

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU KẾT HỢP NANO TỪ TÍNH OXIT SẮT TỪ VÀ BIOGUM TRÍCH LY TỪ HẠT MUÔNG HOÀNG YẾN VÀ KHẢO SÁT KHẢ NĂNG CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP CỦA VẬT LIỆU BIOGUM CẢI TIẾN

Nguyễn Võ Châu Ngân⁽¹⁾, Nguyễn Thanh Quang⁽²⁾, Nguyễn Xuân Dũ⁽³⁾, Đào Minh Trung⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Cần Thơ, ⁽²⁾Trường Đại học Thủ Dầu Một, ⁽³⁾Trường Đại học Sài Gòn

Ngày nhận bài 3/4/2017; Ngày gửi phản biện 24/4/2017; Chấp nhận đăng 30/6/2017

Email: moitruongviet.trung@gmail.com

Tóm tắt

Nghiên cứu điều chế vật liệu kết hợp giữa oxit sắt từ và chất keo tụ sinh học Biogum được ly trích từ hạt muông hoàng yến (biogum improvements). Vật liệu sau khi điều chế vừa có tính keo tụ, có khả năng cải thiện chất lượng nước thải và vừa có khả năng thu hồi sau khi sử dụng, có từ tính của nam châm (biogum cải tiến). Kết quả nghiên cứu cho thấy biogum cải tiến có khả năng cải thiện chất lượng nước thải công nghiệp xi mạ, đạt hiệu suất loại bỏ ion kim loại Ni^{2+} là 89,10%; Cu^{2+} 94,51%; Zn^{2+} là 94,92%. Kết quả này dùng để xác định hiệu suất cải thiện tối ưu cần đánh giá các thông số vận hành, pH tối ưu, liều lượng tối ưu trước khi áp dụng vận hành thử nghiệm trên mô hình pilot, từ đó đề xuất ứng dụng vào thực tế.

Từ khóa: keo tụ sinh học, muông Hoàng Yến, nước thải xi mạ, nước thải dệt nhuộm

Abstract

STUDYING ON PREPARATION OF MATERIALS COMBINED BY MAGNETIC NANO FERROMAGNETISM OXIDE AND BIOGUM EXTRACTED FROM CASSIA FISTULA SEEDS AND SURVEY INDUSTRIAL WASTEWATER IMPROVING ABILITY OF IMPROVED BIOGUM

Study materials prepared combining iron oxide from biological and flocculants Biogum extracted from the seeds of Cassia fistula. The material after preparation is both agglutinative, capable of improving the quality of the wastewater and is capable of recovering after use, with the magnetism of the biotite (improved biogum). The study results showed improvements Biogum capable of improving the quality of industrial wastewater plating, and the yield remove metal ions Ni^{2+} is 89,10%; Cu^{2+} is 94,51%; Zn^{2+} 94,92%. In order to determine optimal performance, it is necessary to evaluate the optimum operating parameters, pH, and optimal dosage before applying the pilot operation is applied on the pilot model, from which it is proposed for practical application.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, đã có một số nghiên cứu trong và ngoài nước về việc ứng dụng các loại chất có nguồn gốc tự nhiên trong đó có các gum sinh học trong xử lý nước thải để loại bỏ màu và COD ra khỏi nước thải một số ngành công nghiệp dệt nhuộm, xi mạ (Mangale

