

KHẢO SÁT CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA VẬT LIỆU NANOCOMPOSITE – BẠC NANO/DIATOMITE CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU XẠ CHÙM TIA ĐIỆN TỬ

TRƯƠNG THỊ HẠNH, NGUYỄN THỊ THU, LÊ ANH QUỐC

Trung tâm Nghiên cứu & Triển khai Công nghệ Bức xạ

202A, Đường 11, P. Linh Xuân, Q. Thủ Đức, TP. HCM

Email: truongthihanh05@yahoo.com

Tóm tắt: Chiếu xạ chùm tia điện tử (EB) huyền phù diatomite (DA) trong dung dịch AgNO₃/chitosan, bạc nano (AgNPs) được tạo thành bởi sự khử *in situ* ion Ag⁺ tạo Ag nguyên tử và keo tụ trên diatomite. Hạt bạc nano hình cầu có đường kính 5-10 nm đạt được khi chiếu liều xạ từ 5 đến 25 kGy như quan sát thấy trên ảnh TEM. Nanocomposite - AgNPs/DA thể hiện những đặc trưng qua phổ UV-Vis với đỉnh phổ ở bước sóng 417- 422 nm. Phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) của DA và nanocomposite AgNPs/DA xác nhận hợp phần nguyên tố DA và AgNPs. Hoạt tính kháng khuẩn của vật liệu với các chủng vi khuẩn gây bệnh trên cá Tra như *Aeromonas hydrophila* và *Edwardsiella ictaluri* đã được khảo sát.

Từ khóa: *Chùm tia điện tử, bạc nano, diatomite, nanocomposite, chitosan, hoạt tính kháng khuẩn*

I. MỞ ĐẦU

Vật liệu nano và nanocomposite đã và đang được quan tâm bởi những ứng dụng tiềm năng của chúng trong thiết bị điện tử, sinh y, mỹ phẩm, trợ lọc thực phẩm, quang xúc tác và xử lý kháng khuẩn trong môi trường... [1, 2]. Hơn nữa, chúng đồng thời đã đạt được những cải tiến về tính chất vật lý, tương tác hóa học và các hiệu ứng sinh học [3]. Sự phát triển của vật liệu nano bằng cách kết hợp với các polyme hoặc với các hạt vô cơ đã trở thành một trong những hướng nghiên cứu mới [4]. Những vật liệu này có cả đặc tính của các thành phần cấu thành cũng như các hiệu ứng cộng hợp phát sinh từ sự tương tác của các hợp phần trong nanocomposite [5]. Do tính chất kháng khuẩn hiệu quả và độc tính thấp đối với tế bào động vật, bạc nano (AgNPs) đã trở thành một trong những vật liệu nano được sử dụng phổ biến trong các sản phẩm tiêu dùng [6]. Đặc biệt, AgNPs liên kết với silica xốp như gồm, montmorillonite, zeolite, diatomite... đã được sử dụng như chất diệt khuẩn trong lọc nước, chất chống gỉ, chất xúc tác và chất khử trùng... [7]. Hỗn hợp chứa AgNPs có hoạt tính kháng khuẩn cao kể cả vi khuẩn đa kháng thuốc như đã được công bố bởi một số nhà khoa học [8, 9]. Hiện nay, AgNPs được coi là chất diệt khuẩn “xanh” chống lại vi khuẩn trong môi trường thủy sinh như *Lactococcus garvieae*, *Streptococcus iniae* được phân lập từ cá hồi nhiễm bệnh trong ao nuôi [8]. Nếu được ổn định bởi một polyme như chitosan thì sẽ tạo được một vật liệu ưu việt bởi hoạt tính kháng khuẩn và thân thiện môi trường của chitosan. Những đặc điểm này xuất phát từ nhóm amin đã proton hóa R-NH₃⁺ của chitosan trong môi trường pH 5-6 [9, 10]. Ngoài ra, chitosan còn là chất kết dính - “binder” của AgNPs với các chất nền như silica trong diatomite hoặc zeolite [11]. Nghiên cứu, chế tạo composite gồm AgNPs/chitosan cố định trên chất nền như silica kiểm soát tác nhân gây nhiễm trong môi trường là sự thay đổi cần thiết thay thế cho việc sử dụng hóa chất [12].

