

## TỔNG HỢP VÀ KHẢO SÁT MỘT SỐ ĐẶC TÍNH CỦA VẬT LIỆU DỄ PHÂN HỦY SINH HỌC TỪ TINH BỘT KHOAI TÂY

Phạm Duy Thanh, Trần Minh Như, Giang Ngọc Hà  
Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. HCM.

### Tóm tắt

Nhựa có nhiều ứng dụng và đã trở thành một phần thiết yếu trong cuộc sống hằng ngày của con người. Việc sản xuất, sử dụng và thải bỏ nhựa đã gây nên mối nguy hiểm tàng và lâu bền đối với môi trường. Sản xuất các sản phẩm nhựa có khả năng phân hủy sinh học với các chức năng tương tự như nhựa thông thường có thể giúp giảm sự phụ thuộc vào nhựa truyền thống và góp phần ngăn ngừa ô nhiễm môi trường. Trong nghiên cứu này, tinh bột khoai tây được trộn với chất hóa dẻo là glycerol có nồng độ từ 10 - 40% để tổng hợp polyme phân hủy sinh học. Vật liệu sau khi tổng hợp được dùng để khảo sát các đặc điểm cơ học như độ bền kéo, độ giãn dài; phổ hồng ngoại chuyển đổi Fourier, độ hấp thụ nước và khả năng phân hủy sinh học. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ bền kéo đạt giá trị cực đại 8,12 MPa khi nồng độ glycerol là 10%. Độ giãn dài cực đại của vật liệu đạt 45,35% khi nồng độ glycerol là 40%. Khi tăng hàm lượng glycerol giá trị độ bền kéo của vật liệu giảm, độ giãn dài tăng. Kết quả nghiên cứu khả năng phân hủy sinh học của vật liệu cho thấy vật liệu có thể phân hủy sinh học hoàn toàn.

**Từ khóa:** Glycerol; Tinh bột; Quá trình hồ hóa; Độ bền kéo; Độ giãn dài; Phân hủy sinh học

### Abstract

#### *Fabrication and characterization of potato starch-based bioplastics plasticized with glycerol*

Plastics have varied application and have become an essential part of our daily lives. The production, use, and disposal of plastics emerged as a persistent and potential environmental nuisance. Bioplastic products are manufactured to be biodegradable with similar functionality to that of conventional plastics, which has the potential to reduce the dependence on petrochemicals based plastics and related environmental problems. In this research, starch-based bioplastics were made by blending potato starch with various glycerol concentrations from 10 to 40%. The resulting bioplastics were characterized for their mechanical properties: tensile strength and elongation at break, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), water absorption, and biodegradability. Results showed that maximum value of tensile strength was obtained at value of 8.12 MPa with glycerol concentration of 10%. The highest elongation percentage was obtained as much of 45.35% with the addition of 40% glycerol. The increase of glycerol concentration decreased the tensile strengths while the elongation percentage was enhanced. Biodegradability test found that bioplastic could be completely degraded.

**Keywords:** Glycerol; Starch; Gelatinisation; Tensile strength; Elongation at break; Biodegradable

## **1. Giới thiệu**

Ngày nay, nhựa đã trở thành một phần thiết yếu trong cuộc sống hằng ngày của con người, chúng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau: dụng cụ gia đình, thiết bị điện, vật dụng y tế, xây dựng, ô tô và đóng gói. Trên toàn thế giới, ước tính 330 triệu tấn nhựa được sản xuất mỗi năm [1]. Nhựa là vật liệu polymer được sản xuất từ các dẫn xuất của dầu mỏ, thông qua quá trình trùng hợp để hình thành nên các đại phân tử có khối lượng phân tử rất lớn. Dưới điều kiện thích hợp, các mắt xích có trọng lượng phân tử thấp (monomer) sẽ được nối với nhau bằng các liên kết cộng hóa trị và hình thành nên các polymer. Với đặc trưng phân tử lớn, các monomer liên kết với nhau bằng các cầu nối hóa học có năng lượng liên kết lớn, các vật liệu polymer hầu hết cần thời gian dài hơn để có thể phân hủy trong môi trường tự nhiên. Đặc điểm của loại vật liệu polymer này là bền, nhẹ và rẻ tiền so với các loại vật liệu truyền thống như kim loại hay gốm sứ. Các loại nhựa nhiệt dẻo (polyethylene, polypropylene) có khả năng được gia công dễ dàng bằng các công nghệ sẵn có như ép phun (injection molding), thổi khuôn (blown molding) với công suất lớn. Chính điều này làm cho giá thành của các loại sản phẩm nhựa và bao bì trở nên rất rẻ tiền. Độ bền cao, thời gian phân hủy dài và giá thành rẻ lại dẫn đến một vấn đề nghiêm trọng hơn đó là sự tích tụ trong môi trường do sự thiếu ý thức của bản thân người sử dụng. Sự tích lũy chất thải nhựa xuất phát từ nhiên liệu hóa thạch tạo với khả năng phân hủy sinh học kém đã gây nên những tác động xấu đến môi trường [2, 3]. Sản xuất, sử dụng và thải bỏ nhựa đã và sẽ gây ra vấn đề môi trường ngày càng nghiêm trọng nếu không có phương hướng và biện pháp xử lý. Một trong những hướng đi đang được

