

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI DỆT NHUỘM BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHIẾU XẠ CHÙM TIA ĐIỆN TỬ KẾT HỢP VỚI XỬ LÝ SINH HỌC

NGUYỄN THỊ KIM LAN¹, NGUYỄN NGỌC DUY¹, CHU NHỰT KHÁNH¹, NGUYỄN
CHÍ THUẦN¹, DƯƠNG THỊ GIÁNG HƯƠNG², NGUYỄN QUỐC HIẾN¹

¹Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam,
202A, Đường 11, Phường Linh Xuân, Quận Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Sài Gòn, 273 An Dương Vương, Phường 3, Quận 5, Tp. Hồ Chí Minh

Email: lktnghuyen345@gmail.com

Tóm tắt: Ô nhiễm môi trường, đặc biệt môi trường nước rất được quan tâm hiện nay. Quá trình xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp chiếu xạ chùm tia điện tử (EB) cho thấy ưu điểm không sử dụng các phụ gia độc hại và không tạo bùn thải thứ cấp. Trong nghiên cứu này, nước thải dệt nhuộm được xử lý bằng phương pháp chiếu xạ EB trong khoảng liều xạ thấp 0,5-2 kGy kết hợp với xử lý sinh học. Ngoài ra, nghiên cứu kết hợp chiếu xạ EB và tác nhân oxy hoá H₂O₂ nhằm làm giảm liều chiếu xạ cũng được thực hiện. Kết quả cho thấy sau khi chiếu xạ EB kết hợp với xử lý sinh học và H₂O₂, chỉ số độ màu của nước thải trong khoảng cho phép theo cột B của quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp dệt nhuộm (QCVN 13-MT/2015/BTNMT), đủ điều kiện xả thải ra môi trường. Nghiên cứu xử lý nước thải dệt nhuộm bằng chiếu xạ EB kết hợp với phương pháp sinh học cho thấy làm tăng khả năng xử lý hiệu quả nước thải dệt nhuộm, góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường.

Từ khóa: Nước thải dệt nhuộm, chiếu xạ chùm tia điện tử, xử lý sinh học

I. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, ô nhiễm môi trường là vấn đề hàng đầu đặt ra cho toàn cầu nói chung và Việt Nam nói riêng. Việc gia tăng dân số và phát triển công nghiệp đã dẫn đến ngày càng nhiều các chất độc hại được thải vào môi trường. Các chất độc hại này có đặc tính tương đối bền vững, khó bị phân hủy sinh học, lan truyền và tồn dư một thời gian dài trong môi trường có thể gây nên các bệnh tật liên quan đến ô nhiễm và làm ấm lên khí hậu toàn cầu [1].

Trong công nghiệp chế tạo, ngành dệt nhuộm là phân khúc quan trọng giải quyết việc làm cho một lượng lớn lao động. Tuy nhiên, một trong những vấn đề chính mà ngành công nghiệp dệt nhuộm phải đối mặt là xử lý nước thải [2, 3]. Quá trình dệt nhuộm được thực hiện thông qua môi trường nước và tạo ra một lượng lớn nước thải. Cần khoảng 70-150 lít nước để xử lý 1 kg vải sợi. Trong nước thải dệt nhuộm có nhiều tác nhân gây hại cho môi trường và sức khỏe con người bao gồm chất rắn phân tán, hóa chất tạo màu, mùi. Thuốc nhuộm trong nước thải có thể tạo màu và gây ra một số bệnh như xuất huyết, viêm loét da, buồn nôn,... Các chất màu trong nước thải ngăn ánh sáng mặt trời từ bề mặt nước và cản trở quá trình quang hợp. Chất màu làm tăng nhu cầu oxy sinh học (BOD) của nước và làm giảm quá trình tái tạo oxy do đó cản trở sự phát triển của sinh vật quang dưỡng. Vì vậy, nước thải dệt nhuộm cần được xử lý loại bỏ các chất ô nhiễm trước khi thải ra môi trường. Các phương pháp hóa lý như hấp phụ, keo tụ, lọc, oxi hóa đã được ứng dụng để xử lý nước thải dệt nhuộm cho thấy hiệu quả nhất định nhưng lại tạo ra bùn thải thứ cấp cần tiếp tục xử lý [3]. Phương pháp sinh học sử dụng bùn hoạt tính để xử lý nước thải dệt nhuộm có thể làm giảm COD hiệu quả nhưng không thể khử màu hoàn toàn và cần không gian xử lý lớn [2, 4-6]. Vì vậy, sử dụng công nghệ chiếu xạ chùm tia điện tử (EB) để xử lý phân hủy chất ô nhiễm trong nước thải, khí thải, bùn thải đang được quan tâm nghiên cứu hiện nay. Ưu điểm chính của phương pháp chiếu xạ EB là gốc tự do hoạt tính được tạo ra trong quá trình xạ ly nước mà không cần sử dụng hóa chất độc hại, không tạo bùn thải thứ cấp, tốc độ xử lý cao và quá trình xử lý ở nhiệt độ thường [7-8].

