Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption
Tạp chí xúc tác và hấp phụ Việt Nam

https://jca.edu.vn

Tổng hợp và ứng dụng bio-polyol từ dầu thực vật: So sánh các phương pháp tổng hợp và chế tạo xốp hấp phụ dầu nguồn gốc sinh học thân thiện môi trường

Synthesis and application of bio-polyol from vegetable oil: Comparison of synthesis methods and fabrication of environmentally friendly bio-based oil-absorbing foams

Thái Đình Cường[1], Phan Huy Hoàng[1,*]

[1] *Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách Khoa Hà Nội*
** Email: hoang.phanhuy@hust.edu.vn*

ARTICLE INFO

Received: 28/06/2025
Accepted: 23/09/2025
Published: 30/09/2025

Keywords:
Carboxymethyl cellulose;
Mesoporous;
ZSM-5 zeolite;
Epoxide; isomerization

ABSTRACT

In recent years, oil pollution caused by industrial discharges and oil spills has become a growing environmental concern, prompting the demand for efficient, biodegradable, and eco-friendly oil absorbent materials. Bio-based polyurethane (bio-PU) foams synthesized from renewable resources have emerged as a promising alternative to conventional synthetic sorbents due to their sustainability and potential for environmental compatibility. This study focuses on the comparative synthesis of bio-polyols from vegetable oils using different chemical routes, including epoxidation-ring opening, transesterification, and oxidative modification. Each method yields polyols with distinct hydroxyl numbers, viscosities, and chemical structures, which directly influence the foaming behavior and final properties of the resulting bio-PU foams. Furthermore, lignocellulosic biomass (e.g., agricultural residues or natural fibers) is incorporated into the foam matrix to enhance oil sorption capacity and structural performance. The synthesized foams are characterized in terms of morphology, porosity, oil absorption efficiency, and mechanical stability. The main objectives of this research are: (1) to evaluate and compare different bio-polyol synthesis methods from vegetable oils; (2) to develop biomass-reinforced bio-PU foams using the synthesized polyols; and (3) to assess the potential of these materials as sustainable oil absorbents. The findings are expected to contribute to the development of green materials for oil spill remediation and to promote the valorization of renewable resources in polymer engineering.

Giới thiệu chung

Trong bối cảnh ô nhiễm môi trường do sự cố tràn dầu và chất thải dầu công nghiệp ngày càng gia tăng, nhu cầu phát triển các vật liệu hấp phụ dầu hiệu quả, thân thiện với môi trường và có khả năng phân hủy sinh học đang trở nên cấp thiết [1]. Các vật liệu truyền thống như polypropylene hay các loại polymer tổng hợp mặc dù có khả năng hấp phụ tốt, nhưng lại gây ra hệ lụy lâu dài cho môi trường do khó phân hủy, đồng thời quá trình sản xuất tiêu tốn nhiều năng lượng và nguyên liệu hóa thạch.

https://doi.org/10.62239/jca.2025.048

Bio-polyurethane (bio-PU) là một loại vật liệu xốp được tổng hợp từ polyol có nguồn gốc sinh học (bio-polyol), là hướng đi đầy hứa hẹn trong việc thay thế polyurethane truyền thống [2]. Trong đó, dầu thực vật – một nguồn nguyên liệu tái tạo, dồi dào và giá thành thấp – đang thu hút sự quan tâm lớn trong lĩnh vực nghiên cứu tổng hợp bio-polyol. Nhiều phương pháp hóa học đã được phát triển nhằm chuyển hóa dầu thực vật thành bio-polyol có khả năng phản ứng với isocyanate để tạo thành mạng lưới polyurethane. Tuy nhiên, mỗi phương pháp trên cho ra loại bio-polyol với cấu trúc phân tử, số lượng nhóm chức hydroxyl (-OH), độ nhớt và khả năng phản ứng khác nhau, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến đặc tính của bio-PU tạo thành như độ xốp, tỷ trọng, độ hút nước/dầu và độ bền cơ học [3]. Tuy nhiên, đến nay vẫn còn thiếu các nghiên cứu hệ thống và so sánh toàn diện giữa các phương pháp tổng hợp khác nhau để lựa chọn hướng đi tối ưu cho ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu hấp phụ dầu.