Sapanda, 2012; Yuan Shing Perng and Manh Ha Bui, 2015; Muhammad Asif Hanif, 2008). Theo Đoàn Thị Thúy Ái, (2013), Nguyễn Văn Cường và Huỳnh Thị Kim Ngọc, (2014); Luciano Carlos *et al.* (2013) có thể ứng dụng vật liệu nano trong xử lý nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm và xi mạ. Kết quả nghiên cứu cho thấy gum sinh học và hạt nano từ tính có tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước. Mặt khác, bản chất keo tụ của các gum sinh học là hình thành các liên kết và tương tác hóa học với các chất ô nhiễm, do đó quá trình thu hồi gum sinh học khá tốn kém, cần sử dụng tác nhân để cắt đứt các liên kết hóa học và tái tạo tại gum dưới dạng tủa. Vì vậy việc thu hồi gum sinh học không khả thi và tốn kém. Trong khi đó việc thu hồi các hạt nano từ tính rất đơn giản, dưới tác dụng của lực các chất ô nhiễm trong lỗ trống của hạt nano sẽ bị đẩy ra ngoài và hạt nano được thu lấy bằng nam châm một cách dễ dàng. Tuy nhiên hiệu quả xử lý nước thải của các hạt nano bị hạn chế do thiếu các nhóm chức hoạt động trên bề mặt hạt nano, do đó việc gắn gum sinh học lên bề mặt hạt nano nhằm tạo ra vật liệu nano sinh học mới vừa tăng khả năng bắt giữ các chất ô nhiễm trong nước vừa giữ được đặc tính thu hồi và tái sử dụng của hạt nano từ tính.

Bảng 1: Các chỉ số ô nhiễm kim loại nặng của nước thải xi mạ (Srisuwan *et al.*, 2002)

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước thải chưa xử lý	QCVN 40 – 2011/BTNMT	
			A	B
pH	-	3 – 11	6 – 9	5,5 – 9
Niken (Ni)	mg/l	5 – 85	0,2	0,5
Crôm (Cr VI)	mg/l	1 – 100	0,05	0,1
Kẽm (Zn)	mg/l	2 – 150	3	3
Đồng (Cu)	mg/l	15 – 200	2	2

Kết quả nghiên cứu của Mukesh Parmar và Lokendra Singh Thakur (2013), công nghiệp mạ điện và gia công kim loại một mặt thải ra lượng lớn kim loại nặng, trong đó có đồng (Cu), niken (Ni) và kẽm ion (Zn) và là một vấn nạn lớn gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người và đời sống thủy sinh. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, kim loại đồng không thể phân hủy và gây ung thư cũng như bệnh Wilson. Bên cạnh tác hại của đồng, niken gây dị ứng da, dễ gây tổn thương cho hệ hô hấp, hệ thần kinh cũng như màng nhầy tế bào. Kẽm gây rối loạn tiêu hóa và dẫn đến tiêu chảy khi vào cơ thể qua đường thức ăn.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu: Vật liệu Biogum cải tiến. Nước thải xi mạ giả định $\text{Ni}^{2+}=25 \text{ mg/L}$, $\text{Cu}^{2+}=25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+}=25 \text{ mg/L}$. Nước thải nhà máy xi mạ (có các thông số ô nhiễm ban đầu, pH = 1,5; Niken = 3,61 mg/L; $\text{Cu}^{2+}= 51 \text{ mg/L}$; Zn = 103 mg/L)

2.2. Hóa chất nghiên cứu: Vật liệu sinh học (Biogum), được trích li từ hạt cây Muồng Hoàng Yến theo phương pháp hòa tan trong nước cất (Hanif, 2008). Một số hóa chất dùng điều chỉnh pH: H_2SO_4 1N, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Oxit sắt từ là hạt nano từ tính CoFe_2O_4 được tổng hợp bằng phương pháp vi nhũ kết hợp đồng kết tủa sử dụng sodium dodecyl sulfate (SDS) làm chất hoạt động bề mặt.

2.3. Thiết bị nghiên cứu: Thiết bị đo pH Mettler Toledo. Máy đo kim loại nặng AAS (atomic absorption spectrometer). Máy đo độ màu Hatch DR 5000.. Mô hình Jsrtest.

2.4. Phương pháp nghiên cứu: Phương pháp lấy mẫu và phân tích: Lấy mẫu - theo TCVN 5999:1995. Bảo quản mẫu - theo TCVN 4556:1988. Phân tích pH theo TCVN 6492:1999. Phân tích kim loại nặng trên máy AAS (atomic absorption spectrometer), theo

phương pháp phôi hấp thu nguyên tử. Các thí nghiệm thực hiện ở nhiệt độ môi trường (25 - 32°C), áp suất 1atm.