nghiên cứu hiện nay đó là sử dụng các loại polymer có nguồn gốc thiên nhiên để cải thiện khả năng phân hủy sinh học [3].

Hiện nay, polyme phân hủy sinh học trên cơ sở tinh bột được các nhà khoa học nghiên cứu nhằm mục đích thay thế nhựa truyền thống góp phần giảm ô nhiễm môi trường và hướng tới phát triển bền vững [4]. Menzel (2014) đã thực hiện nghiên cứu về cấu trúc tinh bột và lợi ích của chúng trong sản xuất bao bì đóng gói [5]. Sapei và cộng sự (2015) nghiên cứu tổng hợp polyme sinh học từ tinh bột chuỗi kết hợp với glycerol và chitosan [6]. Adbullah và cộng sự (2019) nghiên cứu tổng hợp và tìm hiểu một số đặc tính của polyme phân hủy sinh học trên cơ sở tinh bột là khoai lang [7]. Trong nghiên cứu này, tinh bột khoai tây sẽ được sử dụng làm nguyên liệu để tạo polyme phân hủy sinh học và xác định một số tính chất đặc điểm cơ học, phổ hồng ngoại chuyển đổi Fourier (FTIR), sự hấp thu nước và khả năng phân hủy sinh học của vật liệu.

## **2. Nguyên vật liệu và phương pháp**

### **2.1. Nguyên vật liệu**

Trong nghiên cứu này tinh bột khoai tây được sử dụng để tổng hợp màng sinh học. Khoai tây được mua tại chợ đầu mối Nông sản Hóc Môn, Tp. HCM. Quy trình thu hồi tinh bột được tóm tắt như sau: khoai tây được rửa sạch, bỏ vỏ, cắt nhỏ và nghiền với nước cất, lọc qua vải bô phần bã, để lắng dịch chứa tinh bột trong 6 giờ, gạn bỏ phần nước và thu được tinh bột ướt [8]. Tinh bột sau đó được phơi khô tự nhiên trong 24 giờ, nghiền mịn bằng cối chày sứ và được dùng làm vật liệu trong nghiên cứu này (Hình 1). Glycerol có độ tinh khiết trên 99,9%, được sản xuất bởi công ty Xilong Scientific Co., Ltd, Trung Quốc.

## Nghiên cứu

### 2.2. Phương pháp tạo màng

Màng sinh học được tổng hợp bằng cách trộn tinh bột khoai tây với glycerol. Nghiên cứu thực hiện 4 thí nghiệm với nồng độ glycerol tương ứng là 10, 20, 30 và 40% (w/w) so với khối lượng tinh bột. Quá trình hồ hóa tinh bột được thực hiện ở nhiệt độ 70°C, bằng cách đun cách thủy

trong thời gian 20 phút. Sản phẩm sau đó được đổ ra khuôn inox (20 x 30 cm) và để khô tự nhiên trong 72 giờ, sau đó sấy ở 50°C trong 1 giờ [9, 10]. Sản phẩm được bảo quản trong bình hút ẩm và dùng để phân tích các thông số cơ học của vật liệu bao gồm độ bền kéo, độ dẫn dài; đặc điểm FTIR, độ hấp thụ nước và khả năng phân hủy sinh học.



a) Khoai tây



b) Lọc bã thu dịch tinh bột



c) Tinh bột khoai tây



d) Đun cách thủy



e) Đổ sản phẩm ra khuôn



f) Màng sinh học

Hình 1: Quá trình tạo polyme phân hủy sinh học

### 2.3. Phương pháp xác định độ bền cơ học

Trong nghiên cứu này, độ dẫn dài và độ bền kéo của vật liệu được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D882. Phân tích được thực hiện tại phòng Vật liệu Hữu cơ, Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng, miền Nam Việt Nam. Mẫu có kích thước 50 x 100 x 0.1 mm. Khoảng cách ban đầu giữa hai ngàm kẹp mẫu là 50 mm, tốc độ kéo là 50 mm/phút. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần để lấy giá trị trung bình.