Bên cạnh đó, việc kết hợp sinh khối tự nhiên (như cellulose, bột gỗ, vỏ trấu,...) vào cấu trúc xốp không chỉ góp phần gia tăng tính thân thiện môi trường, mà còn cải thiện độ xốp, khả năng hút dầu và độ bền của vật liệu [4,5]. Việc nghiên cứu và so sánh các phương pháp tổng hợp bio-polyol từ dầu thực vật, kết hợp với sinh khối để chế tạo vật liệu xốp bio-polyurethane phục vụ cho mục đích hấp phụ dầu là một hướng nghiên cứu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

Mục tiêu của nghiên cứu này là so sánh một số phương pháp tổng hợp bio-polyol từ dầu thực vật (như epoxid hóa - mở vòng, oxy hóa...) để tìm ra phương pháp tổng hợp bio-polyol phù hợp. Sau đó, kết hợp bio-polyol tổng hợp được với vật liệu sinh khối là bã mía để chế tạo vật liệu xốp hấp phụ dầu và đánh giá hiệu quả hấp phụ. Kết quả của nghiên cứu này sẽ góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc lựa chọn phương pháp tổng hợp bio-polyol phù hợp từ dầu thực vật, đồng thời mở ra hướng ứng dụng hiệu quả các nguồn nguyên liệu sinh học trong chế tạo vật liệu hấp phụ dầu xanh – sạch – bền vững. Qua đó, nghiên cứu không chỉ mang ý nghĩa học thuật mà còn có giá trị thực tiễn trong bảo vệ môi trường và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn.

Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu và hóa chất

Hóa chất dùng trong thực nghiệm là hóa chất tinh khiết PA của Sigma-Aldrich và Trung Quốc (TQ): Tetraetylocthosilica - TEOS (Sigma), tetra propyl ammoni - TPAOH (Sigma), KOH, $NaAlO_2$ (Sigma), Styrene Oxide (Sigma), Cetyltrimethylammonium bromide - CTAB (Sigma), Axit fomic (85%, Sigma), OsO4 và NMO (Sigma); Toluene (TQ), Axetone (TQ), hydro peroxit (30%, TQ), natri bisunfit (TQ), ete etylic (TQ), natri cacbonat (TQ) và natri sunphat khan (TQ). Polyol thương phẩm (Guangzhou Niubi Special Glass Co.,Ltd., Trung Quốc) có chỉ số hydroxyl OH# = 400 mgKOH/g, khối lượng phân tử M ≈ 420 g/mol. Dầu hướng dương thực phẩm thương mại "Kubanochka", xuất xứ Liên Bang Nga, khối lượng mol M ≈ 880 g/mol là loại dầu chưa bão hòa với chỉ số iốt cao (IV = 121 cgI_2/g).

Tổng hợp bio-polyol từ dầu hướng dương

Epoxy hóa và Hydroxyl hóa sử dụng hydrogen peoxit và axit focmic

Phản ứng được thực hiện trong 500 ml bình cầu ba cổ có trang bị một máy khuấy, nhiệt kế. Mẫu dầu thực vật và chất xúc tác axit HCOOH theo tỷ lệ nhất định được cho vào bình và khuấy đều bằng máy khuấy từ. Sau đó, từ từ thêm H_2O_2 vào dung dịch trên và khuấy cho đến khi các chất phản ứng được trộn đều. Bình phản ứng được đun nóng đến nhiệt độ 50 °C và giữ trong thời gian phản ứng từ 3-6 giờ. Sau phản ứng, hỗn hợp phản ứng trong bình được tách ra và rửa bằng dung môi để thu được sản phẩm bio-polyol.

Epoxy hóa và Hydroxyl hóa sử dụng hydrogen peoxit và xúc tác W/ZSM-5 zeolit

Mẫu dầu thực vật, H_2O_2 và dung môi iso propanol được thêm vào bình cấu ba cổ và khuấy đều bằng máy khuấy từ cho đến khi các chất phản ứng được trộn đều. Sau đó, 7,5% xúc tác W/ZSM-5 được thêm vào dung dịch trên và khuấy. Phản ứng được tiến hành ở nhiệt độ 60 °C và giữ trong thời gian phản ứng từ 3-6 giờ. Sau phản ứng, chất xúc tác zeolit được tách ra bằng cách ly tâm. Sau đó, hỗn hợp phản ứng được chuyển vào phễu tách và bổ sung nước cất vào hỗn hợp này. Phễu được sử dụng để tách lớp trên cùng của hỗn hợp phản ứng, để thu nhận tối đa bio-polyol sinh học khỏi hỗn hợp. Sản phẩm bio-polyol thu được được rửa bằng dung môi là nước và acetone ba lần. Sau đó, acetone và nước dư được chưng cất chân không bằng thiết bị cất quay.