Ở nước ta, nuôi trồng thủy hải sản được xác định là một ngành kinh tế mũi nhọn, đạt kim ngạch xuất khẩu cao. Tuy nhiên, thiệt hại do dịch bệnh gây ra từ môi trường là một trong những bất lợi. Hiện nay các bệnh do các vi khuẩn như *Edwardsiella ictaluri* (gây bệnh gan

thận mủ trên cá), *Edwardsiella tarda* (gây bệnh nhiễm khuẩn máu), *Aeromonas hydrophila* (gây bệnh đốm đỏ) đã và đang gây thiệt hại lớn cho người nuôi cá thâm canh. Tỷ lệ cá chết do nhiễm bệnh rất cao. Việc phát hiện và xử lý sớm môi trường nước bị nhiễm khuẩn là vô cùng cần thiết tránh gây thiệt hại về kinh tế. Tuy nhiên, sự lạm dụng kháng sinh trong nuôi trồng thủy, hải sản dẫn đến sự kháng thuốc của vi khuẩn, sự tồn dư trong môi trường và không an toàn cho người sử dụng [13]. Vì vậy, trong công trình này, chúng tôi đã sử dụng kỹ thuật chiếu xạ chùm tia điện tử (EB) để chế tạo vật liệu nanocomposite (bạc nano/diatomite) từ nguồn nguyên liệu tự nhiên là diatomite (DA) chứa 63% silica. Hoạt tính kháng khuẩn của vật liệu được thực nghiệm *in vitro* đối với 2 hai chủng vi khuẩn gây bệnh gồm *Edwardsiella ictaluri* (gây bệnh gan thận mủ trên cá) và *Aeromonas hydrophila* (gây bệnh đốm đỏ) trên cá Tra.

II. NỘI DUNG

II.1. Đối tượng và phương pháp

Diatomite được mua từ công ty diatomite Phu Yen với hàm lượng $\text{SiO}_2 \sim 63\%$, kích thước hạt trung bình $70 \mu\text{m}$. Chitosan sử dụng với độ deacetyl (DD) $\sim 80\%$ and $M_w = 1,06 \times 10^5$. Các hóa chất như bạc nitrate (AgNO_3), (S)-lactic acid (90%), sodium hydroxide (NaOH) là những hóa chất tinh khiết. Nước cất được sử dụng cho các thí nghiệm.

Trong nghiên cứu này, bạc nano cố định trên silica của diatomite đạt được bằng phương pháp tổng hợp *in-situ*. Ở đây, những ion Ag^+ đã hấp phụ trên silica được khử tạo thành Ag^0 nguyên tử bởi các điện tử solvate hóa (e^-_{aq}) hoặc gốc tự do $\cdot\text{H}$ sinh ra khi chiếu xạ, đồng thời liên kết trên silica.

Nanocomposite AgNPs/DA được chế tạo từ hỗn hợp huyền phù gồm AgNO_3 10 mM/DA/chitosan 1% với tỉ lệ $\text{DA}/\text{Ag}^+ = 1:5$ (m/v, g/ml) bằng cách chiếu xạ. Mẫu được đóng gói trong túi PE và được chiếu xạ trên máy gia tốc UELR-10-15S2.

Các đặc trưng của vật liệu AgNPs/DA được đánh giá từ các kết quả ghi đo phổ UV-Vis, ảnh chụp kính hiển vi điện tử truyền qua TEM (Transmission Electron Micrography), phổ tán sắc năng lượng tia X- EDX (Energy dispersive X-ray). Xác định hàm lượng bạc nano trên DA qua phép phân tích phổ phát xạ nguyên tử cảm ứng plasma (Inductively couple plasma atomic emission spectroscopy, ICP-AES).

Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn qua sự giảm số khuẩn lạc sống sót trên môi trường BHIA (Brain Heart Infusion Agar) của mẫu AgNPs/DA so với mẫu đối chứng (nước khử trùng) như công thức trong chuẩn AATCC Test Method 100-2004 [14]. Dịch nuôi cấy vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri* và *Aeromonas hydrophila* được pha loãng trong môi trường LB đến mật độ 10^4 và 10^3 CFU/ml, tương ứng. Cho lượng mẫu vào dịch khuẩn với tỉ lệ 0,2 g/10 ml, lắc đều, sau 3 giờ và 24 giờ tiếp xúc, hỗn dịch được trải đĩa và ủ. Đếm số vi khuẩn trên môi trường BHIA sau 24 giờ. Hiệu ứng kháng khuẩn được xác định dựa trên số khuẩn lạc sống sót trên đĩa sau thời điểm tiếp xúc 0 giờ, 3 giờ và 24 giờ tương ứng.

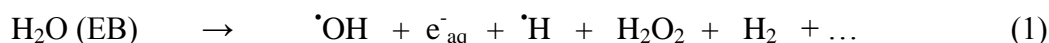
II.2. Kết quả

- Đã chế tạo được nanocomposite AgNPs/DA, với kích thước hạt AgNPs từ 5-10 nm ứng với liều xạ hấp thụ từ 5-25 kGy bằng phương pháp chiếu xạ chùm tia điện tử huyền phù gồm AgNO_3 10mM/DA/dung dịch chitosan 1%.
- Đặc trưng của AgNPs trong nanocomposite được biểu thị qua kết quả các phép đo UV-Vis, ảnh chụp TEM và phổ EDX.
- Hiệu ứng kháng khuẩn *Edwardsiella ictaluri* và *Aeromonas hydrophila* gây bệnh cho cá Tra trên môi trường BHIA có AgNPs/DA so với đối chứng (nước khử trùng) là 100 % ở điều kiện thực nghiệm trên.