Nội dung thực hiện:

Thí nghiệm 1: Xác định khả năng thu hồi của vật liệu Biogum cải tiến trên nước thải giả định.

- Tái sử dụng trên nước thải xi mạ giả định (Ni^{2+})

STT	Ký hiệu	Biogum cải tiến (mL)	Chú thích
1	TH1	30	TH1: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến. TH2: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 1 lần thu hồi. TH3: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 2 lần thu hồi. TH4: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 3 lần thu hồi. TH5: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 4 lần thu hồi. Ni BD: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 0 mL Biogum cải tiến sau 1 lần thu hồi.
2	TH2	30	
3	TH3	30	
4	TH4	30	
5	TH5	30	
6	Ni BD	0	

Chuẩn bị 6 cốc và cho vào 40 mL Biogum cải tiến ở các lần thu hồi bằng nam châm với các thông số pH ban đầu và nồng độ đầu vào của Ni^{2+} là 25 mg/L. Để lắng cặn 30 phút, lấy dung dịch xác định nồng độ ion kim loại nặng (Ni^{2+}) bằng thiết bị đo kim loại nặng AAS 7000. Tái sử dụng trên nước thải xi mạ giả định (Cu^{2+} , Zn^{2+}).

Bảng 2. Hiệu quả thu hồi và tái sử dụng của vật liệu biogum cải tiến trên nước thải xi mạ giả định

STT	Ký hiệu	Biogum cải tiến (mL)	Chú thích
1	TH1	40	TH1: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến. TH2: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 1 lần thu hồi. TH3: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 2 lần thu hồi. TH4: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 3 lần thu hồi. TH5: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 30 mL Biogum cải tiến sau 4 lần thu hồi. BD: Chọn pH ban đầu, nồng độ $\text{Cu}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 25 \text{ mg/L}$ và thêm vào 0 mL Biogum cải tiến sau 1 lần thu hồi.
2	TH2	40	
3	TH3	40	
4	TH4	40	
5	TH5	40	
6	BD	0	

Tiến hành thí nghiệm

Chuẩn bị 6 cốc và cho vào 40 mL Biogum cải tiến ở các lần thu hồi bằng nam châm với các thông số pH ban đầu và nồng độ đầu vào của Cu^{2+} và Zn^{2+} là 25 mg/L. Để lắng cặn 30 phút, lấy dung dịch xác định nồng độ ion kim loại nặng (Cu^{2+} , Zn^{2+}) bằng thiết bị đo kim loại nặng AAS 7000

Thí nghiệm 2: Xác định khả năng cải thiện chất lượng nước thải xi mạ .

Bảng 3. Thí nghiệm khảo sát hiệu quả xử lý ion kim loại trên nước thải nhà máy xi mạ

Mẫu NMXM	NXnm L1	NXnm L2	NXnm L3	NXnm L4	NXnm L5	NXnm L6
pH	Ban đầu	Ban đầu	Ban đầu	Ban đầu	Ban đầu	Ban đầu
Biogum cải tiến (mL)	40	50	60	70	80	90

Chuẩn bị 6 cốc và cho vào liều lượng biogum cải tiến (bảng 3). Với các thông số pH ban đầu, và nồng độ ion kim loại $\text{Ni}^{2+} = 3,61 \text{ mg/L}$, $\text{Cu}^{2+} = 51 \text{ mg/L}$, $\text{Zn}^{2+} = 103 \text{ mg/L}$