Tổng hợp polyol bằng phương pháp oxi hóa sử dụng tác nhân NMO và O_sO_4

Quá trình phản ứng này là phản ứng một công đoạn để tổng hợp bio-polyol thay thế các phương pháp hai bước truyền thống. Chất xúc tác OsO4 đã được sử dụng với mức dùng 0,51% so với dầu hướng dương

https://doi.org/10.62239/jca.2025.048

trong khi tỷ lệ NMO trên liên kết đôi trong dầu hướng dương là thay đổi từ 1-3. Phản ứng được tiến hành ở nhiệt độ phòng và giữ trong thời gian phản ứng 10 giờ.

Chế tạo vật liệu xốp nguồn gốc sinh học cho hấp phụ dầu

Bã mía được chuẩn bị bằng cách cắt nhỏ, nghiền và sàng để chọn mẫu có kích thước đồng đều khoảng 1mm. Để tăng khả năng hấp phụ dầu của bã mía, xơ sợi bã mía được xử lý bằng nước nóng ở 170 °C trong 2 giờ [6], sau đó sấy khô và bảo quản trong túi zip kín ở nhiệt độ phòng để tiến hành thực nghiệm tiếp theo.

Polyol sinh học tổng hợp từ dầu hướng dương được sử dụng để thay thế một phần polyol hóa dầu trong quá trình chế tạo bọt polyurethane (PU). Vật liệu composite sinh học xốp PU-CS được chế tạo bằng cách kết hợp bọt polyurethane sinh học và bã mía theo phương pháp do nhóm của chúng tôi phát triển [3,6]. 20% polyol hóa dầu trong tổng lượng polyol được thay thế bằng polyol sinh học và trộn với sợi CS (20wt% so với bọt PU) và khuấy. Thêm diphenyl methane diisocyanate (MDI, tỷ lệ mol [NCO]/[OH] = 1,1) vào hỗn hợp này và khuấy đều trong khoảng 10-20 giây. Hỗn hợp này được đổ vào cốc khuôn để lưu hóa polyme tạo thành bọt. Khi kết thúc quá trình lưu hóa, vật liệu sinh học composite xốp được lấy ra khỏi khuôn và cắt thành từng mảnh nhỏ để tiến hành các thực nghiệm tiếp theo.

Phương pháp phân tích

Sản phẩm phản ứng đươc phân tích quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier thực hiện trên thiết bị IR Affiniti-1S, Shimadzu (Nhật Bản), phân tích cộng hưởng từ hạt nhân trên thiết bị Bruker AM 500 FT-NMR Spectrometer, (Mỹ).

Giá trị iốt được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D5768: mẫu được hòa tan trong dung môi với sự có mặt của dung dịch Wijs và được chuẩn độ bằng Dung dịch $Na_2S_2O_3$ 0,1N. Hàm lượng Oxirane được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D1652: mẫu được hòa tan trong dung môi và được chuẩn độ trực tiếp với dung dịch HBr 0,1N.

Hàm lượng nhóm hydroxyl được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 11080:2015 (tương đương với tiêu chuẩn AOAC 965:32) dựa vào phản ứng acetyl hóa các gốc hydroxyl tự do của polyol và acetic anhydride trong dung môi pyridine. Sau phản ứng, acetic anhydride không phản ứng còn lại chuyển thành axit acetic và được chuẩn độ bằng KOH 0,5M.

Phương pháp nghiên cứu xác định khả năng hấp phụ dầu của chất hấp phụ dựa trên tiêu chuẩn ASTM F726-Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents for use on Crude Oil and Related Spills. Lấy 80ml nước vào cốc thủy tinh, sau đó bổ sung thêm 20 ml dầu Diesel. Ngâm vật liệu hấp phụ đã được cân chính xác tới miligram vào trong cốc đã chứa dầu trong các khoảng thời gian khác nhau. Hết khoảng thời gian trên tiến hành lọc hút chân không trên phễu lọc Buchner để loại nước tự do trên bề mặt trong khoảng 2 phút và tiến hành cân để tính hệ số hấp phụ. Độ hấp phụ được xác định xác định bởi hệ số hấp phụ, bằng tỉ lệ giữa lượng chất bị hấp phụ trên lượng vật liệu hấp phụ sử dụng (tỉ lệ khối lượng). Công thức tính hệ số hấp phụ như sau:

$$\text{Hệ số hấp phụ} = \frac{S_t - S_o}{S_o}, \text{ (g dầu/g vật liệu)}$$

Trong đó:

S_t: Khối lượng vật liệu hấp phụ sau khi hấp phụ dầu, g

S_o: Khối lượng vật liệu hấp phụ khô gió, g

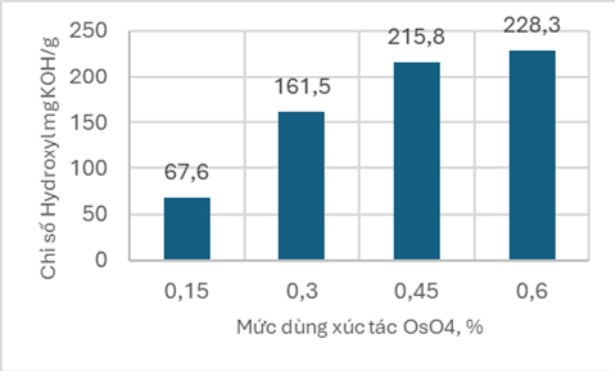
Kết quả và thảo luận

Tổng hợp bio-polyol

Nhiều phương pháp tổng hợp đã được phát triển nhằm chuyển hóa dầu thực vật thành bio-polyol. Tuy nhiên, đến nay vẫn còn thiếu các nghiên cứu hệ thống và so sánh toàn diện giữa các phương pháp tổng hợp này để lựa chọn hướng đi tối ưu cho tổng hợp bio-polyol từ dầu thực vật. Trong nghiên cứu này, phương pháp tổng hợp đầu tiên được tiến hành là phương pháp oxi hóa sử dụng tác nhân 4-methylmorpholine N-oxide (NMO) và xúc tác OsO_4.

Thông thường, để tổng hợp bio-polyol đi qua hai bước bao gồm quá trình oxy hóa epoxid và sau đó hydroxyl hóa. Tuy nhiên, với phương pháp này chỉ tiến hành một bước tổng hợp để đạt được kết quả của phương pháp hai bước truyền thống.

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của mức dùng xúc tác OsO_4 đến chỉ số hydroxyl của sản phẩm bio-polyol. Kết quả được thể hiện trong hình 1.

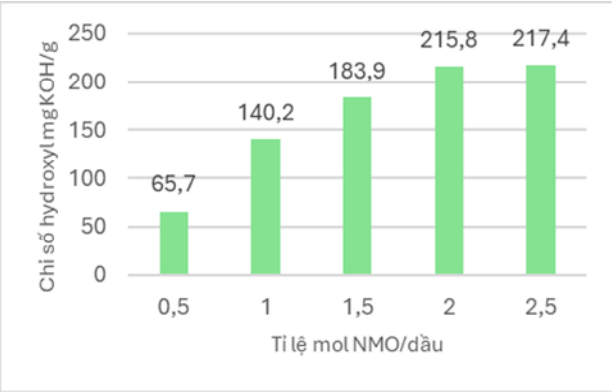


Hình 1. Ảnh hưởng của mức dùng xúc tác

https://doi.org/10.62239/jca.2025.048

Từ kết quả trong hình 1 nhận thấy khi chất xúc tác được sử dụng 0,15% so với dầu thực vật, thì bio-polyol thu được có chỉ số hydroxyl là 67,6 mg KOH/g. Khi tăng lượng chất xúc tác thì chỉ số hydroxyl thu được cũng tăng lên, và chỉ số hydroxyl cao nhất đạt được là 228,3 mg KOH/g, tương ứng với mức dùng xúc tác khoảng 0,60%. Điều này dễ hiểu vì khi mức dùng xúc tác tăng thì sẽ số tâm xúc tác tăng lên, xúc tiến quá trình phản ứng xảy ra nhanh hơn mạnh hơn. Tuy nhiên, khi tăng mức dùng xúc tác từ 0,45% lên 0,6% thì chỉ số hydroxyl tăng không nhiều, trong khi xúc tác OsO_4 khá đắt cho nên lựa chọn mức dùng xúc tác hợp lý là 0,45%.