Tuy nhiên, cần liều xạ cao trên 20 kGy để khoáng hóa hoàn toàn nước thải dệt nhuộm sẽ khó cạnh tranh hiệu quả kinh tế so với các phương pháp truyền thống hiện nay [9]. Hiệu quả xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp chiếu xạ EB có thể được tăng cường khi sử dụng kết hợp hydrogen peroxid (H_2O_2). Sử dụng H_2O_2 có thể làm gia tăng hiệu quả xử lý nước thải dệt nhuộm do tăng nồng độ gốc $\cdot OH$ tạo thành trong quá trình chiếu xạ [10-11]. Trong nghiên cứu này, phương pháp chiếu xạ EB ở liều xạ thấp kết hợp với xử lý sinh học được thực hiện để tăng cường khả năng phân huỷ thuốc nhuộm trong nước thải dệt nhuộm.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

II.1. Lấy mẫu nước thải và chiếu xạ

Nước thải được lấy trực tiếp từ bể điều hoà phân xưởng nhuộm của nhà máy dệt nhuộm và được xác định thông số nồng độ màu đặc trưng. Phương pháp lấy mẫu, lưu mẫu: theo TCVN 6663-1:2011. Nước thải được cho vào can nhựa có nắp vặn kín và được bảo quản ở nhiệt độ $0^{\circ}C-4^{\circ}C$, tránh ánh sáng trực tiếp trong thời gian 24h.

Nước thải từ phân xưởng nhuộm được lọc qua cột lọc cát, sỏi để loại chất rắn lơ lửng (SS) trước khi tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

Các mẫu nước thải sau lọc cho vào hộp nhựa có nắp đậy, mỗi hộp chứa 4 lít mẫu với chiều dày dung dịch của mẫu nước thải là 2,5 cm và được ký hiệu lần lượt là PK-0K, PK-0,5K, PK-1K, PK-2K, PK-1K-OXH10. Riêng mẫu PK-1K-OXH10, dung dịch H_2O_2 10mM được thêm vào để khảo sát hiệu quả xử lý màu của nước thải với sự ảnh hưởng của tác nhân oxi hoá. Sau đó, các mẫu PK-0,5K, PK-1K, PK-2K và PK-1K-OXH10 được chiếu xạ trên máy gia tốc chùm tia điện tử UERL-10-15S2 tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ với liều xạ lần lượt là 0,5, 1, 2 và 1 kGy.

II.2. Mô hình sinh học hiếu khí (aeroten) sau chiếu xạ

Nước thải sau chiếu xạ được cho xử lý trong mô hình bùn hoạt tính hiếu khí (đã thích nghi trong điều kiện phòng thí nghiệm) dung tích 4 lít, với lưu lượng sục khí là $0,5 m^3/giờ/m^3$ nước (Hình 1).