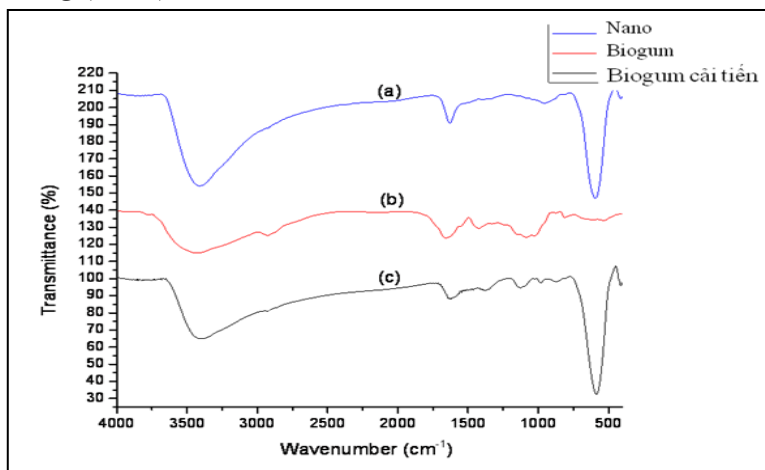
Để lắng cặn 30 phút, lấy dung dịch xác định nồng độ ion kim loại nặng (Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) bằng thiết bị đo kim loại nặng AAS 7000

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần cấu trúc vật liệu biogum cải tiến

Với mục đích đánh giá cấu trúc và thành phần của biogum cải tiến các phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD), SEM, phổ hồng ngoại (FT-IR), phương pháp đo độ từ hóa bằng từ kế mẫu rung (VSM) được sử dụng. Cấu trúc của hạt nano từ tính CoFe_2O_4 điều chế được kiểm tra bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD), SEM và phổ hồng ngoại (FT-IR), tính chất từ được kiểm tra bằng từ kế mẫu rung (VSM).

Hình 1: Giản đồ phổ FT-IR của (a) hạt nano; (b) Biogum Polyme sinh học trích ly từ hạt MHY; (c) vật liệu Biogum cải tiến CoFe_2O_4 -Biogum

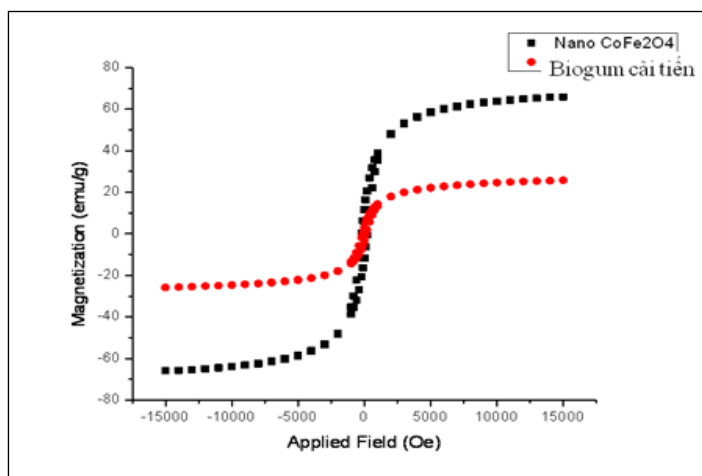


Kết quả nghiên cứu từ hình 1 cho thấy phù hợp với kết quả nghiên cứu của A. Pui (2011). Theo kết quả nghiên cứu của Gherca (2011) và Pui (2011) và kết quả nghiên cứu (hình 1) cho thấy hai nhóm dao động mạnh tại khoảng 409 cm^{-1} và trong khoảng 594 cm^{-1} tương ứng với dao động mạng bên trong của hợp chất có cấu trúc tứ diện phối hợp với bát diện trong cấu trúc spinel. Sự khác nhau trong độ truyền qua giữa các đặc tính dao động có thể được cho là độ dài liên kết của oxy với các ion kim loại trong các lỗ trống bát diện ngắn hơn độ dài liên kết của oxy với các ion kim loại trong lỗ trống tứ diện.