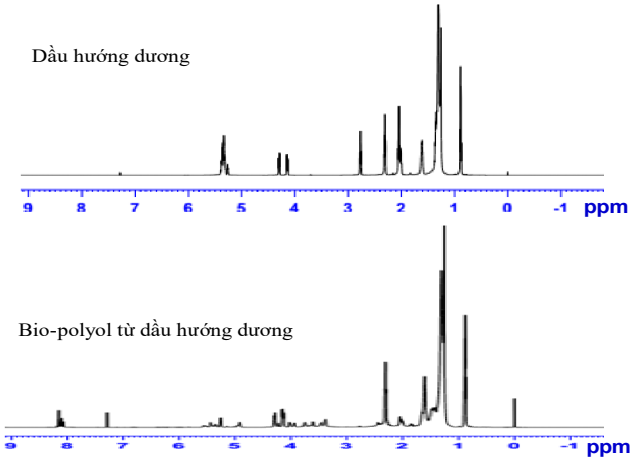
Ảnh hưởng của mức dùng tác nhân phản ứng NMO đến chỉ số hydroxyl của bio-polyol cũng được nghiên cứu. Kết quả được đưa ra trong hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của tỉ lệ tác nhân NMO

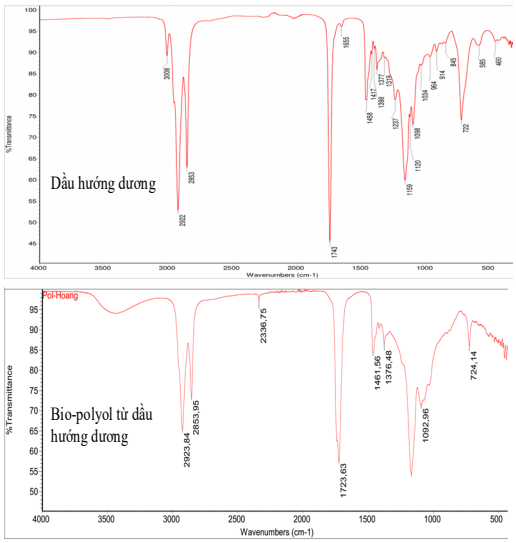
Tỷ lệ NMO trên liên kết đôi trong dầu hướng dương thay đổi từ 0,5 đến 2,5 để nghiên cứu ảnh hưởng của mức dùng tác nhân oxi hóa NMO đến chỉ số hydroxyl. Từ kết quả hình 2 nhận thấy khi tỷ lệ tăng thì chỉ số hydroxyl của bio-polyol tổng hợp được cũng tăng. Ứng với tỷ lệ là 2 thì chỉ số hydroxyl thu được khoảng 216 mg KOH/g (mức dùng xúc tác là 0,45%). Khi tỷ lệ lớn hơn 2 thì chỉ số hydroxyl không tăng mà gần như giống nhau do dư thừa tác nhân NMO. Ngược lại, dưới 2 thì chỉ số hydroxyl thu được nhỏ do không đủ tác nhân NMO. Do đó, tỷ lệ NMO so với dầu bằng 2 là tỷ lệ thích hợp được lựa chọn cho phản ứng tổng hợp bio-polyol.

Phổ 1H NMR của dầu hướng dương và polyol dầu hướng dương được thể hiện trong Hình 3. Trong trường hợp dầu hướng dương, ta có thể thấy vùng liên kết không bão hòa đặc trưng (proton oliphinic –H–C=C–H–) ở δ 5,2–5,4 ppm. Các đỉnh qiuan trọng khác là: proton methylene trong nhóm glyceryl trong vùng δ 4–4,5 ppm, các đỉnh ở δ 2,7–2,8 ppm của divinyl metylen và allyl methylene (δ 2 ppm). Trong phổ 1H NMR của bio-polyol, các đỉnh proton oliphinic của liên kết đôi ở δ 5,2–5,4 ppm, divinyl metylen proton ở δ 2,7–2,8 ppm, và proton allyl methylene (δ 2 ppm), gần như biến mất. Hơn nữa, phổ của polyol cho thấy sự xuất hiện của các đỉnh mới ở δ 3,6–3,8 ppm, tương ứng với H trong liên kết của metylinic proton (H–C–OH) và proton liên kết với nhóm –OH. Điều này chứng tỏ rằng bio-polyol đã tổng hợp thành công bằng phương pháp sử dụng hệ NMO/OsO_4.