Độ bền kéo được tính theo công thức sau:

$$\sigma_k = \frac{F}{A} \text{ (Mpa)}$$

Trong đó:

$\sigma_k$  là độ bền kéo (Mpa)

F là lực tác dụng (N)

A là tiết diện ngang của vật mẫu (mm<sup>2</sup>)

Độ dẫn dài khi đứt được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100 \text{ (%)}$$

Trong đó:

$\varepsilon$  độ dẫn dài khi đứt (%)

l chiều dài của đoạn làm việc khi đứt (mm)

$l_0$  chiều dài ban đầu của đoạn làm việc khi đứt (mm)

#### **2.4. Phương pháp phổ hồng ngoại chuyển đổi Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR)**

Phương pháp này giúp xác định sự hiện diện của các nhóm chức có trong vật liệu. Phổ hấp thụ tín hiệu hồng ngoại (IR) được thực hiện trong vùng có số sóng từ 4000 đến 400  $\text{cm}^{-1}$  trên thiết bị Jasco FTIR 6600 series (Nhật Bản). Kỹ thuật đo phản xạ toàn phần tắt dần (attenuation total reflectance - ATR) được áp dụng cho toàn bộ các mẫu.

#### **2.5. Phương pháp xác định độ hấp thụ nước**

Thông số này được đo theo tiêu chuẩn ASTM D570 - 98. Mẫu có kích thước 2 x 2  $\text{cm}^2$  được sấy khô ở nhiệt độ

50°C cho đến khối lượng không đổi, sau đó làm nguội trong bình hút ẩm rồi xác định khối lượng của mẫu trên cân phân tích ( $M_0$ ). Ngâm mẫu vào 100 ml nước cất và để ở điều kiện phòng. Sau một thời gian nhất định mẫu được lấy ra lau khô bằng vải bông sạch, sau đó xác định sự thay đổi khối lượng của mẫu [4].

Độ hấp thụ nước được tính theo công thức sau:

$$Wa = [(M_1 - M_0) \div M_0] \times 100 (\%)$$

Trong đó:

Wa Độ hấp thụ nước (%)

Khối lượng của mẫu sau thời gian thử nghiệm (g)

Khối lượng của mẫu trước thời gian thử nghiệm (g)



a) Hình kéo màng



b) Xác định khả năng phân hủy sinh học

**Hình 2: Hình kéo màng và thí nghiệm xác định khả năng phân hủy sinh học**

#### **2.6. Phương pháp xác định khả năng phân hủy sinh học**

Khả năng phân hủy sinh học của vật liệu được thực hiện trên đĩa petri với môi trường Potato Dextrose Agar (PDA) [7]. Màng sinh học có kích thước 2 x 2 cm được đặt trên môi trường PDA, sau đó bổ sung vi nấm *Aspergillus niger* trên bề mặt môi trường (Hình 2.b). Môi trường được nuôi cấy trong 7 ngày. Khả năng phân hủy sinh học được xác định bằng cách quan

sát sự phát triển của hệ vi sinh vật trên bề mặt vật liệu trong thời gian thử nghiệm.

Ngoài ra, nghiên cứu này cũng thử nghiệm khả năng phân hủy sinh học của vật liệu bằng phương pháp chôn lấp. Vật liệu có kích thước 2 x 2 cm được chôn trong môi trường đất, sau đó cân khối lượng mẫu và tính phần trăm giảm khối lượng theo thời gian [11]. Thí nghiệm này thực hiện trong 45 ngày.

### 2.7. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel Office 2010 và Statgraphics XV, Version 15.1.02. Sử dụng phương pháp phân tích ANOVA và Multiple Range Tests với độ tin cậy 95% để xác định sự khác biệt có ý nghĩa giữa các giá trị trung bình mẫu.