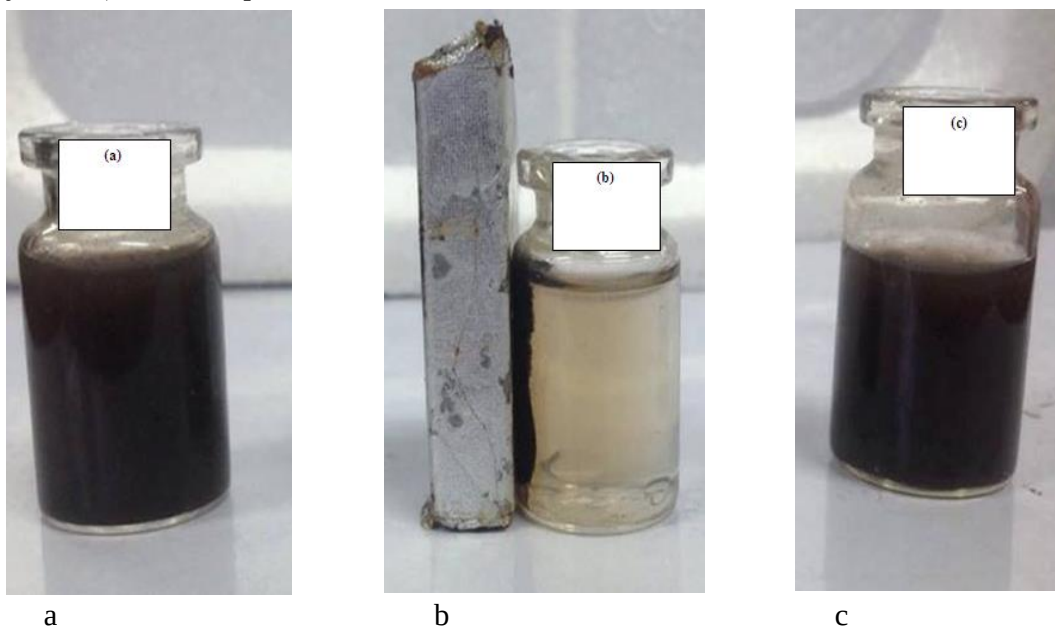
Tập hợp hạt CoFe_2O_4 có kích thước nano mét nên diện tích bề mặt riêng lớn, phân tán tốt do đó có tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước thải nhờ khả năng hấp phụ các ion kim loại, các chất hữu cơ, các chất màu... Mặt khác các hạt CoFe_2O_4 từ tính rất dễ thu hồi và tái sử dụng lại sau quá trình hấp phụ nhờ từ trường ngoài, phương pháp tổng hợp đơn giản. Việc có thể tách ra bằng từ trường ngoài tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình điều chế, tách cũng như tái sử dụng vật liệu, đảm bảo tính kinh tế vừa tiết kiệm được thời gian.

Biogum cải tiến là vật liệu dạng bột màu đen và có từ tính được điều chế bằng phương pháp đồng kết tủa và sử dụng chất hoạt động bề mặt sodium dodecyl sulfat. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại trên mẫu Biogum cải tiến (hình 1) cho thấy sự hiện diện của các pic đặc trưng của hạt nano từ tính gồm các dao động tại tần số 586 và 412 cm^{-1} đặc trưng cho dao động liên kết kim loại với oxy nằm trong phổ của Biogum cải tiến. Và sự có mặt các pic tại tần số 1134 và 983 cm^{-1} đặc trưng cho các liên kết tương ứng gồm C-O, C-O-H.