Hình 3. Phổ NMR của của dầu hướng dương và sản phẩm bio-polyol sau phản ứng

Xác nhận thêm về cấu trúc bio-polyol cũng thu được từ phổ FTIR. Phổ FTIR của dầu hướng dương và bio-polyol dầu hướng dương được trình bày trong Hình 4. Sự xuất hiện của đỉnh peak xung quanh 3300-3400 cm^{-1} và 1000 cm^{-1} lần lượt được quy cho là đặc trưng của dao động của nhóm OH và C–OH. Bên cạnh đó, có thêm sự biến mất của peak ở vùng 3010 cm^{-1} tương ứng với liên kết =CH và 1655 cm^{-1} ứng với liên kết đôi C=C. Điều này một lần nữa khẳng định việc tổng hợp thành công bio-polyol từ dầu thực vật.



Hình 4. Phổ IR của dầu hướng dương và sản phẩm bio-polyol sau phản ứng

https://doi.org/10.62239/jca.2025.048

Để so sánh các phương pháp tổng hợp bio-polyol, đã tiến hành tổng hợp bio-polyol từ dầu hướng dương theo phương pháp sử dụng hệ tác nhân H_2O_2 và HCOOH; và sử dụng H_2O_2 kết hợp xúc tác zeolit kế thừa từ các nghiên cứu trước [2,3]. Cụ thể, sử dụng hệ phản ứng là H_2O_2 và HCOOH, tiến hành ở điều kiện: nhiệt độ phản ứng 50 °C, thời gian phản ứng: 5h, tỉ lệ tác nhân H_2O_2:dầu là 5:1, tỉ lệ HCOOH:dầu là 1:2,5; Trong khi đó, nghiên cứu sử dụng hệ phản ứng là chất oxi hóa H_2O_2 và xúc tác zeolit, tiến hành ở điều kiện: Tỉ lệ H_2O_2: dầu: 5:1, mức dùng xúc tác là 7,5%, nhiệt độ phản ứng 60 °C, thời gian phản ứng 5h. Kết quả thu được từ hai phương pháp này được tổng hợp trong bảng 1:

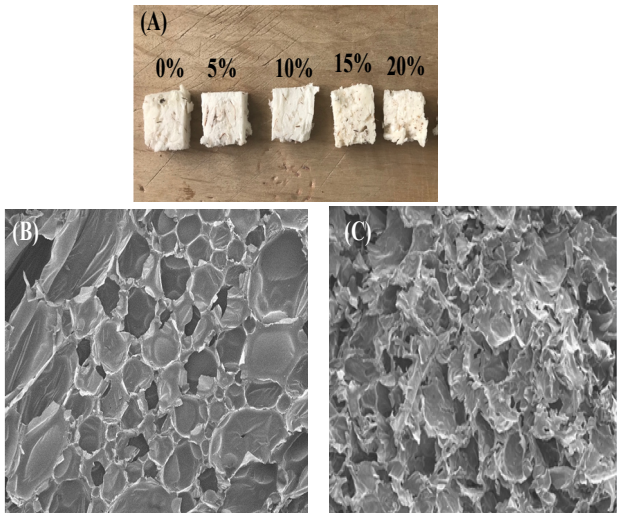
Bảng 1. Chỉ số hydroxyl của bio-polyol từ các phương pháp tổng hợp khác nhau

Phương pháp	Chỉ số hydroxyl, mg KHO/g
H_2O_2+ HCOOH	183,6
H_2O_2+zeolit	151,8

Từ kết quả thu được ta thấy rằng bio-polyol đã được tổng hợp thành công bằng cách hydroxyl hóa dầu hướng dương trong quá trình chuyển hóa dầu hướng dương một bước thông qua quá trình epoxy hóa và sau đó là quá trình mở vòng epoxy sử dụng các hệ tác nhân/xúc tác là H_2O_2+HCOOH và H_2O_2+zeolit. Cũng từ kết quả nhận thấy rằng khi sử dụng hệ phản ứng NMO và xúc tác OsO_4 thì kết quả chỉ số hydroxyl của bio-polyol thu được cao hơn so với hai hệ phản ứng trên. Điều này có thể được giải thích do. Hệ NMO/OsO_4 có khả năng hydroxyl hóa trực tiếp nên mỗi nối đôi sinh ra hai –OH với độ chuyển hóa và chọn lọc cao, cho nên chỉ số hydroxyl lớn nhất. Hệ H_2O_2/HCOOH tạo epoxide rồi mới mở vòng; quá trình mở vòng và thủy phân formate không triệt để dẫn đến một phần chỉ tạo ra 1 nhóm –OH hoặc còn epoxide chưa chuyển hóa, nên chỉ số hydroxyl thấp hơn. Với H_2O_2/zeolit, xúc tác dị thể ưu tiên tạo ra nhóm epoxy và bị giới hạn khuếch tán, khiến cho nhiều epoxide không chuyển thành diol, vì vậy OHV thấp nhất. Tuy nhiên, hệ phản ứng NMO/OsO_4 sử dụng tác nhân phản ứng và xúc tác đều độc hại, có ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người cũng như rất đắt tiền. Trong khi kết quả thu được thì chỉ số hydroxyl cũng không cao hơn quá nhiều so với hệ tác nhân H_2O_2 và xúc tác HCOOH. Hệ tác nhân H_2O_2+HCOOH cho kết quả chấp nhận được, hệ chất phản ứng thân thiện và không đắt do đó hệ phản ứng này được lựa chọn để tổng hợp polyol từ dầu hướng dương, ứng dụng tạo xốp sinh học trên nền bio-poly urethan.