II.3. Bàn luận

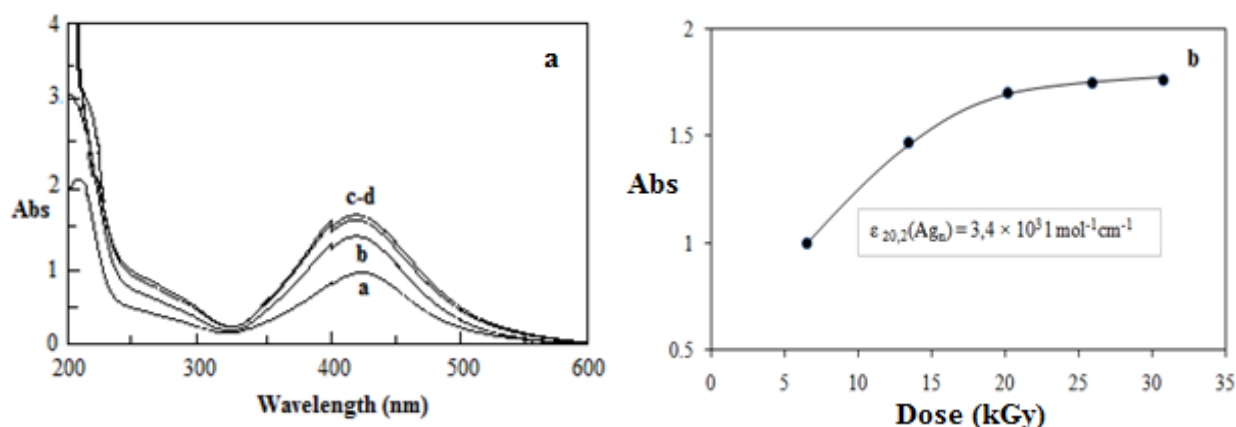
II.3.1. Hiệu suất khử xạ ly(G) của ion Ag^+ tạo Ag nano trong hệ dị thể silic - dioxite /nước:

Trước khi chiếu xạ dung dịch AgNO_3 trong diatomite, hỗn hợp được khuấy mạnh để hấp phụ các ion Ag^+ trên bề mặt và gắn trên vùng vô định hình của silic dioxit (SiO_2) trong diatomite. Những sản phẩm xạ ly của nước như sau:



Electron hydrate (e_{aq}^-) với $E^\circ(\text{H}_2\text{O}/e_{\text{aq}}^-) = -2.87 \text{ V}_{\text{NHE}}$ và gốc $\cdot\text{H}$ với $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}) = -2.3 \text{ V}_{\text{NHE}}$ được phát sinh bởi sự xạ ly của nước có thể khử ion Ag^+ hấp phụ trong DA tạo Ag nguyên tử rồi keo tụ tạo Ag nano bởi hiệu ứng bức xạ trong dung dịch huyền phù [15]. Ngược lại, các gốc $\cdot\text{OH}$ là các chất oxy hóa rất mạnh với $E^\circ(\cdot\text{OH}/\text{H}_2\text{O}) = +2.7 \text{ V}_{\text{NHE}}$ có thể oxy hóa các nguyên tử Ag, tuy nhiên trong hỗn hợp huyền phù, các phân tử chitosan cũng có thể bắt các gốc $\cdot\text{OH}$ tạo gốc tự do [16]. Phân tử này cũng đóng góp vào sự khử Ag^+ trong chitosan thành Ag^0 . Vì vậy, chitosan ngoài vai trò là chất ổn định còn là một chất bắt gốc $\cdot\text{OH}$ thay ethanol.

Phổ UV-vis của dung dịch keo AgNPs từ huyền phù AgNO_3/DA đã chiếu xạ được thể hiện trong hình 1a. Các dung dịch keo AgNP đã hiển thị cực đại pic (λ_{max}) trong khoảng từ 417- 422 nm với độ hấp thụ tăng tương ứng với liều xạ EB từ 6,5 đến 20,2 kGy. Tuy nhiên, tại liều cao hơn 20,2 kGy (25,9 và 30,8 kGy), hấp thụ quang thay đổi không đáng kể. Do đó, liều 20,2 kGy có thể xem là tối ưu để chuyển hóa hoàn toàn 10 mM AgNO_3 thành AgNPs theo tỷ lệ hỗn hợp ban đầu $\text{DA}/\text{Ag}^+ = 1: 5$ (m/v, g/ml. Hàm lượng AgNPs trên DA được xác định 0,13% bằng phương pháp phân tích ICP-AES.