Hình 1. Mô hình thí nghiệm sinh học hiếu khí (aeroten)

Quy trình vận hành như sau: nước thải sau chiếu xạ được bơm vào mô hình hiếu khí từ dưới lên bằng bơm định lượng đảm bảo thời gian lưu tối đa trong mô hình hiếu khí là 7 ngày. Trong suốt quá trình vận hành chỉ số oxy hòa tan (DO) được đảm bảo $\geq 2 mg/L$ và thể tích chất rắn lơ lửng (MLSS) khoảng 4 g/l. Giá trị pH nước thải trong quá trình vận hành nằm trong khoảng 6,5 – 8,5. Nước thải được lấy để kiểm tra độ màu từ các van dọc và đầu ra ở mô hình.

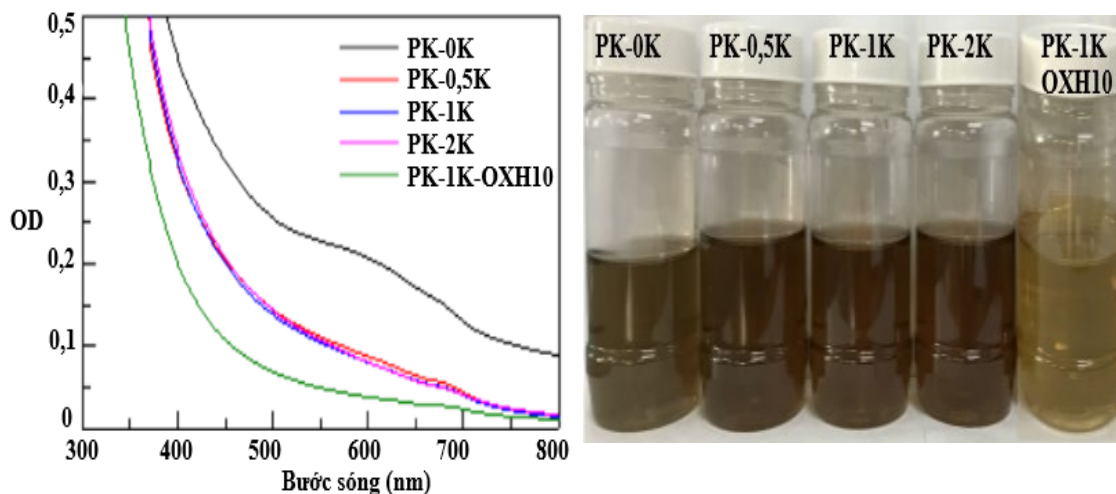
II.3. Phân tích thí nghiệm

Độ hấp thụ quang học của các mẫu nước trước và sau chiếu xạ được đo trên máy UV-Vis V630, JASCO, Nhật Bản. Bước sóng khảo sát trong khoảng từ 200-1000nm, tốc độ quét 400nm/phút. Mẫu đối chứng nước và nước thải được pha loãng 10 lần.

Các mẫu nước thải sau chiếu xạ và xử lý sinh học được xác định độ màu Pt-Co theo TCVN 6185:2008 (ISO 7887:1994).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

III.1. Nước thải được xử lý ở các liều chiếu xạ khác nhau:

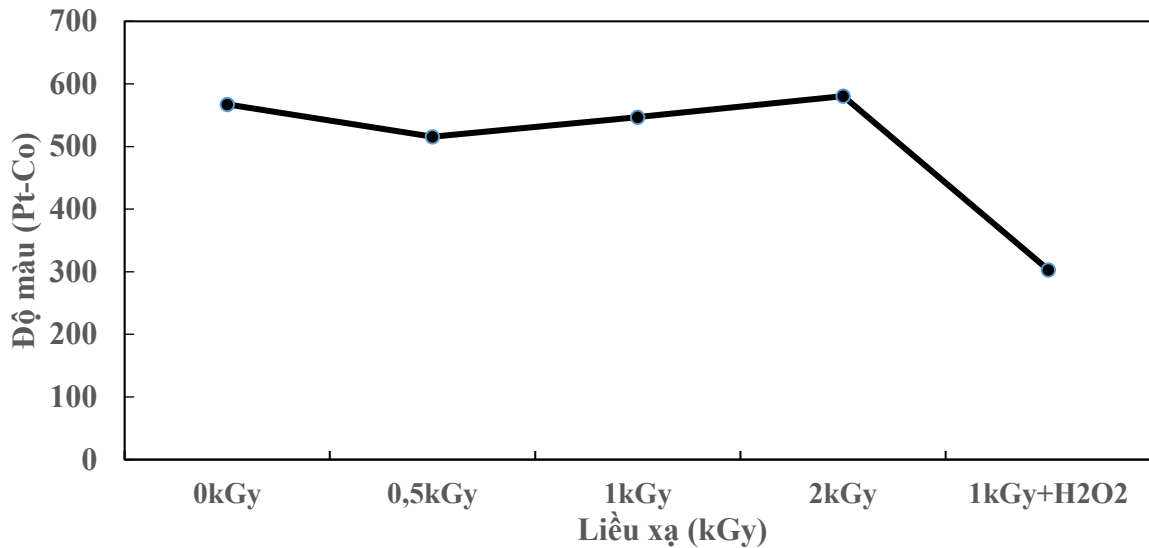


Hình 2. Phổ UV-Vis (trái) và ảnh chụp nước thải (phải) sau chiếu xạ

Phổ hấp thụ UV-Vis và màu nước thải trước và sau chiếu xạ được thể hiện trong hình 1. Nước thải dệt nhuộm trước chiếu xạ cho thấy đỉnh hấp thụ ở vị trí 600 nm. Sau khi nước thải được chiếu xạ từ 0,5 đến 2 kGy, mật độ hấp thụ quang học giảm và không thấy có sự khác biệt đáng kể khi chiếu xạ 0,5-2 kGy. Khi có sự hiện diện của 10 mM H₂O₂, liều chiếu xạ 1 kGy, mật độ hấp thụ quang học của nước thải giảm so với mẫu chiếu xạ 2 kGy. Điều này cũng được thể hiện rõ qua màu nước thải, màu nước thải chiếu xạ 0,5-2 kGy có sự thay đổi so với nước thải chưa chiếu xạ. Tuy nhiên, giữa các liều xạ khảo sát thì màu nước thải không thấy có sự khác biệt. Màu của nước thải được chiếu xạ 1 kGy, 10 mM H₂O₂ nhạt hơn so với mẫu không sử dụng H₂O₂. Có thể kết luận rằng, chất màu trong nước thải dệt nhuộm phân hủy 1 phần khi chiếu xạ liều thấp 0,5-2 kGy. Mật độ hấp thụ quang học và màu nước thải không có sự khác biệt giữa các liều xạ. Khi có sự hiện diện của 10 mM H₂O₂ cho thấy làm tăng hiệu quả phân hủy chất màu nước thải ở liều chiếu xạ thấp 1 kGy. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của tác giả Abdou và cộng sự [7]. Sự hiện diện của H₂O₂ gia tăng quá trình phân hủy chất màu ở bất kỳ liều xạ hấp thụ. Chất màu azo phân hủy hoàn toàn ở liều xạ 3 kGy khi có sự hiện diện của H₂O₂. Tuy nhiên, chất màu chỉ phân hủy 60% ở cùng liều xạ.

