

## NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VI SỢI CELLULOSE TỪ VI KHUẨN ỨNG DỤNG LÀM VẬT LIỆU COMPOSITE NỀN EPOXY

HUỶNH ĐẠI PHÚ<sup>1,2</sup>, ĐẶNG QUỐC ĐẠT<sup>2</sup>, NGUYỄN BÁ GIÁP<sup>2</sup>, ĐINH TIẾN HẢI<sup>2</sup>,  
NGUYỄN VŨ VIỆT LINH<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Vật Liệu – Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh,

<sup>2</sup>Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia về Vật Liệu Polyme và Compozit – Trường Đại học Bách Khoa  
Thành phố Hồ Chí Minh;

hdphu@hcmut.edu.vn, nguyenvuvietlinh@hcmut.edu.vn

**Tóm tắt.** Nghiên cứu này tập trung vào quy trình chế tạo vi sợi cellulose (MBC) từ vi khuẩn *Acetobacter xylinum* và đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng vi sợi đến cơ tính vật liệu composite. Vi sợi cellulose được tổng hợp bằng phương pháp nhân giống và nuôi cấy chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum* và được làm sạch bằng cách xử lý kiềm. Sau đó màng vi sợi cellulose được dùng để chế tạo vật liệu composite nền nhựa epoxy. Sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để đánh giá hình thái, độ đồng đều và kích thước sợi sau xử lý. Tính chất cơ lý của mẫu composite được đánh giá thông qua đo độ bền kéo, độ bền uốn và các giá trị modul tương ứng với các tỉ lệ vi sợi/epoxy là 0,5%, 1% và 2% về khối lượng. Kết quả nghiên cứu cho thấy đã tổng hợp thành công vi sợi cellulose bằng chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum*. Tỷ lệ sợi/nhựa là 1% về khối lượng cho quá trình đóng rắn và mẫu composite đạt cơ tính tối ưu.

**Từ khóa.** Vi sợi cellulose (MBC); *Acetobacter xylinum*; Composite.

### STUDY OF FABRICATION MICROFIBRILLATED BACTERIAL CELLULOSE FOR EPOXY MATRIX COMPOSITE APPLICATION

**Abstract.** This study focused on the fabrication microfibrillated bacterial cellulose nanofibers (BC) by *Acetobacter xylinum* bacteria and followed by evaluating the influence of BC content on the mechanical properties of composite materials. Microfibrillated cellulose was formed by breeding and culturing the bacterium *Acetobacter xylinum* and was purified by the alkaline treatment. Then, they were applied to reinforce for epoxy matrix composite. BC samples were characterized by using scanning electron microscopy (SEM) to evaluate morphology, homogeneousness and size of BC. Composite specimens were measured tensile and flexural strength corresponding with alternative nanofibers/epoxy ratio as 0.5%, 1% and 2%. The results showed that BC was synthesized successfully by *Acetobacter xylinum* bacteria. The optimal fibers/epoxy ratio is 1% (wt/wt) because of effective curing and good mechanical properties.

**Keywords.** Microfibrillated bacterial cellulose; *Acetobacter xylinum*; Composite.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển nhanh chóng của khoa học công nghệ hiện đại và yêu cầu khắt khe về kỹ thuật của các sản phẩm polymer và composite trong đời sống thực tiễn, ngành khoa học vật liệu ngày càng phát triển với mục tiêu là nghiên cứu và ứng dụng các loại vật liệu composite độ bền cao, tỷ trọng thấp, đáp ứng được yêu cầu cao về khả năng làm việc, thân thiện với môi trường và không gây độc hại cho sức khỏe con người [1]. Có rất nhiều loại composite đi từ nguyên liệu sợi thiên nhiên như sợi dứa dại, sợi đay, sợi xơ dừa...kết hợp với các loại nhựa như epoxy, vinyl este, ureformaldehyt...đã được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tiễn. Nhựa epoxy có nhược điểm là khá cứng, giòn, khả năng chống chịu tác động phá hủy cơ học kém nên ảnh hưởng xấu tới độ bền cơ học của vật liệu composite nền nhựa epoxy. Chính vì lí do đó, nhiều nghiên cứu đã được đặt ra nhằm tăng cường các tính chất cơ học của vật liệu composite nền epoxy gia cường sợi bằng cách sử dụng các chất độn kích thước nano, trong đó tiêu biểu là các nghiên cứu ứng dụng vi sợi cellulose [2]. Việc nghiên cứu chế tạo sợi cellulose có kích thước cỡ nanomet và ứng dụng chúng vào chế tạo vật liệu composite ngày càng thu