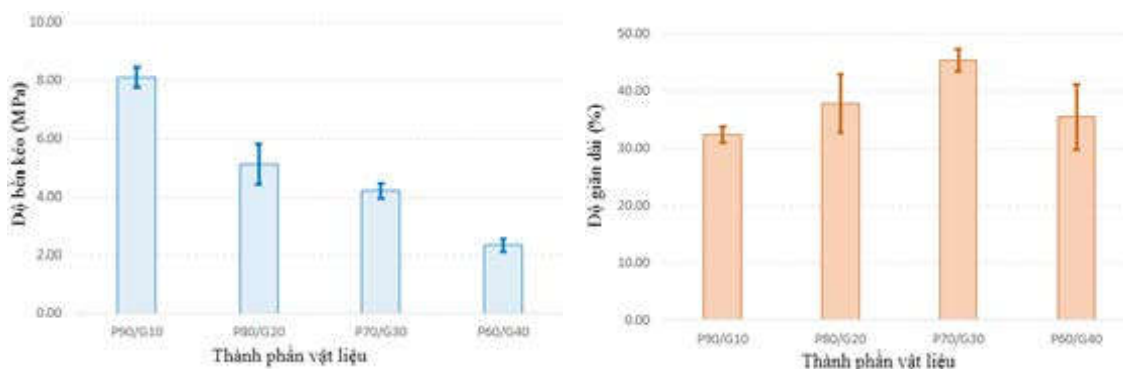
### 3. Kết quả và thảo luận

- **Độ bền cơ học:** Kết quả đo độ bền kéo khi thay đổi tỷ lệ tinh bột và glycerol được biểu diễn trong Hình 3. Như có thể quan sát được, độ bền kéo giảm dần khi hàm lượng glycerol tăng dần. Khi tỉ lệ khối lượng tinh bột khoai tây và glycerol là 90/10 (w/w), vật liệu có độ bền kéo là 8,12 MPa. Trong khi đó, nếu tỉ lệ tinh bột và glycerol là 60/40 (w/w) thì độ bền kéo giảm, đạt giá trị 2,35 MPa. Kết quả phân tích thống kê chỉ ra rằng, có sự khác biệt về mặt thống kê về độ bền kéo ở các mẫu (P-value <0.05).

Kết quả đo độ giãn dài cũng được mô tả trong Hình 3. Kết quả phân tích độ giãn dài của vật liệu cho thấy, giá trị này tăng dần khi lượng glycerol trong vật liệu tăng từ 10 - 30% khối lượng. Tuy nhiên, khi nồng độ của glycerol là 40% thì độ giãn dài lại giảm. Hiện tượng này có thể là do với hàm lượng glycerol là 40% các liên kết bên trong mẫu đã trở nên yếu (độ bền

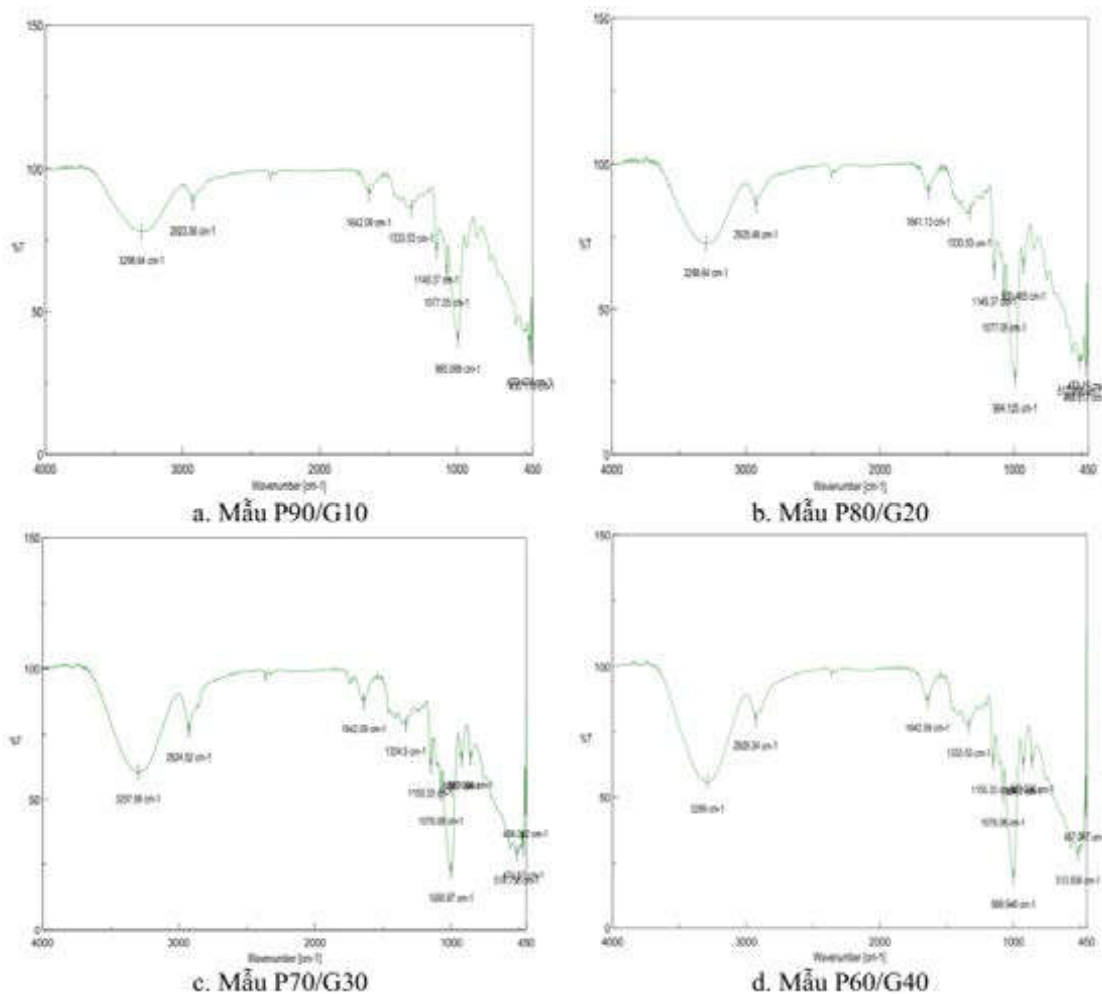
kéo chỉ đạt 2,35 MPa) và mẫu dễ dàng bị đứt trước khi kịp giãn dài theo chiều kéo. Kết quả thống kê chỉ ra rằng, không có sự khác biệt về giá trị độ giãn dài khi hàm lượng glycerol từ 10 - 30%. Điều này chứng tỏ rằng, glycerol đã có tác dụng hóa dẻo rõ rệt lên cơ tính của màng tinh bột làm cho màng trở nên mềm dẻo hơn.