Bảng 1. Ảnh hưởng của liều xạ và H₂O₂ đối với độ màu nước thải

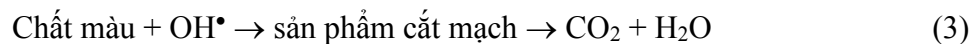
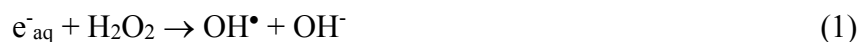
Tên mẫu	Độ màu (Pt-Co)
PK-0K	567,44 ± 28,37
PK-0,5K	515,90 ± 25,80
PK-1K	547,11 ± 27,36
PK-2K	580,49 ± 29,02
PK-1K-OXH10	303,02 ± 15,15



Hình 3. Ảnh hưởng của liều xạ và H₂O₂ đối với độ màu nước thải

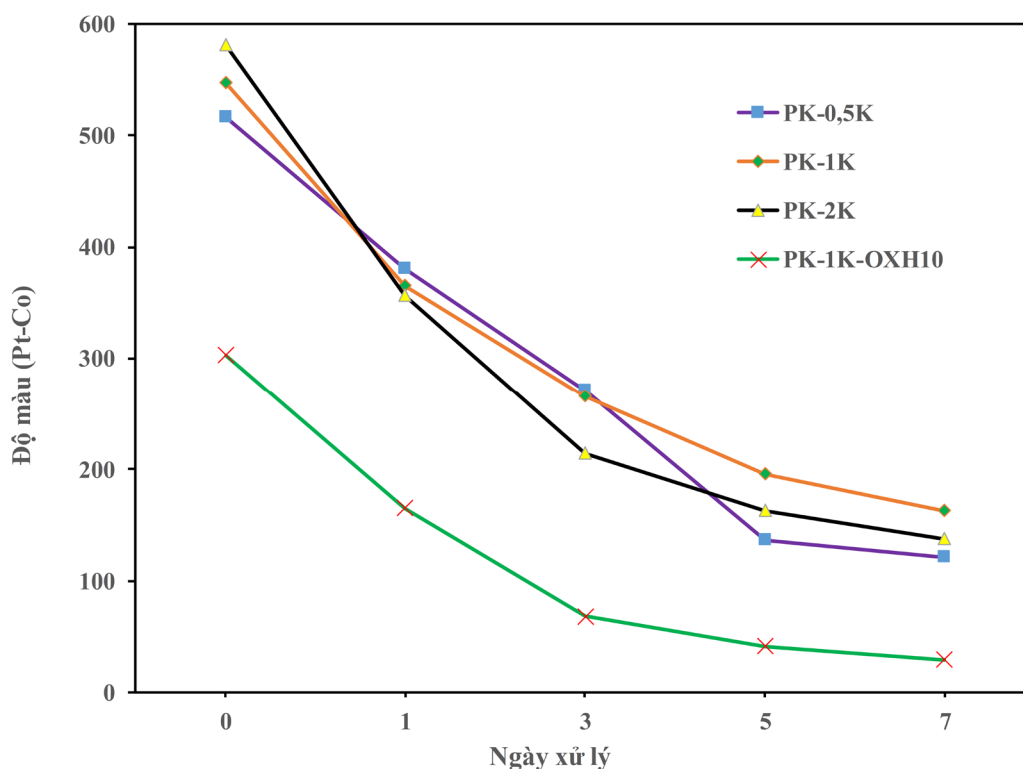
Ảnh hưởng của liều xạ và H₂O₂ đối với độ màu nước thải được trình bày trong hình bảng 1 và hình 3. Độ màu nước thải trước chiếu xạ là 567,44 (Pt-Co). Sau chiếu xạ 0,5-1 kGy, độ màu nước thải giảm lần lượt là 515,9 và 547,11 (Pt-Co) sau đó tăng đến 580,49 (Pt-Co) ở liều xạ 2 kGy. Có thể thấy rằng, trong khoảng liều chiếu xạ thấp 0,5-2 kGy thì liều chiếu xạ tăng làm tăng độ màu nước thải. Điều này có thể là do phân tử chất màu chỉ phân hủy thành những phân đoạn lơ lửng trong nước, làm tăng độ đục của nước thải. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Selambakkannu và cộng sự [12], độ đục của nước thải được chiếu xạ EB với liều xạ nhỏ hơn 10 kGy không thấy có sự khác biệt so với mẫu chưa chiếu xạ do quá trình phân hủy bước đầu của chất màu trong nước thải. Khi chiếu xạ đến 100 kGy thì độ đục nước thải cho thấy giảm hiệu quả do quá trình phân hủy hòa toàn chất màu trong nước thải.