Chế tạo vật liệu xốp nguồn gốc sinh học

Với mong muốn tăng cường sử dụng các vật liệu "xanh", nguồn gốc sinh học và chế tạo vật liệu xốp polyurethane dựa trên bio-polyol nguồn gốc sinh học có khả năng hấp phụ dầu cao, một phần bio-polyol đã tổng hợp được thay thế cho polyol nguồn gốc hóa dầu trong thành phần A (polyolic) của xốp polyurethane. Trong tất cả các thực nghiệm tạo xốp, tỉ lệ NCO/OH được giữ cố định NCO/OH = 1,1, lượng tác nhân thổi nước tương ứng 4 pbw, lượng xúc tác tương ứng với 0,2 pbw, lượng chất hoạt động bề mặt tương ứng 0,35 pbw, được thêm vào thành phần A (polyolic).



Hình 4. (A) Hình ảnh của xốp PU với tỉ lệ bio-polyol dầu hướng dương (lần lượt từ trái qua phải là 0, 5, 10, 15, 20%), độn 5% bã mía; Hình ảnh SEM (B) của xốp PU và (C) xốp sinh học PU độn 20% bã mía.

Hình thái của vật liệu xốp PU nguyên chất (Hình 4) cho thấy cấu trúc xốp với các mao quản thể hiện sự phân bố lỗ rỗng không đồng nhất. Tất cả các mẫu đều có lớp màng mỏng, do pha giãn nở, được phân loại là các tế bào kín (closed cell). Ảnh SEM của vật liệu composite cho thấy có rất nhiều mao quản với kích thước mao quản quan sát được có xu hướng không đồng đều, sự hình thành cấu trúc tế bào kém đồng nhất và biến dạng hơn khi bổ sung sợi từ bã mía.

Thực nghiệm quan sát được cho thấy khi mức độ sử dụng bio-polyol tăng khối lượng riêng của vật liệu PU (0,06 g/cm^3 khi dùng 100% polyol thương phẩm; 0,104 g/cm^3 khi dùng 10% bio-polyol và 0,136 g/cm^3 khi dùng 15% bio-polyol) tăng dẫn đến vật liệu nặng hơn và chìm hơn, có thể là yếu tố cản trở khi xử lý sự cố tràn dầu trên biển. Do đó để đảm bảo sự hình thành xốp, thuận lợi cho quá trình sử dụng và để thu được vật liệu xốp có dung lượng hấp phụ dầu cao, mức độ

https://doi.org/10.62239/jca.2025.048

sử dụng bio-polyol trong vật liệu polyurethane được chọn ở mức 15%. Tỉ lệ này tương đồng với kết luận trong các nghiên cứu khác nhau và tương đương với mức dùng bio-polyol từ dầu thực vật của một số sản phẩm trên thị trường trong công thức xốp PU [7,8].

Trong các nghiên cứu trước đó, xơ sợi thực vật được thêm vào mạng lưới xốp polyurethane đã được chứng minh giúp tăng khả năng tách dầu của vật liệu hấp phụ [2-4]. Do đó, trong nghiên cứu này đã sử dụng xơ sợi bã mía sau tiền xử lý bằng nước nóng với kích thước 1 mm để độn vào nền PU để chế tạo vật liệu xốp sinh học kết hợp bio-PU và biomass, có khả năng hấp phụ dầu cao. Khả năng hấp phụ dầu của vật liệu mới được đưa ra trong bảng 2.