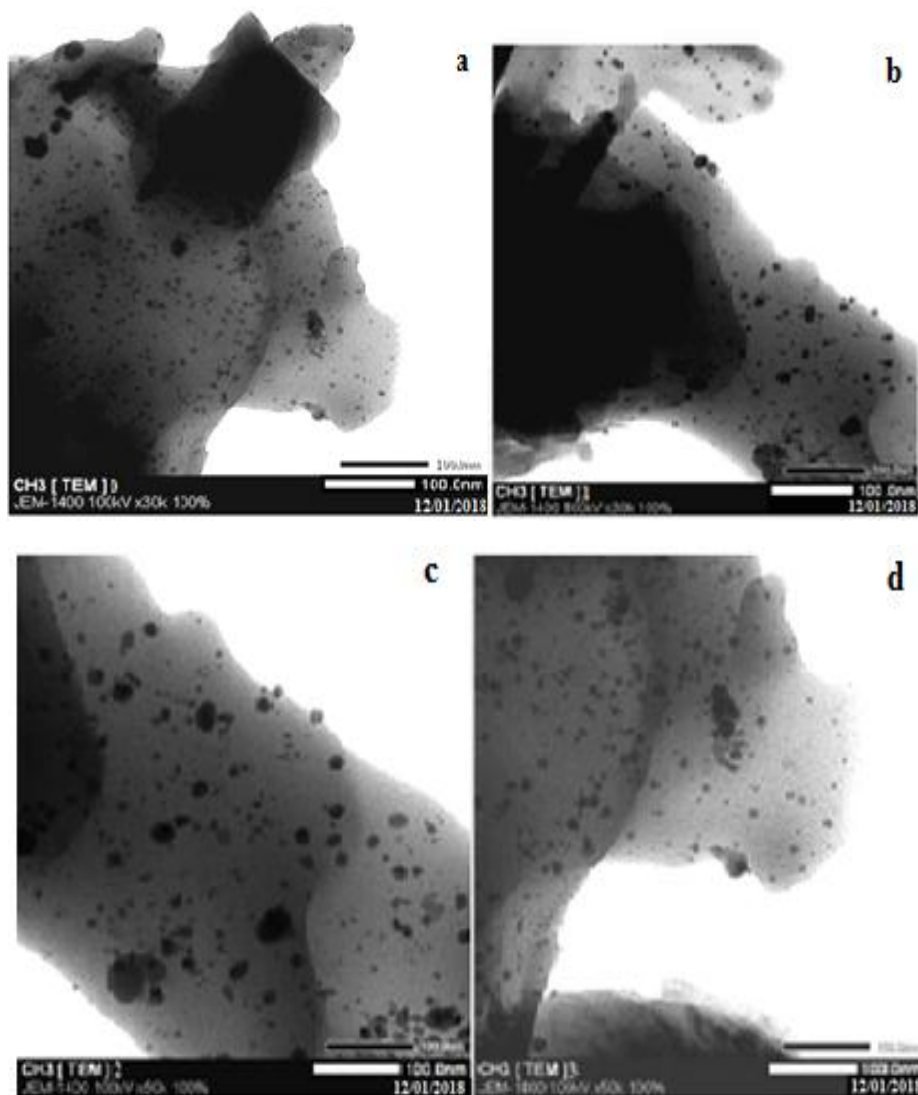


Hình 1: a) Phổ UV-Vis của keo AgNPs: a) 6,5 kGy, b) 13,4 kGy, c) 20,2 kGy và 25,9 kGy
b) Mối liên quan giữa độ hấp thụ quang cực đại và liều xạ

Mối liên quan giữa hấp thụ quang và liều xạ được thể hiện trong hình 1b. Hệ số tắt phân tử của keo bạc nano tại $\lambda = 420 \text{ nm}$ suy từ độ hấp thụ quang ổn định và nồng độ nguyên tử Ag là 10 mM (10^{-2} M) tại 20,2 kGy: $\epsilon_{20,2}(\text{Ag}_n) = 3,4 \times 10^3 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Nếu hệ số tắt phân tử được sử dụng ở bất kỳ liều nào thì hiệu suất khử xạ ly (G_{red}) ở 20,2 kGy được xác định là $G_{\text{red}} = 0,49 \mu\text{mol} \cdot \text{J}^{-1}$. Giá trị này thấp hơn $G_{\text{red}} = 0,57 \mu\text{mol} \cdot \text{J}^{-1}$ của 10 mM AgNO_3 trong dung dịch chitosan 1% không có diatomite tại 17,6 kGy [16]. Sự chênh lệch này có thể được giải thích rằng, trong một hệ dị thể chiếu xạ, khi hai pha thành phần là đáng kể về khối lượng thì năng lượng ion hóa sẽ được hấp thụ bởi hai pha. Do đó, G_{red} của nước hấp phụ trong hệ dị thể gồm silica/nước thấp hơn G_{red} của nước “tự do”. Le Caër đã nghiên cứu bức xạ nước hấp phụ trên những oxit khác nhau và cho thấy rằng, sự khác nhau về năng lượng gắn kết và năng lượng truyền giữa pha rắn và dung dịch hấp phụ có thể tương ứng với sự thay đổi liều hấp thụ cũng như hiệu suất khử bức xạ [17].