hút được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu do chúng có nhiều đặc tính ưu việt như độ bền và độ cứng cao, tỷ trọng thấp, có khả năng phân hủy sinh học cũng như khả năng tái tạo cao [2, 3]. Vi sợi cellulose hình thành từ vi khuẩn là vật liệu nano có đường kính khoảng vài nanomet, có độ bền cơ học và độ tinh khiết cao đã được sử dụng trong vật liệu composite làm tăng đáng kể độ bền cơ học của vật liệu. *Acetobacter xylinum* là loại vi khuẩn có đặc tính sinh tổng hợp vi sợi cellulose trong điều kiện môi trường thích hợp. Việc nghiên cứu sử dụng chủng vi khuẩn này đưa vào nuôi cấy nhằm tổng hợp vi sợi cellulose là hướng nghiên cứu đầy hứa hẹn, là cơ sở cho các nghiên cứu sâu hơn về vi sợi cellulose hình thành nhờ vi khuẩn và khả năng ứng dụng đa dạng của loại vật liệu này [3, 4].

Cùng với các xu hướng trên, đề tài nghiên cứu này tập trung khảo sát quy trình chế tạo vi sợi cellulose bằng phương pháp nuôi cấy chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum*, xử lý sợi thu được và ứng dụng trực tiếp vào chế tạo vật liệu composite nền nhựa epoxy. Trên cơ sở đó tiếp tục khảo sát cơ tính vật liệu tạo thành với mong muốn làm rõ ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến các tính chất cơ học của vật liệu composite.

## 2 THỰC NGHIỆM

### 2.1 Nguyên liệu

Vi sợi cellulose hình thành do vi khuẩn được tổng hợp dưới dạng màng. Nguyên liệu sử dụng để tổng hợp màng cellulose vi khuẩn bao gồm nước dừa già, cao nấm men, đường saccharose, acid acetic và các muối amoni bao gồm amoni sunfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) và amoni hidrophotphat ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ). Chủng vi khuẩn được sử dụng là *Acetobacter xylinum*, được cung cấp bởi Phòng Thí nghiệm Vi sinh thuộc Khoa Sinh học, Đại học Khoa học tự nhiên – Đại Học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh.

Màng cellulose hình thành nhờ vi khuẩn sau khi tổng hợp được xử lý bằng natri hydroxid (NaOH) (Trung Quốc) và ethanol (99,5%, Trung Quốc).

Vật liệu polyme composite được chế tạo trên cơ sở nhựa nền là nhựa epoxy D.E.R 331 (Dow Chemical Company) sử dụng chất đóng rắn diethyltriamine (DETA) xuất xứ Sigma-Aldrich, Mỹ.

### 2.2 Phương pháp tổng hợp màng cellulose vi khuẩn (Bacterial Cellulose - BC)

#### 2.2.1 Hoạt hóa và nhân giống chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum*

Môi trường nuôi cấy vi khuẩn được pha bao gồm các thành phần: Đường saccharose (20 g), Cao nấm men (2 g) và muối amoni ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (8 g) và  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (2 g) tương ứng với thể tích lượng dùng là 1 L nước dừa già. Nước dừa trước khi pha được lọc sạch cặn bẩn, sau đó khuấy đều để hòa tan hoàn toàn các hóa chất. Sử dụng 5 mL dung dịch acid acetic 0,6% để điều chỉnh pH của hệ, pH yêu cầu trong khoảng 3-5 là môi trường lý tưởng cho sự sinh trưởng và phát triển của chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum* [4]. Sau đó chia đều dung dịch đã pha vào các ống nghiệm và bình tam giác rồi bịt kín. Cho ống nghiệm và erlen vào trong nồi hấp vô trùng ở điều kiện áp suất 1 atm, nhiệt độ 121°C trong 15 phút. Sau quá trình hấp vô trùng, tiến hành để nguội và cấy chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum* vào ống nghiệm chứa môi trường vừa tạo, bịt kín và ủ ở nhiệt độ 25-28°C trong 48 giờ. Khi quan sát có xuất hiện các sợi vi khuẩn kéo dưới đáy ống nghiệm và nổi trên bề mặt thành một lớp màng chứng tỏ vi khuẩn đã phát triển và có sản xuất cellulose vi khuẩn.