Glycerol có phân tử lượng thấp, dễ dàng thâm nhập vào các mắt xích của polyme, phá vỡ các liên kết nội phân tử của các polyme, hình thành các liên kết phân tử với các polyme làm cho chuỗi polyme mềm dẻo hơn. Nhóm hydroxyl của glycerol có khả năng hình thành các liên kết hydro liên kết phân tử với các nhóm hydroxyl của tinh bột. Kết quả này làm giảm độ bền kéo và tăng độ giãn dài [12]. Kết quả nghiên cứu này tương ứng với các nghiên cứu trước đó. Bergamo và cộng sự (2008), đã thực hiện nghiên cứu tổng hợp màng từ tinh bột mì và glycerol. Kết quả cho thấy độ bền kéo của vật liệu giảm khi hàm lượng tinh bột mì giảm, trong khi đó giá trị độ giãn dài thì biến đổi ngược lại [13]. Abdullah và cộng sự (2019) cũng đã nghiên cứu tổng hợp vật liệu nhựa sinh học từ tinh bột khoai lang và glycerol. Nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng khi hàm lượng tinh bột trong vật liệu tăng thì độ bền kéo tăng, độ giãn dài biến đổi theo hướng giảm [7].



**Hình 3: Độ bền kéo và độ giãn dài của màng sinh học**

- **Phổ FTIR:** Phổ FTIR của các mẫu tinh bột với hàm lượng glycerol khác nhau được biểu diễn trong Hình 4. Như có thể quan sát được trên hình, các mẫu đều xuất hiện các đỉnh có độ hấp thụ cao nhất ở trong vùng 1180 - 950  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng của vòng saccharide của tinh bột. Vùng này bao gồm các dao động kéo dãn (stretching) của C-C và C-O đồng thời là dao động uốn (bending) của liên kết C-H. Các mũi ở 2800  $\text{cm}^{-1}$  là đặc trưng dao động kéo dãn (stretching) của các nhóm C-H. Ngoài ra, đỉnh hấp thụ rộng ở 3300  $\text{cm}^{-1}$  là đặc trưng của nhóm -OH. Cường độ của đỉnh này tăng theo hàm lượng glycerol cho thêm vào tinh bột ngoại trừ nhờ vào nhóm -OH sẵn có của glycerol mà còn nhờ vào sự tăng cường khả năng hút ẩm. Dao động kéo căng của liên kết -OH trong phân tử nước cũng góp phần vào sự gia tăng cường độ hấp thụ hồng ngoại tại số sóng 3300  $\text{cm}^{-1}$ . Hơn nữa đỉnh hấp thụ tại 1600  $\text{cm}^{-1}$  là biểu hiện của nước hấp thụ vào mẫu cũng tăng theo hàm lượng glycerol thêm vào.



