

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÀNG POLYME PHÂN HỦY SINH HỌC TRÊN CƠ SỞ PBAT VÀ TINH BỘT SẴN

Nguyễn Quý An <sup>(1)</sup>, Vũ Minh Đức <sup>(2)</sup>, Vũ Thị Duyên<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Trung tâm Vật liệu hữu cơ và Hóa phẩm xây dựng, Viện Vật liệu xây dựng

<sup>(2)</sup> Viện Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Nhận ngày 13/7/2020, chỉnh sửa ngày 25/8/2020, chấp nhận đăng 02/12/2020

## Tóm tắt

Tinh bột nhiệt dẻo được chế tạo từ tinh bột sắn, chất hóa dẻo glycerol và chất biến tính axit tartaric bằng máy đùn hai trục vít. Phân tích phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) đã chứng minh được sự hình thành của liên kết ester trong quá trình biến tính tinh bột thông qua những pic hấp thụ tại những bước sóng đặc trưng của liên kết đôi C=O và liên kết đơn C-O. Màng polyme phân hủy sinh học đã được chế tạo bằng phương pháp thổi màng từ tinh bột nhiệt dẻo (TPS) và polybutylene adipate terephthalate (PBAT). Kết quả ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy khi sử dụng nhiệt dẻo biến tính (MTPS) vật liệu blend cho cấu trúc đồng nhất hơn. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đã lựa chọn được hàm lượng tối ưu của chất biến tính axit tartaric, tốc độ trục vít cũng như hàm lượng bột talc sử dụng trong blend khi xác định tính chất kéo và chỉ số chảy (MFI) của vật liệu.

**Từ khóa:** PBAT, tinh bột nhiệt dẻo, màng phân hủy sinh học

## Abstract

Thermoplastic starch compounds were prepared from cassava starch, glycerol, and tartaric acid by the twin-screw extruder. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) analysis demonstrated the formation of ester bonds during starch modification through absorption peaks at characteristic wavelengths of C=O bonding and C-O bonding. Biodegradable polymer films fabricated from thermoplastic starch (TPS) and polybutylene adipate terephthalate (PBAT) by blown film extrusion process. Scanning electron microscopy (SEM) images showed that when using modified thermoplastic starch (MTPS), the material showed a more homogeneous structure. Besides, this study also selected the optimal content of tartaric acid as a compatibilizer, screw speed, and talc powder content used in the blend when determining the tensile properties and melt flow index (MFI) of the material.

**Keywords:** PBAT, thermoplastic starch, biodegradable polymer film

## 1. Giới thiệu chung

Sử dụng vật liệu có nguồn gốc polyme làm bao bì và màng phủ nông nghiệp được ứng dụng rất rộng rãi trong thời gian gần đây. Tuy nhiên, những vật liệu này lại là mối quan tâm trên toàn thế giới do chúng là nguyên nhân của các vấn đề về môi trường, tạo ra nhiều khó khăn trong việc xử lý rác thải và là mối đe dọa đối với hiện tượng ấm lên toàn cầu. Nguyên nhân chính là do chúng không có khả năng phân hủy hoặc phân hủy rất chậm trong môi trường. Trước thực trạng đó, đã có nhiều nỗ lực được thực hiện để phát triển những vật liệu phân hủy sinh học thân thiện với môi trường [1].

Tinh bột là một trong những vật liệu phân hủy sinh học có tiềm năng sử dụng thay thế cho vật liệu nhựa được sản xuất bằng nguyên liệu hóa thạch do có giá thành thấp, có khả năng tái tạo và có thể phân hủy sinh học hoàn toàn. Tinh bột tự nhiên có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiệt độ phân hủy nên rất khó gia công [2], vì vậy, cần phải kết hợp với những chất hóa dẻo như nước, glycerol, ethylene glycol, sorbitol ... để tạo thành một vật liệu mềm dẻo hơn được gọi là tinh bột nhiệt dẻo (TPS) [3]. Sử dụng TPS cũng có thể sản xuất được màng phân hủy, tuy nhiên màng có tính chất thấp và ảnh hưởng nhiều bởi độ ẩm, vì vậy đã hạn chế các ứng dụng trong thực tế.