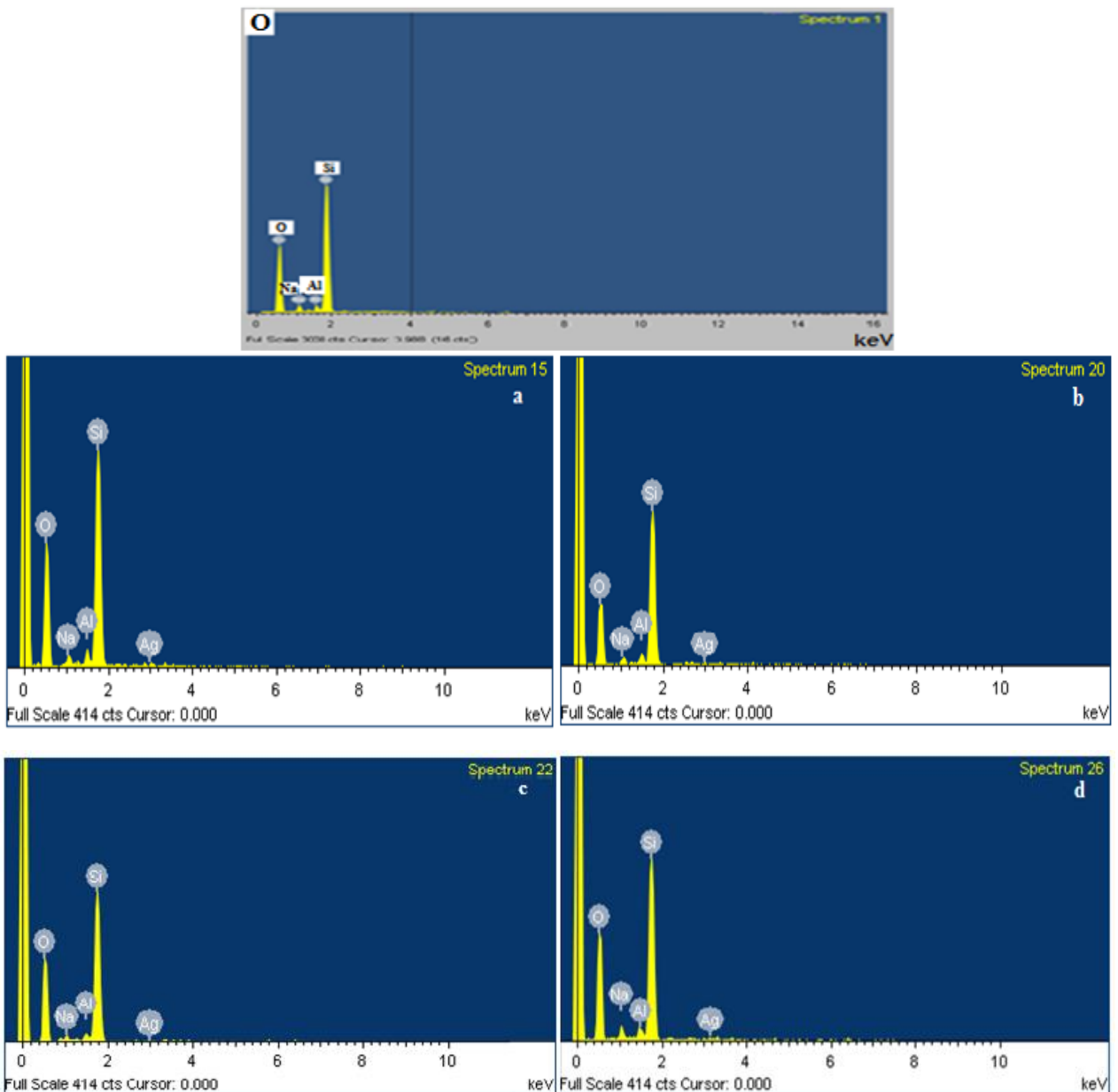
II.3.2. Những đặc trưng hóa lý của nanocomposite AgNPs/DA

Trong quá trình chiếu xạ EB của dung dịch huyền phù AgNO_3 /chitosan trong diatomite, các nguyên tử Ag^0 được hình thành bởi sự khử ion Ag^+ của điện tử solvat hóa (e^-_{aq}) và các gốc $\cdot\text{H}$. Sự khử liên tục của các ion Ag^+ keo tụ thành nhóm hạt “cluster” AgNPs đồng thời gắn lên silic dioxit (SiO_2) trong DA theo phương pháp khử *in-situ*. Ở đây, liều hấp thụ đóng một vai trò quan trọng trong sự hình thành và phát triển kích thước hạt AgNPs. Các hạt bạc nano tăng kích thước với sự gia tăng liều hấp thụ, khi các thông số như năng lượng chùm tia, cường độ dòng và nồng độ ban đầu của dung dịch chiếu xạ là tương tự. Mật độ e^-_{aq} và $\cdot\text{H}$ tăng theo liều xạ do đó phản ứng khử Ag^+ và keo tụ tạo AgNPs ở liều cao có ưu thế hơn so với liều thấp [18].