Giống đã được hoạt hóa cấy vào erlen chứa 150 ml môi trường đã tạo và đã được hấp vô trùng, tiếp tục ủ ở nhiệt độ 25-28°C trong 72 giờ. Erlen chứa chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum* đã được nhân giống sẽ là nguồn để tiến hành tổng hợp màng BC.

#### 2.2.2 Tiến hành lên men bề mặt, thu nhận và xử lý màng BC

Nước dừa già sau khi được lọc sạch cặn bẩn và nấu sôi ở 100°C trong 15 phút để khử khuẩn đem pha môi trường nuôi cấy bằng cách hòa tan đường saccharose và các muối amoni theo đơn pha chế như trong giai đoạn hoạt hóa, sử dụng acid acetic để điều chỉnh pH (pH 3-5). Tiến hành đổ các bình tam giác chứa vi khuẩn *Acetobacter xylinum* đã nhân giống vào các khay đựng theo tỷ lệ 150 mL trên 1L môi trường nuôi cấy. Quá trình tổng hợp màng BC rất quan trọng vấn đề khử khuẩn, vô trùng. Sử dụng đèn cồn hơ đầu ống nghiệm và erlen mỗi khi mở nắp để tránh nhiễm bẩn. Đậy kín các khay đựng và ủ trong vòng 7 ngày ở nhiệt độ phòng. Sau đó, mở khay và lấy màng BC đem rửa với nước và ngâm liên tục trong 2 ngày (thay nước sau mỗi 4 giờ). Kết thúc quá trình này tiến hành để ráo và phơi khô, thu nhận được màng BC

thô. Màng BC thô đem xay nhỏ để giảm kích thước và để xử lý bằng hóa chất. Hỗn hợp sau khi xay được đem đi lọc hút chân không rồi đem phân tán vào dung dịch NaOH 2,5% và ngâm trong 12 giờ. Sau khi ngâm, tiếp tục rửa sạch bằng ethanol và nước, lọc hút chân không để loại NaOH. Nước sau khi lọc được thử bằng phenolphthalein đến khi nào không còn NaOH thì dừng. Kết thúc quá trình xử lý ta thu được BC ẩm.

### 2.3 Phương pháp chế tạo vật liệu composite

Vi sợi cellulose tổng hợp tồn tại dưới dạng gel trong nước, vì vậy cần phải loại bỏ nước trước khi phân tán vào nhựa nền bằng phương pháp sấy trong tủ sấy ở nhiệt độ 80°C trong 6 giờ để loại bỏ hoàn toàn nước và ethanol trong BC ẩm. Cân lượng nhựa epoxy và BC theo các tỷ lệ BC là 0,5%, 1%, 2%, 4% và 6% tính theo khối lượng BC khô rồi khuấy trộn hỗn hợp bằng máy khuấy cơ học với tốc độ 2000 vòng/phút kết hợp gia nhiệt ở 80°C để phân tán đều vi sợi BC vào trong nhựa và loại bỏ hết ethanol và nước. Chất đóng rắn DETA theo tỷ lệ đương lượng với epoxy rồi phân tán đều vào hỗn hợp BC/epoxy. Vật liệu composite trên cơ sở nhựa epoxy cốt vi sợi cellulose được chế tạo theo phương pháp đổ khuôn, sau đó mẫu composite được sấy ở 80°C trong 5 giờ để đóng rắn hoàn toàn.

### 2.4 Phương pháp đánh giá chất lượng màng BC và xác định cơ tính của vật liệu composite

Cân 5 mẫu BC ẩm  $m_0 = 20,02$  g đem sấy ở 80°C cho đến khi khối lượng không đổi (khoảng 6 giờ) để loại bỏ hoàn toàn nước và ethanol nhằm đánh giá hàm lượng phần khô.

Vi sợi cellulose sau khi tổng hợp được đánh giá hàm lượng phần khô bằng cân kỹ thuật 2 số lẻ SPS402F của hãng Ohaus – Mỹ. Đồng thời tiến hành chụp ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) trước và sau khi xử lý NaOH để đánh giá cấu trúc và tổ chức sợi. Mẫu được chụp SEM bằng máy Hitachi S4800 – Nhật Bản tại Phòng Thí nghiệm Nano, Khu công nghệ cao Thành phố Hồ Chí Minh.