Để chế tạo vật liệu phân hủy sinh học trên cơ sở tinh bột, các nhà nghiên cứu thường sử dụng phương pháp blend TPS với một số polymer tổng hợp khác có khả năng phân hủy sinh học như: polylactic axit (PLA), polybutylene terephthalate (PBT), polycaprolactone (PCL), polybutylene adipate terephthalate (PBAT) [4-7]. Trong số những polyme đó, PBAT đã thu hút được nhiều sự chú ý của các nhà nghiên cứu do tính chất cơ học cao và điều kiện gia công tương tự như đối với polyethylene tỷ trọng thấp (LDPE) và không gây ảnh hưởng xấu đến môi trường.

Tính phân cực khác nhau giữa PBAT và tinh bột là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến tương tác pha giữa chúng và làm giảm tính chất cơ học của vật liệu. Để giải quyết vấn đề này, một giải pháp phổ biến là sử dụng các chất tương hợp như maleic anhydride, axit citric, TPS maleat hóa, PBAT maleat hóa, phụ gia epoxy, axit maleic, và axit tartaric, ... [8]. Theo Shuidong Zhang [9], maleic anhydride (MA) giúp cải thiện khả năng tương hợp, tuy nhiên sự có mặt của nó trong blend lại làm cản trở khả năng phân hủy sinh học. Khi xét đến khả năng phân hủy sinh học và tính hiệu quả trong khả năng tương hợp, sử dụng axit carboxylic từ những nguồn thiên nhiên là một phương pháp hợp lý hơn. Cũng theo tác giả này, những axit hữu cơ này có thể phản ứng với những nhóm hydroxyl của tinh bột để loại bỏ tính phân cực của tinh bột

giúp tăng tính chất của vật liệu [10]. Tinh bột nhiệt dẻo được biến đổi tính chất bằng các tác nhân hóa học được gọi là tinh bột biến tính (MTPS).

Axit tartaric (TA) là một axit hữu cơ đa chức có dạng tinh thể, có trong nhiều loại hoa quả trong tự nhiên, đặc biệt là nho, nhưng nó cũng có trong chuối, me và cam. TA đã được các nhà nghiên cứu báo cáo là có thể cải thiện tính tương hợp của PBAT/TPS thông qua phản ứng thủy phân axit và phản ứng ester hóa, giúp tăng tính chất của vật liệu [1] [9].

Trong nghiên cứu này, màng polymer blend PBAT/TPS đã được chế tạo cùng với chất tương hợp axit tartaric thông qua thiết bị thổi màng. Ảnh hưởng của hàm lượng chất biến tính tới tính chất cơ học và tính lưu biến khi nóng chảy của vật liệu cũng đã được nghiên cứu.

**2. Thục nghiệm**

**2.1. Nguyên liệu, hóa chất**

Một số nguyên liệu chính sử dụng trong nghiên cứu được nêu trên Bảng 1:

**Bảng 1.** Một số nguyên liệu chính sử dụng trong nghiên cứu

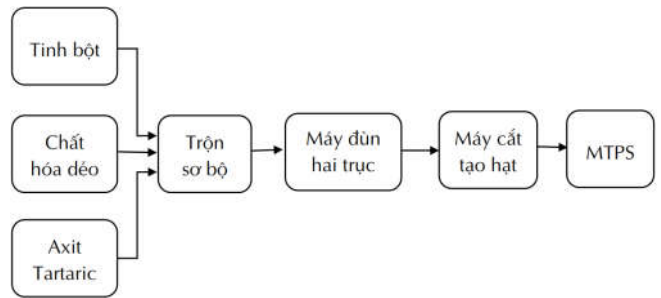
STT	Nguyên liệu	Tính chất	Xuất xứ
1	Tinh bột sắn	Độ ẩm: < 14% Độ trắng: 90-96% Tạp chất: < 0,2% Độ nhớt: 8000 – 14000cP Khối lượng lọt sàng 100 µm: 96-99%	Công ty TNHH Hùng Duy, Việt Nam
2	Glycerol	Khối lượng riêng: 1,26 g/cm <sup>3</sup> Nhiệt độ nóng chảy: 18°C Nhiệt độ sôi: 290°C Độ nhớt: 1,412 Pa.s	P&G Chemicals, Malaysia
3	PEG 4000	Khối lượng riêng: 1,20 g/cm <sup>3</sup> Nhiệt độ nóng chảy: 53 – 58°C	Trung Quốc
4	PBAT	Chỉ số chảy: 5 g/10 phút Độ bền kéo: 24,5 MPa Độ giãn dài: 395%	Xinfu Chemical, Trung Quốc
5	Axit tartaric	Khối lượng riêng: 1,79 g/cm <sup>3</sup> Nhiệt độ nóng chảy: 171 – 174 °C	Trung Quốc
6	Bột Talc	Khối lượng riêng: 2,58 g/cm <sup>3</sup> Kích thước hạt trung bình: 4,5 µm	Trung Quốc

**2.2. Phương pháp chế tạo tinh bột nhiệt dẻo**

Quy trình chế tạo tinh bột nhiệt dẻo được thể hiện trên sơ đồ hình 1.

Tinh bột sắn được khuấy trộn đều với chất hóa dẻo (bao gồm glycerol, polyethylene glycol với tỷ lệ 80:20). Hỗn hợp sau khi trộn đều được ủ qua đêm trong điều kiện kín khí, tránh tiếp xúc với môi trường bên ngoài.

Hỗn hợp sau đó được đưa vào máy đun hai trục vít với nhiệt độ các vùng 120-140-160-170-170-170-170-160-150-140°C và tốc độ 150 vòng/phút.



**Hình 1.** Sơ đồ quy trình chế tạo tinh bột nhiệt dẻo

Tinh bột nhiệt dẻo sau khi thu được từ quá trình đun trực vít sẽ được cắt tạo hạt và sấy khô ở nhiệt độ 85°C trong 3-4h.

**2.3. Phương pháp chế tạo màng phân hủy sinh học PBAT/MTPS**

PBAT và tinh bột nhiệt dẻo với tỷ lệ 60/40 cùng với phụ gia (bột talc, chất xúc tác ester hóa) được trộn đều bằng thiết bị trộn sơ bộ. Sau đó, hỗn hợp được đưa vào máy đun hai trục vít với nhiệt độ các vùng tương ứng là 120-140-160-180-180-180-170-160-160°C. Vật liệu sau khi được trộn hợp nóng chảy trong máy đun hai trục vít được làm mát và cắt tạo hạt để tạo thành hạt blend PBAT/MTPS.

Quy trình chế tạo blend PBAT/MTPS được thực hiện như trên sơ đồ hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ quy trình chế tạo blend PBAT/MTPS

Hạt blend PBAT/MTPS sau khi chế tạo sẽ được sấy ở nhiệt độ 80°C trong 4 giờ, sau đó được đưa vào thiết bị Labtech để thổi màng.

Quá trình thổi màng được thực hiện với thiết bị được cài đặt nhiệt độ các vùng 170-170-170-170-170-170°C và tốc độ trực vít 25 vòng/phút.



**Hình 3.** Thiết bị thổi màng Labtech

**2.4. Phương pháp xác định tính chất của màng blend PBAT/MTPS**

**2.4.1. Phương pháp xác định tính chất cơ học của màng blend PBAT/MTPS**

Mẫu thử được xác định độ bền kéo và độ giãn dài trên thiết bị LLOYD với tốc độ 400mm/phút theo phương pháp thử được quy định trong tiêu chuẩn ISO 527 trên thiết bị Lloyd 5kN.

Các giá trị độ bền kéo được tính bằng công thức sau:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Trong đó:

$\sigma$ : là giá trị độ bền kéo, tính bằng MPa;

F: lực đo tương ứng, tính bằng N;

A: diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, tính bằng mm<sup>2</sup>.