Hình 2: Ảnh TEM của nanocomposite - AgNPs/DA tại liều xạ a) 6,5; b) 13,4; c) 20,2 và d) 25,9 kGy ứng với kích thước hạt: 5,5; 6,9; 9,3 và 8,9 nm

Ảnh TEM của nanocomposites - AgNPs/DA được hình thành từ 10mM AgNO_3 ở các liều xạ EB khác nhau. Kết quả cho thấy rằng AgNPs có dạng hình cầu được phân tán tốt không keo tụ trên bề mặt diatomite, kích thước hạt đồng đều. Đường kính trung bình của AgNPs được xác định từ ảnh TEM là: $5,5 \pm 1,0$ nm; $6,9 \pm 1,2$ nm; $9,3 \pm 1,3$ nm và $8,9 \pm 1,0$ nm tương ứng với các liều xạ: 6,5; 13,4; 20,2 và 25,9 kGy. Ở liều cao (25,9 kGy), chiếu xạ cắt mạch chitosan đã tăng số chuỗi mạch chitosan và đã ức chế sự keo tụ. Hơn nữa, hạt AgNPs trong DA (silica) phân tán tốt, vì vậy đường kính hạt được xác định $<10\text{nm}$ [19].

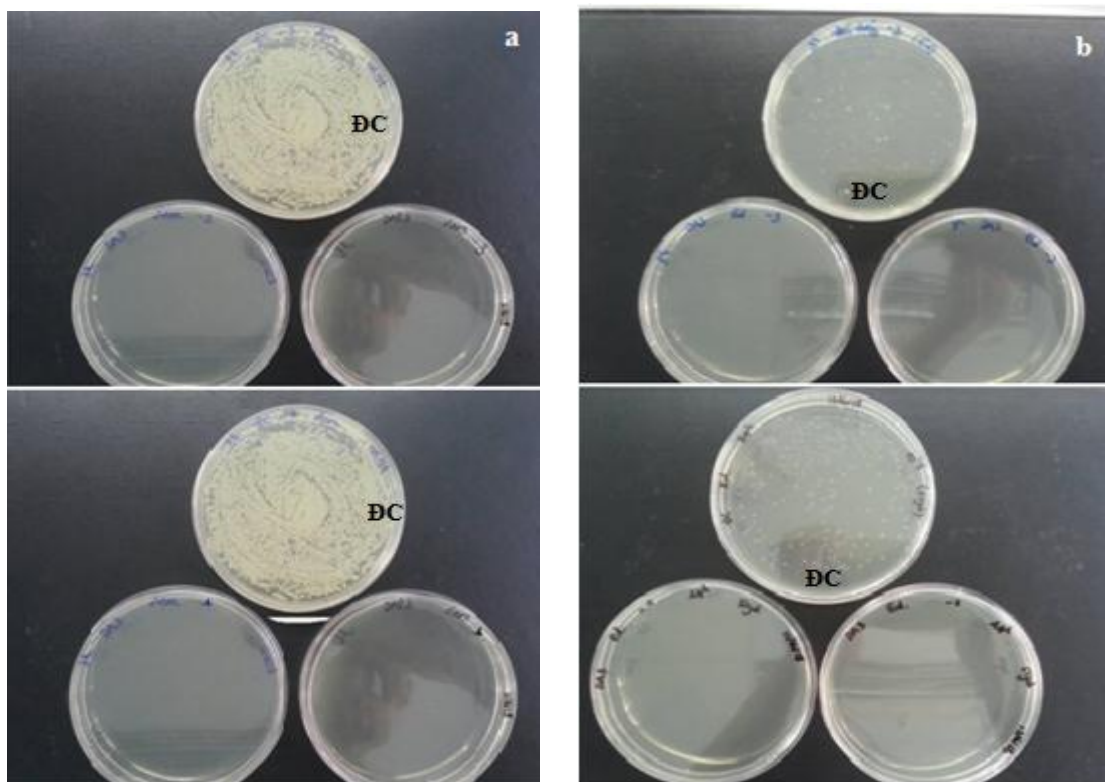


Hình 3: Phổ tán sắc năng lượng tia X của các mẫu DA (O), nanocomposite -AgNPs/DA: a) 6,5; b) 13,4; c) 20,2 và d) 25,9 kGy.

Phổ EDX của DA có những đỉnh của các nguyên tố O, Na, Al và Si tại 0,5; 1,1; 1,5 và 1,8 keV tương ứng (Hình 3O). Ngoài ra, phổ EDX của nanocomposite AgNPs/DA được chế tạo ở các liều xạ 6,5; 13,4; 20,2 và 25,9 kGy có thêm đỉnh mới tại 3 keV, đặc trưng cho Ag ngoài hợp phần nguyên tố như DA (Hình 3a, b, c, d).