Độ bền của vật liệu composite được kiểm tra theo các tiêu chuẩn sau: Độ bền kéo theo tiêu chuẩn ASTM D638 và Độ bền uốn theo tiêu chuẩn ASTM D790 trên máy đo cơ tính LLOYD LR30K- Anh Quốc.

## 3 KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

### 3.1 Kết quả khảo sát tính hút ẩm của vi sợi BC sau quá trình tổng hợp và xử lý

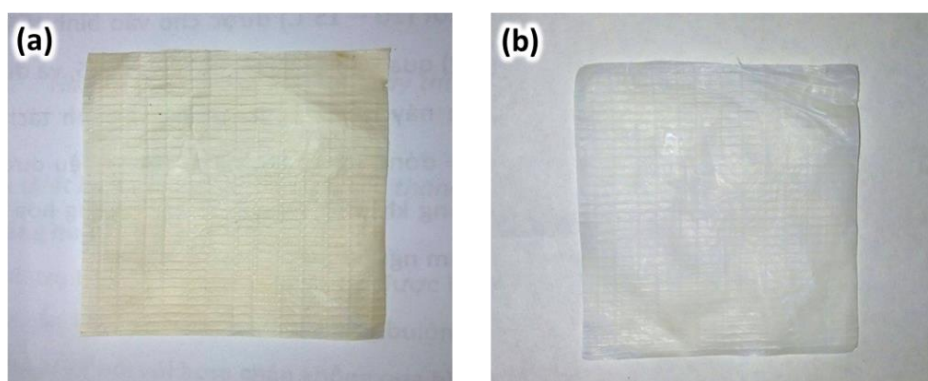
Bảng 1. Hàm lượng phần khô trong các mẫu thử BC sau quá trình xử lý hóa chất

Mẫu	Khối lượng mẫu trước sấy (g)	Khối lượng mẫu sau sấy (g)	Hàm lượng khô (%)
1	20,02	0,85	4,25
2		0,88	4,40
3		0,92	4,60
4		0,82	4,10
5		0,81	4,05
Trung bình	20,02	0,86	4,28

Thông qua việc xác định hàm lượng khô trong mẫu BC, đã đồng thời khảo sát đánh giá được mức độ hút ẩm của vi sợi cellulose tổng hợp bằng vi khuẩn. Do BC cũng là một loại cellulose nên có tính chất của sợi cellulose thông thường đó là tính hút ẩm rất mạnh, lực ẩm cao, điều này được thể hiện thông qua bảng 1, hàm lượng khô trong mẫu chỉ chiếm 4,28% tổng khối lượng mẫu. Hàm lượng khô này thậm chí còn thấp hơn hàm lượng khô trong các mẫu cellulose thực vật. Điều này có thể giải thích do cellulose vi khuẩn có độ tinh khiết cao, không có sáp, lignin, hemicellulose và pectin nên có hàm lượng tinh thể cao, tăng khả năng giữ nước. Ngoài ra, cellulose tổng hợp bằng vi khuẩn được định hướng trong quá trình tổng hợp, tạo thành các màng bền [4, 5].

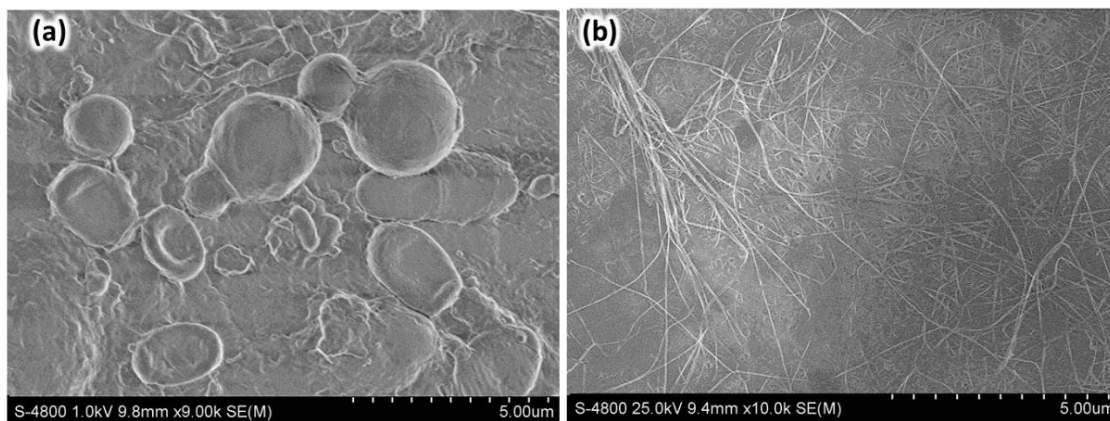
### 3.2 Ảnh hưởng của phương pháp xử lý bằng NaOH tới hình thái và cấu trúc của vi sợi