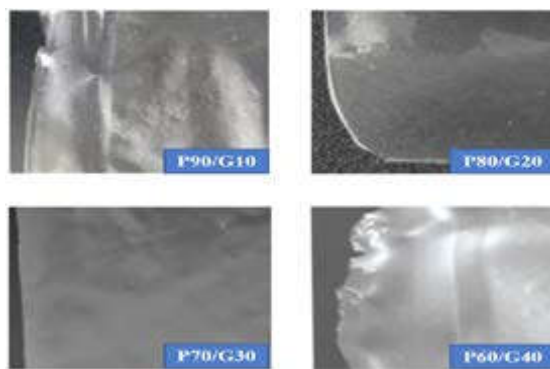
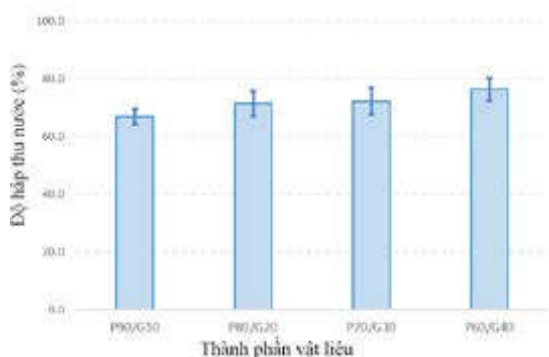
**Hình 4: Kết quả phổ FTIR cho các mẫu tinh bột/glycerol với các tỷ lệ khác nhau**

- **Độ hấp thụ nước:** Thông số độ hấp thụ nước ( $W_a$ ) có ý nghĩa quan trọng trong việc sử dụng vật liệu làm bao gói thực phẩm. Phần lớn các polyme sinh học có khả năng hấp thụ nước cao [4]. Sự tăng khối lượng của màng sinh học thể hiện lượng nước xâm nhập trong màng và biểu diễn bằng tỉ lệ phần trăm. Một cách tổng quát, giá trị này tăng theo thời gian ngâm vật liệu đối với tất cả các mẫu. Bởi vì tinh bột có đặc điểm ưa nước và nước dễ xâm nhập vào các vùng vô định hình [6].

## Nghiên cứu

Độ hấp thu nước của mẫu được tổng hợp ở nghiên cứu này thể hiện trong Hình 5. Kết quả phân tích độ hấp thu nước chỉ ra rằng khi giảm nồng độ tinh bột khoai tây trong mẫu, giá trị độ hấp thu nước tăng dần. Khi tỉ lệ khối lượng tinh bột khoai tây và glycerol là 90/10 (w/w), vật liệu có độ hấp thu nước là 66,9%. Trong khi đó, nếu tỉ lệ tinh bột và glycerol là 60/40 (w/w) thì  $W_a$  có giá trị là 76,4%. Kết quả xử lý thống kê cho thấy có sự khác biệt về

giá trị độ hấp thu nước khi tỉ lệ glycerol chiếm 10% và 40% trong vật liệu. Điều này chứng tỏ rằng, việc bổ sung glycerol vào tinh bột đã có tác dụng làm cho các chuỗi mạch phân tử polysaccharide bị tách rời nhau xa hơn tạo điều kiện cho các phân tử nước dễ dàng xâm nhập hơn. Ngoài ra, bản thân glycerol là vật liệu có độ hấp thu nước tốt cũng là nguyên nhân chính làm cho khả năng trương nở của màng trong nước trở nên lớn hơn.



**Hình 5: Độ hấp thu nước và vật liệu tổng hợp**

Khi sử dụng vật liệu màng sinh học với mục đích bao gói, kết quả  $W_a$  tốt là giá trị thấp chứ không phải cao vì khi giá trị  $W_a$  càng lớn thì vật liệu càng ít có khả năng bảo vệ sản phẩm do nước và có thể làm sản phẩm mau hư hoặc giảm chất lượng [14]. Nói chung, càng nhiều chất hóa dẻo thì khả năng hấp thu nước càng cao và giảm sự kháng nước của vật liệu. Nhưng cần lưu ý là khi các polyme khối lượng phân tử lớn có tính hòa tan nước kém thì sẽ làm giảm tác động của vi sinh vật [3].

**- Khả năng phân hủy sinh học:** Sự phân hủy sinh học của vật liệu được thể hiện ở Hình 6. Sau 7 ngày thí nghiệm, dấu hiện khả năng phân hủy sinh học xuất hiện rõ ràng. Trong 3 ngày đầu, thấy sự xuất hiện của vi nấm trên bề mặt vật liệu, chiếm tỉ lệ khoảng 70% bề mặt vật liệu, ở những ngày tiếp theo vi nấm tiếp tục phát triển và chiếm toàn bộ diện tích bề mặt vật liệu. Kết quả này chỉ ra rằng sự phân giải vật liệu do enzyme của vi nấm xảy ra một cách hiệu quả trong mẫu thí nghiệm (Hình 6.b).