II.3.3. Hoạt tính kháng khuẩn của nanocomposite AgNPs/DA

Trong công trình trước, chúng tôi đã đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của nanocomposite AgNPs/DA đối với các chủng vi khuẩn *E. coli* và *S. aureus* với nồng độ 10^8 CFU/ml. Hiệu ứng kháng *E. coli* và *S. aureus* được thể hiện qua đường kính vùng ức chế và sự giảm số khuẩn lạc sống sót trên môi trường cấy dịch khuẩn [20]. Theo nhiều tác giả, vật liệu silica rất phù hợp để làm giá thể cho tác nhân kháng khuẩn hoặc phân phối thuốc như vắc-xin ngừa bệnh cho cá trong môi trường thủy sản [21, 22].



Hình 4: Thử nghiệm kháng khuẩn với a) *Aeromonas hydrophila* và b) *Edwardsiella ictaluri* trên môi trường BHIA của mẫu đối chứng (có khuẩn lạc) và AgNPs/DA (không khuẩn lạc).

Trong nghiên cứu này, DA chứa ~ 63% silica cố định 0,13% AgNPs được sử dụng cho thử nghiệm đối với các chủng *Aeromonas hydrophila* và *Edwardsiella ictaluri* gây bệnh trên cá Tra từ môi trường nước. Hình 4 biểu thị sự phát triển vi khuẩn với nồng độ 10^3 và 10^4 trên các đĩa môi trường BHIA. Số khuẩn lạc tăng trưởng nhanh (overgrowth) trên các mẫu đối chứng (ĐC) không chất kháng khuẩn. Ngược lại, các đĩa có nanocomposite AgNPs/DA hầu như không có sự sống sót của vi khuẩn, hiệu ứng kháng khuẩn là 100%. Nanocomposite AgNPs/DA đã ức chế hiệu quả sự phát triển của vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri* và *Aeromonas hydrophila*. Kết quả này cho thấy sử dụng $AgNO_3$ nồng độ 10 mM, chiếu xạ 20 kGy là phù hợp cho sử dụng vật liệu ức chế vi khuẩn nhiễm bệnh cho cá. Xử lý kháng khuẩn bằng AgNPs đã được công nhận bởi nhiều chuyên gia trên thế giới, Swain và cộng sự cũng đã chế tạo AgNPs 10 mM bền hóa trong axit chanh kháng khuẩn cao và đặc biệt với *A. hydrophila* gây bệnh cho cá [23]. Vật liệu nanocomposite AgNPs/DA trong công trình này phù hợp cho hướng ứng dụng mới để xử lý môi trường thủy sản bị nhiễm khuẩn như cá Tra.

III. KẾT LUẬN

Đã chế tạo được vật liệu nanocomposite - AgNPs/DA bằng phương pháp chiếu xạ chùm tia điện tử. AgNPs trong nanocomposite được xác nhận bởi phổ UV-Vis, ảnh chụp TEM và phổ EDX. Đặc tính kháng khuẩn của AgNPs/DA được minh chứng bởi sự ức chế quá trình phát triển các vi khuẩn *Aeromonas hydrophila* và *Edwardsiella ictaluri* gây bệnh trên cá Tra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Jone C.M., Hoek E.M.V. "A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment", *Journal of Nanoparticle Research*, 12, 1531-1551, 2010.

2. Baker C., Pradhan A., Pakstis L., Pochan D.J., Shah S.I. "Synthesis and antibacterial properties of silver nanoparticles", *Journal of Science and Technology*, 5 (2), 244-249, 2005.
3. Hussain F., Hojjati, M., Okamoto, M., Gorga, R.E. "Polymer-matrix nanocomposites, processing, manufacturing and application: An overview", *Journal of Composite Materials*, 40, 1511-1575, 2006.
4. Jeon I.Y., Baek J.B. "Nanocomposites Derived from Polymers and Inorganic Nanoparticles", *Materials*, 3, 3654-3674, 2010.
5. Nahrawy A.M.El, Abou Hammad A.B., Turkey G., Elnasharty M.M.M., Youssef, A.M. "Synthesis and characterization of hydrid chitosan-calcium silicate nanocomposite prepared using sol-gel method", *International Journal of Advanced Engineering Technology Computer Sciences*, 2 (1), 9-14, 2015.
6. Firdhouse M.J., Lalitha P. "Biosynthesis of silver nanoparticles and its applications", *Journal of Nanotechnology*, Article ID 829526, 18 pages, 2015.
7. Lv. Y., Liu H., Wang Z., Liu S., Hao. L., Sang Y., Liu D., Wang J., Boughton R.I. "Silver nanoparticle-decorated porous ceramic composite for water treatment", *Journal of Membrane Science*, 331, 50-56, 2009.
8. Raissy M., Ansari M. *In vitro* antimicrobial effect of silver nanoparticles on *Latococcus garvieae* and *Streptococcus iniae*, *African Journal of Microbiology Research*, 5(25), 4442-4445, 2011
9. Hanh T.T., Thu N.T., Hien N.Q., An P.N., Loan T.T.K., Hoa P.T. "Preparation of silver nanoparticles fabrics against multidrug-resistant bacteria", *Radiation Physics and Chemistry*, 121, 87-92, 2016.
10. Rejane C.G., Douglas B., Odilio B.G.A. "A review of the antibacterial activity of chitosan", *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 19 (3), 241-247, 2009.
11. Shameli K., Ahmad M.B., Mohsen Z., Yunis W.Z., Ibrahim N.A., Shabanzadeh P., Moghaddam M.G. "Synthesis and characterization of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites by chemical reduction method and their antibacterial activity", *International Journal of Nanomedicine* 6, 271-284, 2011.
12. Vijayakumar S., Vaseeharan B., Malaikozhundan B., Gobi N., Ravichandran S., Karthi S., Ashokkumar B., Sivakumar N. "A novel antimicrobial therapy for the control of *Aeromonas hydrophila* infection in aquaculture using marine polysaccharide coated gold nanoparticle", *Microbial Pathogenesis*, 110, 140-151, 2017.
13. Julio C. M. M., Aida H. P., Maria D. C., Monroy D., Jorge C. M., Jaime A. B. M. "Silver nanoparticles applications (AgNPS) in aquaculture", *International Journal of Fisheries and Aquatic studies*, 6(2), 5-11, 2018.
14. AATCC Test Method 100-2004, *The American Association of Textile Chemists and Colorists USA* 142, 2009.
15. Linnert T., Mulvaney P., Henglein A., Weller H. "Long-lived nonmetallic silver clusters in aqueous solution: preparation and photolysis", *Journal of the American Chemical Society*, 112, 4657- 4664, 1990.
16. Hanh T.T., Thu N.T., Hien N.Q., An P.N., Loan T.T.K., Hoa P. T. "Preparation of silver nanoparticles fabrics against multidrug-resistant bacteria", *Radiation Physics Chemistry*, 121, 87-92, 2016.