Xét về mặt cảm quan BC sau khi xử lý bằng NaOH có độ trong suốt cao hơn rất nhiều so với BC trước khi xử lý (Hình 1). NaOH thể hiện tính kiềm mạnh làm các bó vi sợi có khả năng cuộn xoắn lại. Những tác động này sẽ càng rõ ràng hơn khi nồng độ dung dịch NaOH tăng lên làm suy yếu độ cứng và độ bền của sợi BC. Vì vậy, cần sử dụng dung dịch NaOH để xử lý mẫu BC ở nồng độ thấp cần thiết, ở đây chọn 2,5%, nguyên nhân liên quan đến sự thay đổi hình thái và cấu trúc vi sợi dưới sự tác động của dung dịch kiềm.



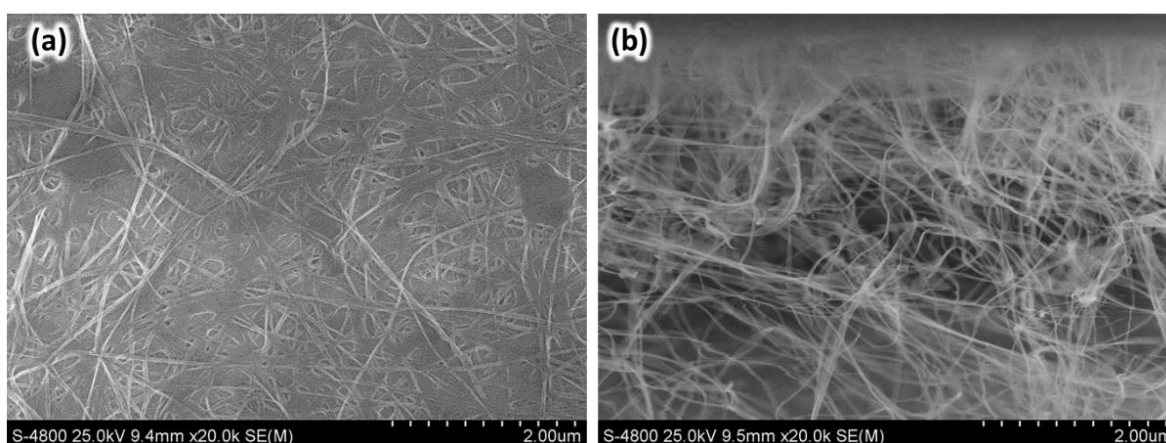
Hình 1. Hình ảnh của mẫu BC: a) Khi chưa xử lý, b) Khi đã xử lý bằng NaOH 2,5%

Để quan sát sự thay đổi hình thái cấu trúc vi sợi trước và sau khi xử lý NaOH đã sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM), kết quả thể hiện qua hình 2. Đối với mẫu BC khi chưa được xử lý bằng NaOH, các vi sợi cellulose dính lại với nhau thành tấm. Đối với mẫu đã xử lý NaOH các vi sợi tách nhau ra rõ ràng hơn nhiều và đan xen lẫn nhau, phần lớn các vi sợi quan sát được có đường kính khá đồng đều, đồng thời vẫn giữ mật độ liên kết giữa các tập hợp sợi rất chặt chẽ.



Hình 2. Ảnh SEM bề mặt của mẫu BC: a) Khi chưa xử lý, b) Khi đã xử lý bằng NaOH 2,5%

Có thể giải thích điều này là do tác dụng của NaOH xen vào giữa các sợi làm cho mẫu BC trương lên, tách các sợi ra, để lộ ra các vi sợi cellulose trên bề mặt do đó có thể quan sát rõ ràng cấu trúc của vi sợi hơn. Đồng thời, NaOH giúp loại bỏ các tạp chất còn dư trong quá trình nuôi cấy tồn tại trong mẫu cũng như xác vi khuẩn hay lớp màng nhầy do vi khuẩn tiết ra nằm xen kẽ, che lấp các bó sợi. Tuy nhiên tác dụng của NaOH vẫn chưa triệt để do có một lượng lớn các nhóm hydroxyl trên bề mặt vi sợi nên luôn có xu hướng tạo thành các liên kết hydro giữa các vi sợi với nhau rất mạnh mẽ dẫn đến sự dính kết của các vi sợi lại với nhau [6].