Theo tiêu chuẩn ASTM G -21 về xác định tính kháng nấm của vật liệu polyme tổng hợp thì sự phát triển vi nấm trong trường hợp này được xếp hạng cao nhất và đạt mức 4 [15]. Kale và cs. (2007) cũng chỉ ra rằng các vi sinh vật có thể tiêu thụ trực tiếp các polyme tự nhiên như tinh bột, cellulose và polyme tổng hợp trên nền tinh bột nhờ các phản ứng do enzyme ngoại bào [16].

Đối với phương pháp chôn lấp, khối lượng tất cả các vật liệu thử nghiệm giảm theo thời gian. Sau 9 ngày, phần trăm khối lượng vật liệu giảm, dao động từ 25,30% đến 34,46%. Trong thời gian thí nghiệm đã ghi nhận sự phân rã vật liệu, xuất hiện các khuẩn lạc vi nấm trên bề mặt. Sau 15 ngày, mẫu bị chia nhỏ thành nhiều mảnh vụn và lẫn trong môi trường đất, vì vậy không thể thực hiện thu mẫu và cân khối lượng (Hình 7). Sau 45 ngày thí nghiệm, hình dạng mẫu đã bị biến mất hoàn toàn.

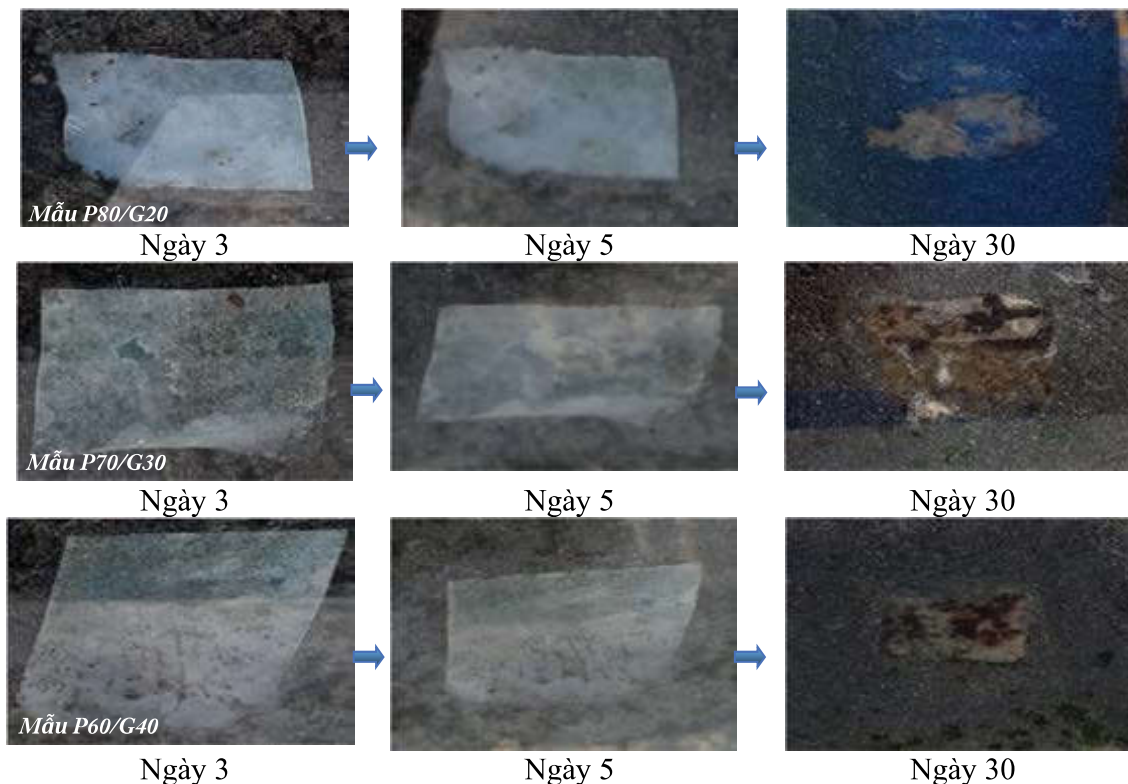


a. *Vi nấm phát triển sau 3 ngày*



b. *Vi nấm phát triển trên bề mặt vật liệu*

**Hình 6: Khả năng phân hủy sinh học của vật liệu**



**Hình 7: Sự biến đổi hình thái vật liệu trong quá trình chôn ủ**

#### 4. Kết luận

Tóm lại, kết quả nghiên cứu này cho thấy tinh bột khoai tây, một nguồn carbon sẵn có trong nước, có thể được dùng làm nguyên liệu để tổng hợp vật liệu dễ phân hủy sinh học. Nồng độ chất hóa dẻo glycerol ảnh hưởng đến độ bền cơ học của vật liệu. Glycerol có tác dụng hóa dẻo rõ rệt lên cơ tính của màng tinh bột làm cho màng trở nên mềm dẻo hơn, nhưng khi nồng độ glycerol cao (40% w/w) sẽ làm giảm độ giãn dài. Vật liệu tổng hợp từ tinh bột khoai tây và glycerol có khả năng