Bảng 2. Hệ số hấp phụ dầu của xốp nguồn gốc sinh học PU-bã mía

Mẫu	Hệ số hấp phụ dầu, (g dầu/g vật liệu)		
	30 phút	60 phút	120 phút
Bã mía	3,07	4,10	4,89
Xốp Bio-PU	3,65	4,92	5,61
Xốp Bio-PU độn bã mía	7,93	11,34	15,78

Khi độn xơ sợi thực vật vào xốp polyurethane khiến độ hấp phụ của xốp PU tăng lên là do khi thêm xơ sợi bã mía vào trong quá trình hình thành xốp, các màng (vách ngăn) bị biến đổi dẫn đến cấu trúc của xốp PU "mở hơn", có nhiều ô mở (open-cell) hơn thay vì nhiều các ô đóng (close-cell) như xốp PU ban đầu [9]. Điều này được thấy rõ như trong hình ảnh SEM của PU không độn và vật liệu xốp PU độn bã mía (hình 4B,C). Hàm lượng ô mở cao giúp cho dầu khi hấp phụ vào có thể di chuyển dễ dàng giữa các ô với nhau vào trong xốp thay vì bị cản trở bởi các vách ngăn như trước đây.

Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu thu được trên, có thể đưa ra các kết luận như sau:

1. Đã so sánh các phương pháp tổng hợp bio-polyol từ dầu hướng dương. Phương pháp sử dụng hệ tác nhân H_2O_2+HCOOH được lựa chọn (từ ba phương pháp sử dụng các hệ tác nhân: H_2O_2+HCOOH, H_2O_2+zeolit và NMO/OsO_4) do đây là phương pháp thu được chỉ số hydrol của sản phẩm bio-polyol tương đối cao trong khi tác nhân phản ứng tương đối thân thiện và giá thành hợp lý.

2. Đã nghiên cứu chế tạo thành công vật liệu xốp nguồn gốc sinh học có dung lượng hấp phụ dầu cao với hàm lượng độn xơ sợi bã mía 1mm là 20%wt; thành phần polyol gồm có 15%wt bio-polyol, 85%wt polyol thương phẩm, tỉ lệ NCO/OH là 1,1. Kết quả thu được cho thấy khả năng hấp phụ dầu của vật liệu xốp mới tương đối cao, đạt khoảng 15,8 g dầu/g vật liệu hấp phụ, tăng gấp 3 lần so với xốp PU từ bio-polyol không độn thành phần xơ sợi.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách Khoa Hà Nội trong đề tài mã số T2023-PC-105.

Tài liệu tham khảo

1. O. S. H. Santos, M. Coelho da Silva, V. R. Silva, W. N. Mussel, M. I. Yoshida, J. Hazard. Mater. 324 (2017) 406–413. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.004
2. T. D. Cuong, L. Q. Dien, P. H. Hoang, RSC Adv. 14 (2024) 6938–6947. https://doi.org/10.1039/d4ra00469h
3. P. H. Hoang, H. T. Dat, RSC Adv. 14 (2024) 20974–20981. https://doi.org/10.1039/d4ra03671a
4. L. S. Martins, N. C. Zanini, L. S. Maia, A. G. Souza, R. F. S. Barbosa, D. S. Rosa, D. R. Mulinari, Chemosphere 267 (2021) 129288. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129288
5. H. L. S. Maia, N. C. Zanini, A. M. Claro, N. C. do Amaral, H. S. Barud, D. R. Mulinari, J. Appl. Polym. Sci. 138 (2021) 51259. https://doi.org/10.1002/app.51259
6. P. H. Hoang, H. T. Dat, T. D. Cuong, L. Q. Dien, RSC Adv. 12 (2022) 14976–14985. https://doi.org/10.1039/d2ra01349e
7. L. L. Monteavaro, E. O. da Silva, A. P. O. Costa, D. Samios, A. E. Gerbase, C. L. Petzhold, J. Am. Oil Chem. Soc. 82 (2005) 365–371. https://doi.org/10.1007/s11746-005-1065-0
8. J. G. Vijayan, A. Chandrashekar, A. G. Jineesh, T. N. Prabhu, P. Kalappa, Polym. Polym. Compos. 30 (2022) 1–18. https://doi.org/10.1177/09673911221110347
9. M. Gandara, D. R. Mulinari, F. M. Monticeli, M. R. Capri, J. Nat. Fibers 18 (2021) 1983–1994. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1710653