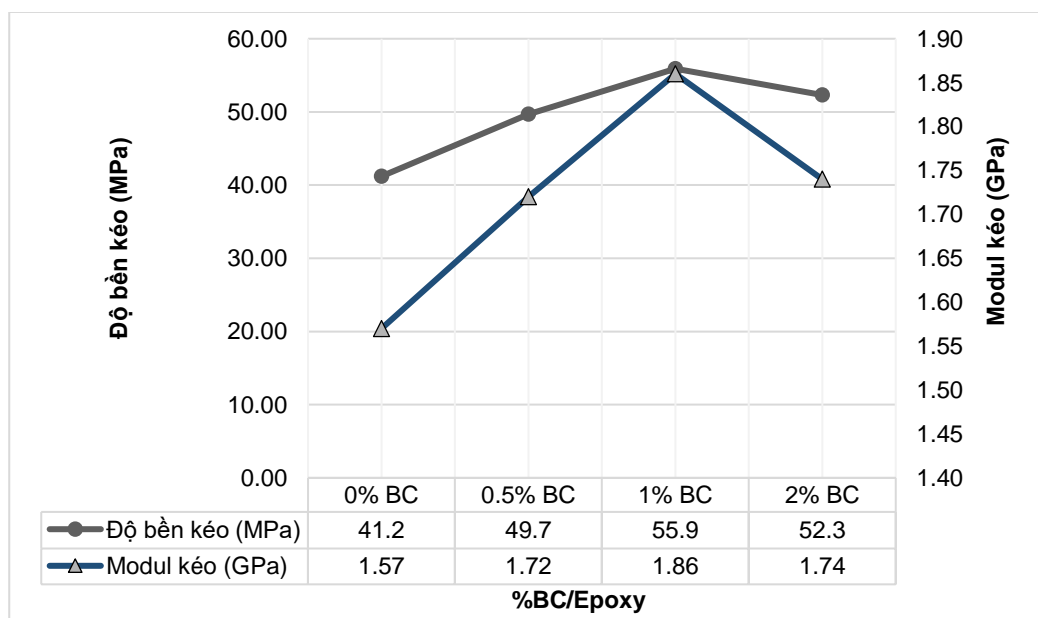


Hình 3. Ảnh SEM ở độ phóng đại 20000 lần (a) bề mặt và (b) mặt cắt ngang BC đã xử lý bằng NaOH 2.5%

Ảnh SEM thể hiện lớp bó sợi cellulose dài bong tróc ra khỏi bề mặt màng, đan xen lẫn nhau. Tuy nhiên, bên trong vẫn còn nhiều lớp sợi cellulose còn bện chặt với nhau do NaOH chưa làm tách được hoàn toàn các sợi ra (Hình 3). Sợi BC có đường kính sợi trong khoảng 30 – 140 nm thích hợp để sử dụng làm cốt sợi nano gia cường cho vật liệu composite.