phân hủy sinh học cao. Cần thực hiện thêm những nghiên cứu làm tăng tính kháng nước để sử dụng vật liệu một cách hiệu quả vào mục đích bao gói sản phẩm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Selvamurugan, M. and Sivakumar, P. (2019). *Bioplastics - An eco - friendly alternative to petrochemical plastics*. Current world environment, Vol. 14 (1): 49 - 59.

[2]. Arifin, B., Sugita, P. and Masyudi, D. E. (2016). *Chitosan and lauric acid addition to corn starch - film based effect: Physical properties and antimicrobial activity study*.

Journal of chemistry and sciences, Vol. 14 (2): 529 - 544.

[3]. Thakur, S., Chaudhary, J., Sharma, B., Verma, A., Tamulevicicus, S., Thakur, V. K. (2018). *Sustainability of bioplastics: Opportunities and Challenges*. Current opinion in Green and Sustainable chemistry, Vol. 13: 68 - 75.

[4]. Abdullah, Z. W. and Dong Y. (2019). *Biodegradable and water resistant Poly (vinyl alcohol (PVA)/ starch (ST)/ glycerol (GL)/ halloysite nanotube (HNT) nanocomposite films for sustainable food packaging*. Frontiers in materials, Vol. 6: 1 - 17.

[5]. Menzel C. (2014). *Starch structure and usefulness in the production of packaging materials*. Doctoral thesis, Swedish university of agricultural science, Sweden.

[6]. Sapei, L., Padmawijaya K. S., Sijayanti, O., Wardhana, P. J. (2015). *The effect of banana starch concentration on the properties of chitosan -starch bioplastics*. Journal of chemical and pharmaceutical research, Vol. 7: 101 - 105.

[7]. Abdullah, A. H. D., Pudjiraharti, S., Karina, M., Putri, O. D., Fauziyyah, R. H. (2019). *Fabrication and characterization of sweet potato starch - based bioplastics plasticized with glycerol*. Journal of biological Sciences, Vol. 19 (1): 57 - 64.

[8]. Rahman, S. M. M., Wheatley, C., Rakshit, S. K. (2003). *Selection of sweet potato for high starch extraction*. International journal of food properties, Vol 6, No 3, pp. 419 - 430.

[9]. Mendoza, A. J. (2015). *Tartaric acid cross - linking of starch: effects of reaction conditions on the maximum tensile strength of cast plastic films*. The journal of student science and technology, Vol. 8 (3): 41 - 47.

[10]. Fathanah, U., Lubis M. R., Muolana R. (2015). *Biopolymer from starch and chitosan as bioplastic material for food packaging*. Proceeding of the 5 th Annual international conference Syiah Kuala University, 44 - 49.

[11]. Mostafa N. A., Farag, A. A., Abo - dief, H. M., Tayed A. M. (2015). *Production of biodegradable plastic from agricultural wastes*. Arabian Journal of Chemistry Vol 11, 546 - 553.

[12]. Lubis, M., Harahap, M. B., Ginting, M. H., Sartika, M., Azmi, H, (2018). *Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers*. Journal of engineering science and technology, Vol. 13 (2): 381 - 393.

[13]. Bergo, P. V. A., Carvalho, R. A., Sobral, P. J. A., Santos, R. M. C., Silva, F. B. R., Prison, J. M., Feria, J. S., Habitante, M. Q. B. (2008). *Physical properties of edible films based on cassava starch as affected by the plasticizer concentration*. Packaging technology and science, Vol. 21: 85 - 89.

[14]. Asianov, Y. (2019). *Optimum volume ration of sorbitol and glycerol as plasticizer on bioplastic from Tapioca starch*. University of Muhammadiyah Surakarta.

[15]. American Society for Testing and Materials G-21 - 09: *Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi*. United states of America.

[16]. Kale, G., Kijchavengkul, T., Auras, R., Rubino, S. E. S. (2007). *Compostability of bioplastic packaging materials: An overview*. Macromolecular Bioscience Journals, Vol 7, 255 - 277.

BBT nhận bài: 01/12/2020; Phản biện xong: 15/12/2020; Chấp nhận đăng: 29/3/2021.