Độ giãn dài được xác định bằng công thức:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}$$

Trong đó:

$\varepsilon$ : là giá trị độ giãn dài, tính bằng %

$L_0$ : chiều dài đo của mẫu thử, tính bằng mm;

$\Delta L_0$ : chênh lệch chiều dài so với  $L_0$ , tính bằng mm

#### 2.4.2. Phương pháp xác định chỉ số chảy của blend

Chỉ số chảy (MFI) của blend PBAT/MTPS được xác định trên thiết bị Extrusion Plastometer của hãng Tinius Olsen (Mỹ) theo phương pháp thử được quy định trong tiêu chuẩn ISO 1133-1:2011.

Mẫu thử được sấy ở nhiệt độ 80°C trong 4h trước khi đo.

Chỉ số chảy đối với blend này được xác định ở điều kiện: nhiệt độ 190°C, với tải trọng 2,16kg.

Chỉ số chảy (g/10 phút) được tính bằng khối lượng của vật liệu chảy trong thời gian 10 phút dưới tác dụng của nhiệt độ và tải trọng.

#### 2.4.3. Phương pháp xác định vi cấu trúc của blend

Mẫu blend PBAT/TPS và PBAT/MTPS được ngâm trong nito lỏng rồi bẻ gãy sau đó phủ platin để quan sát hình thái cấu trúc trên kính hiển vi điện tử quét SEM JEOL 6360LV.

#### 2.4.4. Phương pháp quang phổ hồng ngoại FTIR

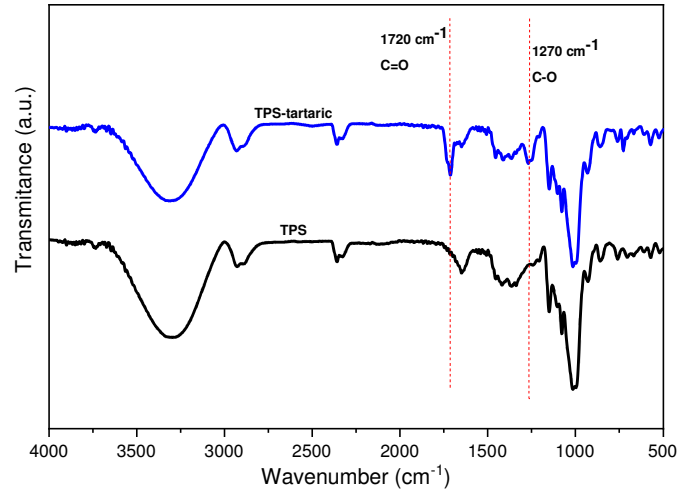
Để nghiên cứu các nhóm chức đặc trưng của TPS và TPS este hóa, thì mẫu TPS este hóa sau khi đã được loại bỏ axit tartaric dư chưa phản ứng bằng Soxhlet với axeton rồi đem sấy khô cùng với TPS. Sau đó mẫu được phân tích phổ hồng ngoại trên máy IRAffinity-1s của hãng Shimadzu (Nhật Bản) với dải sóng từ 400-4000cm<sup>-1</sup>.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá kết quả biến tính TPS bằng phương pháp phổ hồng ngoại

Để tăng khả năng tương hợp giữa TPS và PBAT, đồng thời làm giảm tính ưa nước vốn có của TPS, nghiên cứu đã tiến hành biến tính tinh bột với axit tartaric – một hợp chất axit đa chức có hoạt tính cao. Axit tartaric được sử dụng với vai trò là chất tương hợp và có tác dụng cải thiện sự tương tác giữa PBAT và TPS bằng phản ứng ester hóa với nhóm hydroxyl của tinh bột.

Để đánh giá kết quả biến tính TPS bằng axit tartaric, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp quang phổ hồng ngoại. Phổ FT-IR của mẫu TPS và TPS biến tính bằng axit tartaric được thể hiện trên hình 4.