### 3.3 Ảnh hưởng của hàm lượng vi sợi cellulose tới tính chất cơ học của vật liệu composite trên cơ sở nhựa epoxy

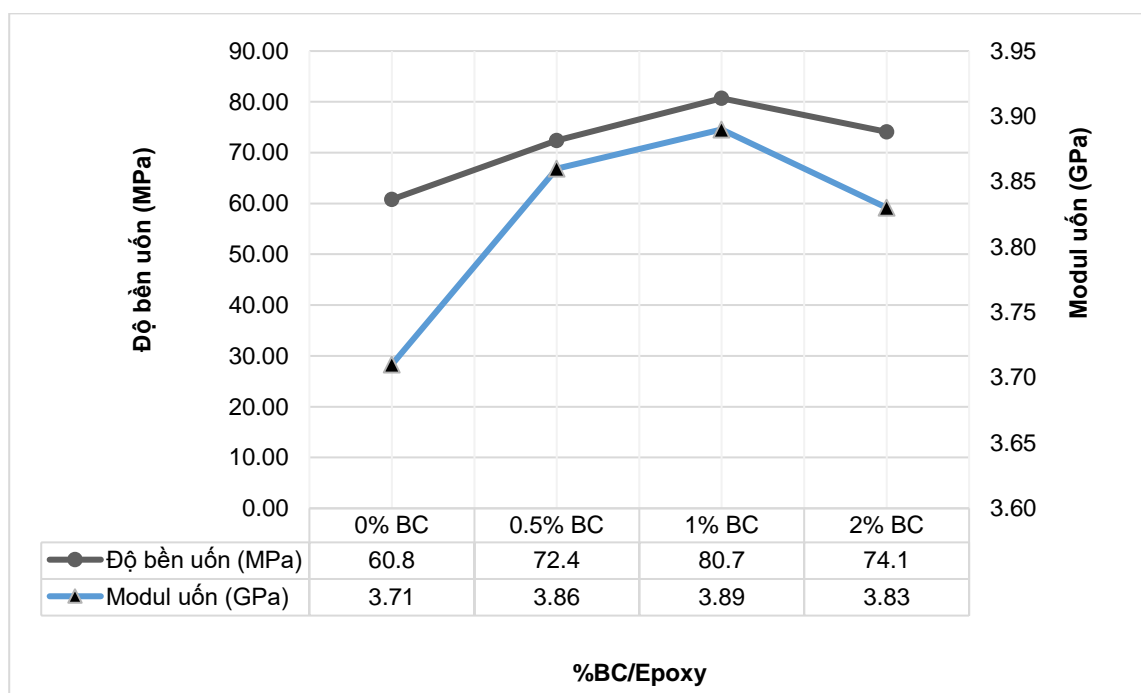
Tính chất cơ học của vật liệu composite chế tạo từ nhựa nền epoxy kết hợp với sợi gia cường cellulose vi khuẩn (BC) được khảo sát ở các tỷ lệ BC/epoxy là 0%, 0,5%, 1%, 2% và 4%. Khi tăng hàm lượng BC lên thì độ nhớt của hỗn hợp tăng dần và trong trường hợp hàm lượng BC tăng lên tới 4% thì độ nhớt của hỗn hợp quá cao khi đưa về nhiệt độ phòng dẫn tới không thể tiến hành trộn chất đóng rắn DETA cũng như không thể đổ khuôn được, do đó chỉ có thể khảo sát tính chất cơ học của các mẫu composite có hàm lượng BC lần lượt là 0%, 0,5%, 1%, 2% (Hình 4).



Hình 4. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo và modul kéo của các mẫu sợi BC/epoxy composite

Từ hình 4 và hình 5 có thể thấy rằng ở tỷ lệ 1% về khối lượng giữa BC với nhựa nền epoxy thì cơ tính của mẫu composite tăng lên rõ rệt, điều này thể hiện qua việc các giá trị độ bền (ứng suất tối đa tại thời điểm mẫu bị phá hủy), modul tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng sợi BC gia cường và đạt giá trị tối đa

tại hàm lượng 1% BC (độ bền kéo đạt 55,9 MPa, modul đàn hồi kéo đạt 1,86 GPa, độ bền uốn đạt 80,7 MPa, modul đàn hồi uốn đạt 3,89 GPa). Tuy nhiên, khi hàm lượng BC ở mức 2% thì độ bền kéo cũng như modul kéo bị giảm xuống điều này là do khi hàm lượng sợi BC quá cao nên nhựa epoxy không thấm đều được lên sợi. Ngoài ra, sau khi trộn BC vào thì độ nhớt tăng lên khá mạnh nên khi trộn tác nhân đóng rắn DETA vào sẽ không đều điều này dẫn đến có những chỗ không đủ lượng DETA để đóng rắn, trong khi đó lại có những chỗ dư DETA. Kết hợp hai yếu tố trên làm cho độ bền kéo và modul kéo giảm khá mạnh ở mẫu composite có hàm lượng 2% BC.



Hình 5. Biểu đồ thể hiện độ bền uốn và modul uốn của các mẫu sợi BC/epoxy composite

Kết quả đo cơ tính tăng rõ rệt tại tỷ lệ 1% sợi/nhựa thể hiện tác dụng gia cường rất lớn của vi sợi BC đối với nhựa nền epoxy khi sử dụng ở hàm lượng thích hợp. Đánh giá về khả năng gia cường của sợi BC nhìn chung đã đạt yêu cầu cũng như không có sự khác biệt đáng kể khi so sánh với sợi cellulose thực vật. Các kết quả đo cơ tính trên cũng phù hợp với một số công bố về các loại vi sợi cellulose khác [5, 7, 8]. Vì vậy, chọn tỷ lệ 1% về khối lượng sợi BC/Epoxy là tỷ lệ tối ưu.