Hình 2: Đường cong từ trễ của hạt CoFe_2O_4 và vật liệu biogum cải tiến (biogum- CoFe_2O_4)



Đường cong từ trễ của hạt nano từ tính CoFe_2O_4 và vật liệu Biogum cải tiến (hình 2) cho thấy có sự giảm rõ rệt từ độ bão hòa của vật liệu khi kết hợp Biogum sinh học với hạt nano CoFe_2O_4 . Khi có mặt của Biogum sinh học, từ tính của vật liệu tổng hợp giảm đi đáng kể (từ 65 emu/g còn 25 emu/g). Sự bao phủ của Biogum lên hạt nano còn làm giảm lực kháng từ của vật liệu, từ 208 Oe lực kháng từ giảm còn 115 Oe. Kết quả nghiên cứu có sự tương đồng với nghiên cứu của Cao Hoàng Dũng (2015) độ bão hòa từ giảm từ 38,8 emu/g còn 5,873 emu/g, lực kháng từ giảm từ 10 Oe còn 2 Oe khi phủ CS-PAA (chitosan - Poly acrylic axit) và Mn-doped ZnO lên bề mặt hạt CoFe_2O_4 .



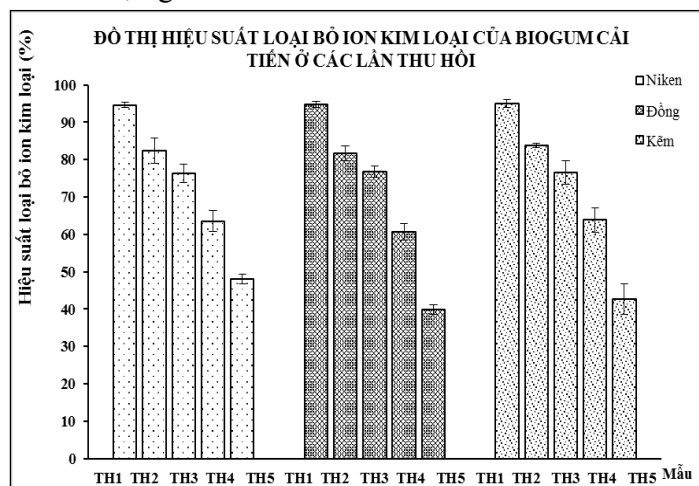
Hình 3: từ tính của các vật liệu nghiên cứu. a: PAC; b: Biogum; c: Biogum cải tiến

Kết quả nghiên cứu cho thấy Biogum cải tiến bị hút bởi từ tính nam châm về một phía trong khi Biogum và PAC không bị ảnh hưởng gì của lực từ (hình 3). Qua đó có thể tiến hành khảo sát khả năng cải thiện chất lượng nước của vật liệu biogum cải tiến sau khi thu hồi và tái sử dụng của vật liệu này.

3.2. Xác định hiệu quả xử lý của Biogum cải tiến thu hồi

Kết quả nghiên cứu từ hình 4 cho thấy khả năng cải thiện chất lượng nước thải xi mạ của Biogum cải tiến thu hồi sử dụng 40 mL/L Biogum cải tiến trên mẫu nước Cu^{2+} , Zn^{2+} và 30 mL/L Biogum cải tiến trên mẫu nước Ni^{2+} , kết quả nghiên cứu cho thấy đến lần thu hồi thứ 3, hàm lượng ion Zn^{2+} còn lại vào khoảng 5,83 mg/L với hiệu suất đạt 76,69%; hàm lượng ion Cu^{2+} còn lại vào khoảng 5,82 mg/L với hiệu quả đạt 76,73%; hàm lượng ion Ni^{2+} còn lại vào khoảng 5,91 mg/L với hiệu suất đạt 76,37%. Vậy Biogum cải tiến có thể thu hồi và tái sử dụng 3 lần trên mẫu nước thải xi mạ nghiên cứu.

