tran, Nhi Tru Nguyen, Van Lam Nguyen, Thi Ly Tran, Thi Hong Que Ngo, Nho Thien Le, Xuan Quang Le, Thanh Ha Tran, Manh Ha Nguyen, Trung Hieu Vu, Thi Thu Ha Luu, Thi My Trang Nguyen, Manh Hung Nguyen

60 Study on selection of packaging materials and shelf life of protein-rich powder produced from the egg whites of salted duck eggs.

Thi Lai Nguyen, Huong Son Pham, Thi Binh Nguyen, Thi Khanh Van Le, Anh Duc Pham