**Hình 4.** Phổ hồng ngoại FT-IR của tinh bột nhiệt dẻo biến tính và chưa biến tính

Từ hình 4 cho thấy, đối với cả TPS và TPS-Tartaric đều xuất hiện những pic hấp thụ đặc trưng của tinh bột: pic hấp thụ tại vị trí bước sóng 3310cm<sup>-1</sup> tương ứng với dao động kéo căng của nhóm –OH, pic ở vị trí 2930cm<sup>-1</sup> tương ứng với dao động kéo căng của liên kết C–H và pic 1152cm<sup>-1</sup> tương ứng với dao động kéo căng bất đối xứng trong liên kết C–O–C.

Trên phổ của TPS đã biến tính xuất hiện pic hấp thụ tại vị trí bước sóng 1720cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho nhóm chức carbonyl (C=O) và pic hấp thụ tại vị trí 1270cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho liên kết C–O trong khi phổ FT-IR của TPS không xuất hiện hai pic hấp thụ này.

**Bảng 2.** Những pic hấp thụ đặc trưng trong phổ hồng ngoại của TPS và TPS biến tính

Vị trí pic	TPS	TPS-Tartaric	Nhóm chức liên kết
3310 cm <sup>-1</sup>	✓	✓	Nhóm –OH (dao động kéo căng)
2930 cm <sup>-1</sup>	✓	✓	Liên kết –CH
1720 cm <sup>-1</sup>	-	✓	Carbonyl C=O
1640 cm <sup>-1</sup>	✓	✓	Nhóm –OH (dao động uốn cong)
1152 cm <sup>-1</sup>	✓	✓	C–O–C
1270cm <sup>-1</sup>	-	✓	Liên kết C–O

Do mẫu tinh bột biến tính đã được rửa bằng axeton nên axit tartaric dư đã được loại bỏ do đó pic ở vị trí 1720cm<sup>-1</sup> và 1270cm<sup>-1</sup> được khẳng định là của axit tartaric đã phản ứng tạo este với nhóm –OH của tinh bột. Như vậy các kết quả thu được từ phổ hồng ngoại đã xác nhận việc xảy ra phản ứng este hóa giữa các nhóm –OH của tinh bột với axit tartaric và tạo ra sản phẩm ghép là tinh bột este hóa.

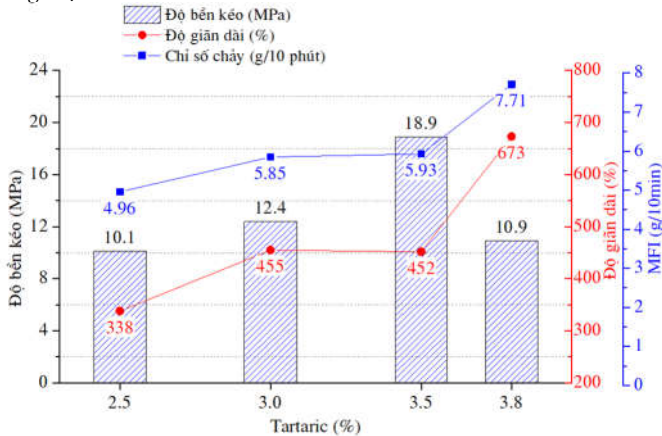
Kết quả tương tự cũng đã được tác giả Olivato [11] quan sát được khi phân tích phổ hồng ngoại của mẫu blend PBAT và tinh bột có sử dụng chất tương hợp axit tartaric. Tác giả cho rằng, phản

ứng ester hóa đã đưa những nhóm carboxyl mới có khả năng phản ứng vào mạch của tinh bột, và phản ứng chuyển vị ester là cơ chế xảy ra khi sử dụng axit tartaric làm chất tương hợp trong blend PBAT/TPS

**3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất biến tính đến tính chất của blend PBAT/MTPS**

Nghiên cứu đã sử dụng chất biến tính axit tartaric với hàm lượng thay đổi từ 2,5% đến 3,8% khi chế tạo màng vật liệu blend PBAT/MTPS với tỷ lệ 60/40 và hàm lượng chất hóa dẻo 15%. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 5.