Hình 4: Hiệu suất loại bỏ kim loại của Biogum cải tiến ở các lần thu hồi



So sánh với kết quả nghiên cứu của Liu *et al.* (2016) cho thấy khả năng hấp phụ của vật liệu nanocomposit xanthat Fe_3O_4 -Chitosan trên nền graphene oxit cho hiệu quả thu hồi và tái sử dụng sau 5 lần. Tuy nhiên khi so sánh với nghiên cứu của Suman *et al.* (2016) cho thấy hiệu suất loại bỏ ion kim loại Pb^{2+} và Cr^{3+} của nanocomposit (nanocellulose - nano bạc) giảm không đáng kể sau 5 lần thu hồi và tái sử dụng. Khả năng hấp phụ Pb^{2+} giảm từ 99,48% xuống 98% và khả năng hấp phụ Cr^{3+} giảm từ 98,30% xuống 97,80%. Qua đó cho thấy Biogum cải tiến cho hiệu quả thấp hơn nghiên cứu của Liu *et al.* (2016). Vậy để tăng hiệu quả cải thiện của vật liệu thu hồi cần nghiên cứu các điều kiện tối ưu khi sử dụng lại vật liệu.

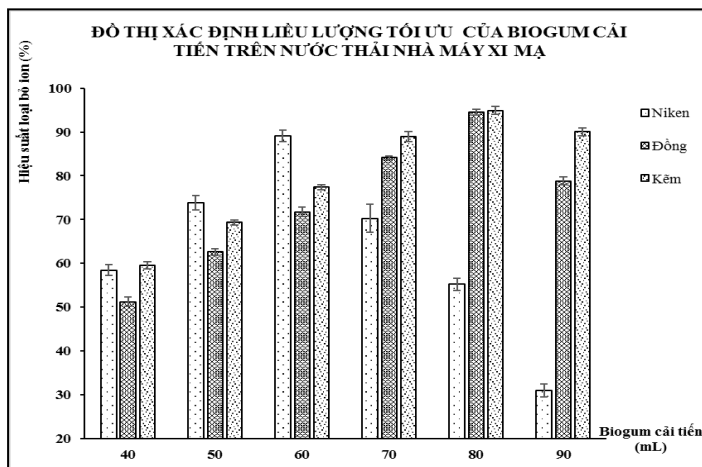
3.3. Kết quả khảo sát khả năng cải thiện chất lượng nước thải xi mạ

Nghiên cứu trên đối tượng nước thải xi mạ nhà máy có pH = , tải lượng ô nhiễm kim loại nặng, Ni. Kết quả nghiên cứu từ hình 5 cho thấy ở liều lượng tối ưu, Biogum cải tiến cải thiện ion kim loại của nước thải giả xi mạ nhà máy cho thấy Biogum cải tiến đạt hiệu suất loại bỏ cao nhất với ion kẽm đạt 94,92% sau đó là ion đồng đạt 94,51% và thấp nhất là ion niken đạt 89,10%. Qua đó cho thấy hiệu suất cải thiện chất lượng nước của Biogum cải tiến đạt hiệu quả các ion kim loại trên nước thải nhà máy đạt từ 89,10 - 94,92% .

Khi so sánh với kết quả các nghiên cứu của Liu *et al.* (2008); Chowdhury *et al.* (2010); Nguyễn Văn Cường và Huỳnh Thị Kim Ngọc (2014) cho kết quả cải thiện các ion kim loại đạt gần 90%. So với kết quả nghiên cứu trên cho thấy vật liệu Biogum cải tiến cho hiệu quả cải thiện chất lượng nước thải xi mạ tốt hơn. Tuy nhiên khi so sánh với kết quả nghiên cứu của Chowdhury *et al.* (2010) nghiên cứu sự hấp phụ arsen và crom bằng vật liệu magnetite và maghemite trên nền hạt nano. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả cải thiện của arsen và crom ở điều kiện tối ưu đạt 96 - 99%. Và với kết quả nghiên cứu của Nguyễn

Văn Cường và Huỳnh Thị Kim Ngọc (2014) cho thấy khả năng loại bỏ ion kim loại nặng của vật liệu $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CS}$ -ghép-PAA ở pH và liều lượng tối ưu đạt hiệu suất loại bỏ ion Niken 93 tới 95%. Qua đó cho thấy với vật liệu nghiên cứu Biogum cải tiến cho hiệu suất loại bỏ cao hơn.