#### 4 KẾT LUẬN

Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công vi sợi cellulose được hình thành nhờ chủng vi khuẩn *Acetobacter xylinum* từ các nguyên vật liệu dễ tìm, chi phí thấp như nước dừa già, đường saccharose với quy trình nuôi cấy tiến hành đơn giản, không đòi hỏi nhiều thiết bị đắt tiền, đạt được hiệu suất tương đối tốt. Vi sợi được làm sạch và tách rời bằng phương pháp sấy chân không kết hợp với xử lý kiềm. Nghiên cứu đã đánh giá được hình thái, cấu trúc và kích thước vi sợi sau xử lý, qua đó kiểm chứng hiệu quả của quá trình xử lý kiềm, sự phân bố tương đối đều và đặc tính hút ẩm của vi sợi cellulose hình thành do vi khuẩn. Vi sợi cellulose, được chế tạo từ vi khuẩn có kích thước sợi cỡ nanomet, phù hợp cho ứng dụng làm cốt sợi nano gia cường trong vật liệu composite.

Nghiên cứu phân tán thành công vi sợi cellulose trong nhựa nền epoxy và chế tạo mẫu vật liệu composite từ hai thành phần này, đồng thời đánh giá một số tính chất cơ học của vật liệu composite, ảnh hưởng của hàm lượng sợi tới các tính chất cơ học, từ đó khảo sát và chọn ra tỷ lệ hàm lượng sợi thích hợp là tỷ lệ 1% về khối lượng sợi/nhựa cho quá trình đóng rắn cũng như cho mẫu composite đạt cơ tính tối ưu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đoàn Thị Thu Loan, Lê Văn Quang, Cao Đức Tâm, *Nghiên cứu chế tạo vật liệu composite từ trấu và nhựa polypropylene*, Báo cáo Hội nghị Sinh viên Nghiên cứu khoa học lần thứ 8, Đại học Đà Nẵng, 1-6, (2012).
- [2] C. M. Manjunatha, Ramesh Bojja, N. Jagannathan, A. J. Kinloch, A. C. Taylor, *Enhanced fatigue behavior of a glass fiber reinforced hybrid particles modified epoxy nanocomposite under WISPERX spectrum load sequence*, International Journal of Fatigue, 54, pp.25-31, 2013.
- [3] Phan Thị Minh Ngọc, Vũ Minh Đức, Phạm Thị Lánh, Đoàn Thị Yến Oanh, Ngô Huy Đô, *Nghiên cứu chế tạo vật liệu polyme composite từ hệ nhựa Epoxy/DDS gia cường sợi thủy tinh có mặt vi sợi cellulose. Phần 4. Ảnh hưởng của vi sợi cellulose hình thành do vi khuẩn đến tính chất cơ học và độ bền môi của vật liệu polyme composite từ nhựa epoxy*, Tạp chí Hóa học, 53(3), 336-340, 2015.
- [4] Đinh Thị Kim Nhung, Nguyễn Thị Thùy Vân, *Tối ưu hóa điều kiện nuôi cấy cho vi khuẩn Acetobacter xylinum D<sub>9</sub>*, Tạp chí Sinh học, 34(3), 337-342, 2012.
- [5] Tạ Thị Phương Hòa, Nguyễn Châu Giang, Vũ Thị Duyên, *Nghiên cứu chế tạo vi sợi cellulose từ sợi luồng ứng dụng làm vật liệu ép*, Tạp chí Hóa học 48(4A), 376-380, 2010.
- [6] Tanja Zimmermann, Evelyn Pohler, Thomas Geiger, *Cellulose fibrils for polyme reinforcement*, Advanced engineering materials 6 (9), pp.745-761, 2004.
- [7] H. Mohamed Gabr, Kazuya Okubo, Mostafa Abd Elrahman, Toru Fujii, *Effect of microfibrillated cellulose on mechanical properties of plain woven CFRP reinforced epoxy*, Compos Struct., 92(9), pp.1999-2006, 2010.
- [8] David Plackett, *Microfibrillated cellulose and New nanocomposite materials: a Review*, Cellulose, 17(3), pp.459-494, 2010.

Ngày nhận bài: 30/09/2017

Ngày chấp nhận đăng: 21/11/2017