Ở nghiệm thức sử dụng 10 mM H₂O₂ độ màu nước thải giảm mạnh đến 303,02 (Pt-Co). Điều này có thể là do sự hiện diện của H₂O₂ trong quá trình chiếu xạ làm tăng nồng độ gốc hoạt tính OH[•] tạo điều kiện khoáng hóa hoàn toàn một phần phân tử chất màu tạo thành CO₂ và H₂O, làm giảm độ màu nước thải (phản ứng 1-3) [7, 13].



III.2. Nước thải được chiếu xạ EB kết hợp với xử lý sinh học

Kết quả kết hợp chiếu xạ EB và aeroten cho kết quả theo hình 4. Bắt đầu quá trình sinh học nồng độ màu trong nước thải dao động trong khoảng 303 đến 580 Pt-Co, mẫu PK-1K-OXH10 đạt hiệu quả giảm màu cao nhất sau 7 ngày độ màu trong nước thải chỉ còn khoảng 28,4 Pt-Co (khoảng 90% so với mẫu ban đầu, đạt loại A QCVN 13 2015). Hầu hết các mẫu nước thải còn lại sau chiếu xạ độ màu đều giảm từ 70-76%, trong đó mẫu PK-1K có hiệu quả giảm thấp nhất. Sự khác biệt lớn về hiệu quả này có thể do mẫu PK-1K-OXH10 có thêm H₂O₂ giúp gia tăng quá trình phân hủy sinh học của mẫu màu nhuộm, so với các mẫu còn lại. Trong số các mẫu PK-0,5K, PK-1K và PK-2K thì mẫu PK-1K chỉ có 1 kGy nên hiệu quả thấp hơn nhưng nhìn chung hiệu quả các mẫu có sự sai biệt không lớn. Kết quả này tương thích với nghiên cứu của Duy và cộng sự [14], khi thêm H₂O₂ hiệu quả xử lý tăng thêm rõ rệt so với các thí nghiệm chỉ có chiếu xạ.



Hình 4. Độ màu của nước thải chiếu xạ EB sau khi xử lý sinh học

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp chiếu xạ EB kết hợp phương pháp sinh học đã được thực hiện. Mật độ hấp thụ quang học và màu nước thải không có sự khác biệt giữa các liều xạ khảo sát. Chất màu trong nước thải dệt nhuộm phân hủy 1 phần khi chiếu xạ liều thấp 0,5-2 kGy. Sự hiện diện của 10 mM H₂O₂ cho thấy làm tăng hiệu quả phân hủy chất màu nước thải ở liều chiếu xạ thấp 1 kGy. Kết hợp chiếu xạ chùm tia điện tử và xử lý sinh học có sự hiện diện 10 mM H₂O₂ làm giảm 90% độ màu nước thải sau 7 ngày xử lý sinh học đạt loại A QCVN 13 2015.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. M. Teh, A. R. Mohamed, “Roles of titanium dioxide and ion-doped titanium dioxide on photocatalytic degradation of organic pollutants (phenolic compounds and dyes) in aqueous solutions: A review”, *Journal of Alloys and Compounds*, 509 (5), 1648-1660, 2011.
- [2]. K. G. Pavithra, P. S. Kumar, V. Jaikumar, P. S. Rajan, “Review removal of colorants from wastewater: a review on sources and treatment strategies”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 75, 1-19, 2019.
- [3]. V. Katheresan, J. Kansedo, S. Y. Lau, “Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (4), 4676-4697, 2018.
- [4]. C. R. Holkar, A. J. Jadhav, Dipak V. Pinjari, N. M. Mahamuni, A. B. Pandit, “A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches”, *Journal of Environmental Management*, 182 (1), 351-366, 2016.
- [5]. M. A. R. Bhuiyan, A. Shaid, M. A. Hossain, M. A. Khan, “Decolorization and degradation of textile wastewater by gamma irradiation in presence of H₂O₂”, *Life Science Journal*, 13 (10), 2016.