Hình 5: Hiệu suất cải thiện của Biogum cải tiến trên nước thải nhà máy xi măng



Với kết quả nghiên cứu của Liu *et al.* (2008) cho thấy khi dùng axit humic (HA) tráng hạt nano Fe_3O_4 ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{HA}$) để loại bỏ Hg (II), Pb (II), Cd (II), Cu (II) có trong nước thải. Kết quả nghiên cứu khi sử dụng hạt $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{HA}$ để cải thiện chất lượng ion kim loại Hg (II) và Pb (II) đạt hiệu suất trên 99%, và ion Cu (II) và Cd (II) đạt 95%. Kết quả nghiên cứu này cho hiệu quả cải thiện ion kim loại tốt hơn vật liệu nghiên cứu Biogum và Biogum cải tiến. Kết quả nghiên cứu cho thấy Biogum cải tiến có khả năng cải thiện chất lượng nước thải xi măng nhà máy và có khả năng tái sử dụng vật liệu sau khi sử dụng.

4. Kết luận

Với kết quả nghiên cứu của vật liệu Biogum cải tiến (kết hợp từ Biogum sinh học và từ tính của oxit sắt từ), có khả năng cải thiện chất lượng nước thải xi măng và có từ tính nam châm, do đó có khả năng tái sử dụng vật liệu sau khi xử lý nước thải. Đây có thể được xem là tính mới của vật liệu keo tụ trong xử lý nước thải. Để áp dụng cần có những nghiên cứu mở rộng cho các đối tượng nước thải khác nhau như nước thải dệt nhuộm, rỉ rác. Bên cạnh đó để xác định hiệu xuất xử lý đạt cao nhất cần xác định các thông số vận hành pH và liều lượng sử dụng vật liệu tối ưu cho một đơn vị nước thải xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Huy Bá (2002). *Độc học môi trường*, NXB Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [2] Đoàn Thị Thúy Ái (2013). *Khảo sát khả năng hấp phụ chất màu xanh metylen trong môi trường nước của vật liệu CoFe_2O_4 /Bentonit*. Tạp chí Khoa học và Phát triển, 11(2): 236-238.
- [3] Đỗ Thị Hoài Thanh và Hà Thị Thu (2011). *Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ bột gỗ và nhựa PP (Polypropylen) đến tính chất Composite gỗ nhựa*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, 1: 1752-1759.
- [4] Nguyễn Thị Hà, Trần Thị Hồng, Nguyễn Thị Thanh Nhân, Đỗ Thị Cẩm Vân và Lê Thị Thu Yên (2006). *Nghiên cứu khả năng hấp thụ một số kim loại nặng (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) trong nước của nấm men *Saccharomyces cerevisiae**. Tạp chí Khoa học Đại học quốc gia Hà Nội, Khoa tự nhiên và công nghệ, 23: 99-106.

- [5] Carlos, L.; Fernando, S.G.E.; Mónica, C.G. and Mártire, D.O. (2013). *Applications of Magnetite Nanoparticles for Heavy Metal Removal from Wastewater*. Intech, 3: 64-75.
- [6] Mohamed, R.M.S.R.; Nanyan, N.M.; Rahman, N.A.; Kutty, N.M.A.I. and Kassim, A.H.M. (2014). *Colour Removal of Reactive Dye from Textile Industrial Wastewater using Different Types of Coagulants*. Asian Journal of Applied Sciences, 2(6): 650-657.
- [7] Nguyen V.C. and Huynh, T.K.N. (2014). *Reusable Nanocomposite of CoFe_2O_4 / Chitosan-graft-poly(acrylic acid) for removal of Ni(II) from aqueous solution*. Vietnam Academy of Science and Technology, 5(2): 1-7.
- [8] Pui, A; Gherca, D. and Carja, G. (2011). *Characterization and Magnetic Properties of Capped CoFe_2O_4 Nanoparticles Ferrite Prepared in Carboxymethylcellulose Solution*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 6(4): 1783-1791.