Kết quả khảo sát cho thấy: tính chất của vật liệu blend thay đổi theo hàm lượng chất biến tính. Chỉ số chảy và độ giãn dài có xu hướng tăng khi hàm lượng axit tartaric tăng, tuy nhiên, những giá trị này có xu hướng tăng chậm khi hàm lượng chất biến tính tăng từ 2,5 lên 3,5%. Khi sử dụng chất biến tính vượt quá ngưỡng 3,5%, hai giá trị này có xu hướng tăng rất mạnh. Cụ thể: khi tăng hàm lượng chất biến tính từ 3,5 lên 3,8%, giá trị chỉ số chảy tăng từ 5,93 lên 7,71 g/10 phút (tăng khoảng 30%), giá trị độ giãn dài tăng mạnh từ 452% lên 673%.



**Hình 5.** Ảnh hưởng của hàm lượng axit tartaric đến tính chất của vật liệu blend

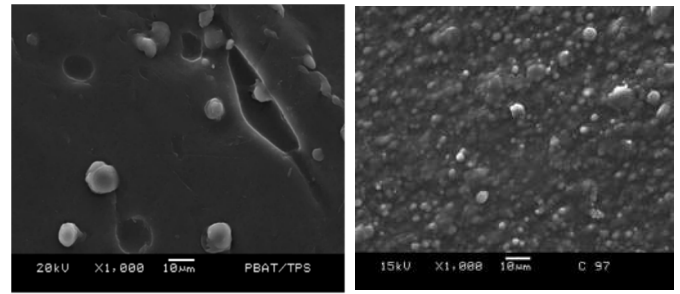
Giá trị độ bền kéo của vật liệu này tăng mạnh từ 10,1MPa lên 18,9MPa (tăng khoảng 87%) khi hàm lượng axit tartaric tăng từ 2,5% lên 3,5%. Tuy nhiên, khi vượt quá hàm lượng này, giá trị độ bền kéo lại giảm sâu xuống còn 10,9MPa.

Từ các số liệu đã khảo sát, đã lựa chọn hàm lượng chất biến tính cho các nghiên cứu tiếp theo là 3,5%.

**3.3. Phân tích cấu trúc hình thái học của vật liệu blend**

Trong nghiên cứu chế tạo polyme blend, hình thái pha là yếu tố chính ảnh hưởng tới các tính chất cơ học và tính chất lưu biến. Để có thể hiểu rõ hơn về tính chất của blend, việc phân tích cấu trúc hình thái và sự phân bố của các pha trong vật liệu là rất quan trọng. Bề mặt phá hủy của các mẫu blend có và không sử dụng chất biến tính axit tartaric đã được quan sát trên kính hiển vi điện tử quét và thể hiện trên Hình 6.

Từ ảnh SEM trên hình 5 cho thấy: đối với mẫu blend PBAT/TPS, có sự phân chia pha rõ rệt giữa hai pha PBAT và TPS với pha PBAT là pha liên tục còn TPS là pha phân tán. TPS phân tán không đồng đều và khi phá hủy đã tạo thành những lỗ trống trong lòng vật liệu. Điều này có thể giải thích là do TPS và PBAT khác biệt nhau về tính chất bề mặt, TPS có tính ưa nước còn PBAT



**PBAT/TPS** **PBAT/MTPS**

**Hình 6.** Ảnh SEM bề mặt phá hủy của mẫu blend PBAT/TPS và PBAT/MTPS

có tính kỵ nước dẫn tới khả năng bám dính giữa hai pha kém. Hiện tượng này đã được Mohamed Dammak [8] nêu ra đối với blend của TPS và PBAT khi không sử dụng chất tương hợp.