- [6]. Nguyễn Quốc Hiến, Đặng Văn Phú, “Công nghệ bức xạ xử lý môi trường: nước, nước thải và bùn thải”, *Nhà xuất bản Khoa học và Công nghệ*, 89-91, 2018.
- [7]. L. A. W. Abdou, O. A. Hakeim, M. S. Mahmoud, A. M. El-Naggar, “Comparative study between the efficiency of electron beam and gamma irradiation for treatment of dye solutions”, *Chemical Engineering Journal*, 168 (2), 752-758, 2011.
- [8]. S. Selambakkannu, K. A. Bakar, T. T. Ming, J. Sharif, “Effect of gamma and electron beam irradiation on textile waste water”, *Jurnal Sains Nuklear Malaysia*, 23 (2), 67-73, 2011.
- [9]. N. N. Duy, N. Q. Hiến, T. T. Hạnh, Đ. V. Phú, P. T. T. Hồng, N. T. K. Lan, N. T. Được, “Nghiên cứu xử lý nước thải nhà máy dệt nhuộm bằng phương pháp chiếu xạ chùm tia điện tử”, Đề tài khoa học cấp cơ sở, 2018.
- [10]. M. A. Rauf, S. S. Ashraf, “Review radiation induced degradation of dyes: An overview”, *Journal of Hazardous Materials*, 166 (1), 6-16, 2009.
- [11]. A. G. Capodaglio, “High-energy oxidation process: an efficient alternative for wastewater organic contaminants removal”, *Clean Techn Environ Policy*, 19 (3), 1995-2006, 2017.
- [12]. S. Selambakkannu, K. A. Bakar, T. T. Ming, J. Sharif, “Effect of gamma and electron beam irradiation on textile waste water”, *Jurnal Sains Nuklear Malaysia*, 23 (2), 67-73, 2011.
- [13]. Jhimli Paul, K.P. Rawat, K.S.S. Sarma, S. Sabharwal, “Decoloration and degradation of Reactive Red-120 dye by electron beam irradiation in aqueous solution”, *Applied Radiation and Isotopes*, 69 (7), 982-987, 2011
- [14]. N.N. Duy, D. Van Phu, N.T.K. Lan, N.T. Duoc, N.Q. Hien, B.N. Hiep, B.N. Han, B.M. Ha, (2019), "Treatment of Real Textile Wastewater Using Electron Beam Irradiation", *Acta Chemica Iasi*, 27 (2), 303-316.

STUDY ON TEXTILE WASTEWATER TREATMENT BY ELECTRON BEAM IRRADIATION IN COMBINATION WITH BIOLOGICAL TREATMENT

Abstract: Environmental pollution, especially water environment, is of great concern nowadays. Textile wastewater treatment by electron beam irradiation (EB) shows the advantage of not using toxic additives and not creating secondary sludge. In this study, textile wastewater were treated by electron beam irradiation in a low radiation dose range of 0.5-2 kGy in combination with biological treatment. In addition, a study on combining EB irradiation and H₂O₂ oxidizing agent was also carried out to reduce the irradiation dose. The results show that after EB irradiation combined with biological treatment and oxidizing agent H₂O₂, color indicator of wastewater is within the allowed range according to column B of the national technical regulation on the effluent of textile industry (QCVN 13-MT/2015/BTNMT), which is eligible for discharge into the environment. Research on treatment of textile wastewater by EB irradiation combined with biological methods has shown that it increases the ability to effectively treat textile wastewater, contributing to reducing environmental pollution.

Keywords: *Textile wastewater, biological treatment, electron beam irradiation*