17. Caër S.L. “Water radiolysis: Influence of oxide surfaces on H₂ production under ionizing radiation”, *Water*, 3, 235-253, 2011.
18. Kang H. S., Kim B., Park J. H., Kim W. K., Koo Y. H., Bae H. B., Park C., Lee B. C. “Size Control Technology of Silver Nanoparticles Using Electron Beam Irradiation”, *Bulletin of The Korean Chemical Society*, 34, 3899-3902, 2013.
19. Egger S., Lehmann R.P., Height M.J., Loessner M.J., Schuppler M. “Antimicrobial properties of a novel silver-silica nanocomposite”, *Applied and environmental microbiology*, 75(9), 1973-2976, 2009.
20. Hanh T.T., Thu N.T., Quoc L.A., Hien N.Q., Synthesis and characterization of silver/diatomite nanocomposite by electron beam irradiation, *Radiation Physics and Chemistry*, 139, 141-146, 2017.
21. Mosselhy D.A., Granbohm H., Hynönen U., Ge Y., Palva A., Nordström K., Hannula S.P. “Nanosilver-silica composite: Prolonged antibacterial effects and bacterial interaction mechanisms for wound dressings”, *Nanomaterials* 7, 261-279, 2017.
22. Stromme M., Brohede U., Atluri R., Garcia-Bennetts A.E. “Mesoporous silica base nanomaterials for drug delivery: Evaluation of structural properties associated with release rate”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology* 1, 140-148, 2009.
23. Swain P., Nayak S. K., Sasmal A., Behera T., Barik S. K., Swain S. K., Mishra S. S, Sen A. K., Das J. K., Jayasankar P. “Antimicrobial activity of metal based nanoparticles against microbes associated with diseases in aquaculture”, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30, 2491–2502, 2014.

INVESTIGATION OF CHARACTERIZATIONS OF NANOCOMPOSITE-SILVER NANOPARTICLES/DIATOMITE PREPARED BY ELECTRON BEAM IRRADIATION METHOD

TRUONG THI HANH, NGUYEN THI THU, LE ANH QUOC

Research and Development Center for Radiation Technology

202A, Street 11, Linh Xuan Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City

Email: truongthihanh05@yahoo.com

Abstract: Electron beam (EB) irradiation of suspension including diatomite (DA) in AgNO₃/chitosan solution, silver nanoparticles (AgNPs) were formed by *in situ* reduction of Ag⁺ ions to Ag⁰ atoms and aggregation on DA. The AgNPs were spherical with an average diameter of 5-10 nm obtained by EB irradiation with absorbed doses ranging from 5 to 25 kGy as observed from TEM images. Nanocomposites – AgNPs/DA were characterized by UV-Vis spectra with the maximal peak at around 417- 422 nm. Energy dispersive X-ray (EDX) spectra for DA and AgNPs/DA nanocomposites confirmed the presence of elemental compounds in DA and AgNPs. The antibacterial activity of the AgNPs/diatomite against pathogens in Tra catfish such as *Aeromonas hydrophila* and *Edwardsiella ictaluri* was evaluated.

Keywords: *Electron beam, silver nanoparticles, diatomite, nanocomposite, chitosan, antibacterial activity*