Đối với vật liệu blend sử dụng TPS biến tính với axit tartaric: pha phân tán đã đồng đều hơn và khả năng liên kết giữa hai pha tốt hơn nên khi phá hủy pha phân tán không bị tách ra khỏi nền polyme và để lại những lỗ trống trong vật liệu giống như của PBAT/TPS. Việc sử dụng axit tartaric để cải thiện độ tương hợp giữa PBAT và TPS có thể giải thích là do đã tạo được phản ứng ester hóa với nhóm hydroxyl của TPS, làm giảm tính ưa nước của TPS. Mặt khác, axit tartaric hoạt động như một chất xúc tác axit và làm giảm độ nhớt của tinh bột nhiệt dẻo, do đó làm cho TPS biến tính phân tán trong nền PBAT một cách đồng đều hơn tạo ra một cấu trúc đồng nhất hơn [12]. Tuy nhiên, khi hàm lượng axit tartaric sử dụng quá nhiều, lượng axit dư có thể tạo ra nồng độ H+ cao hơn và làm giảm mạnh khối lượng phân tử của PBAT và tinh bột, cũng như làm giảm tương tác giữa hai vật liệu này.

**3.4. Khảo sát ảnh hưởng của chế độ gia công đến tính chất của blend PBAT/MTPS**

Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tốc độ trục vít đến tính chất của blend PBAT/MTPS kết quả khảo sát được nêu trong trên Bảng 3:

**Bảng 3.** Ảnh hưởng của tốc độ trục vít tới tính chất của blend

STT	Tốc độ trục vít (vòng/phút)	Chỉ số chảy (g/10 phút)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn dài (%)
1	200	5,09	17,2	380
2	250	5,93	18,9	452
3	300	6,01	18,0	495
4	350	8,20	Không thổi được màng	

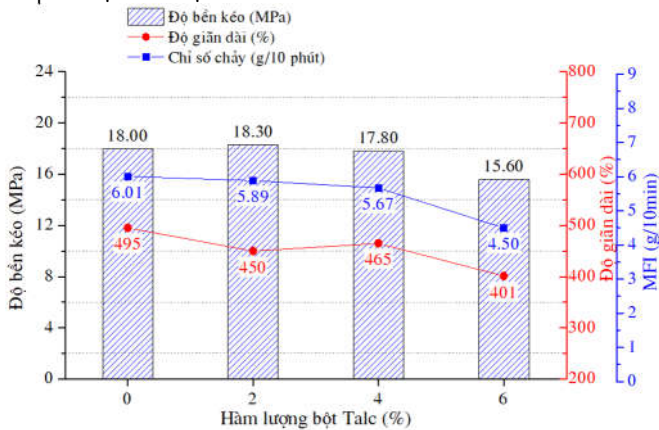
Từ kết quả thu được ở bảng 3 cho thấy rằng: khi tốc độ trục vít tăng, chỉ số chảy của vật liệu cũng có xu hướng tăng. Khi tăng tốc độ trục vít từ 200 vòng/phút lên 300 vòng/phút, chỉ số chảy tăng nhẹ từ 5,09 g/10 phút lên 6,01 g/10 phút. Khi tăng tốc độ trục vít từ 300 lên 350 vòng/phút, chỉ số chảy của blend tăng mạnh từ 6,01 lên 8,20 g/10 phút.

Đối với mẫu blend được chế tạo với tốc độ trục vít 350 vòng/phút, không thổi được màng. Với các mẫu được chế tạo với tốc độ nhỏ hơn, ảnh hưởng của trục vít tới độ bền kéo của màng là không đáng kể. Trong khi đó, độ giãn dài tăng khi tốc độ trục vít tăng và đạt mức cao nhất 495% ở tốc độ trục vít khảo sát 300 vòng/phút.

Tốc độ trục vít tỷ lệ thuận với công suất chế tạo blend, do đó, lựa chọn tốc độ trục vít cao nhất để sản xuất blend mà không làm giảm tính chất của màng. Vì vậy, blend được chế tạo với tốc độ trục vít 300 vòng/phút đã được lựa chọn để sử dụng cho những nghiên cứu tiếp theo.

### 3.5. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng bột talc đến tính chất của blend PBAT/MTPS

Trong nghiên cứu này, đã tiến hành khảo sát tính chất của blend khi sử dụng bột talc với hàm lượng thay đổi 0, 2, 4, 6% với kết quả được thể hiện trên hình 7.



**Hình 7.** Ảnh hưởng của hàm lượng bột talc đến tính chất của vật liệu

Từ kết quả trên Hình 7, nhận thấy khi hàm lượng bột talc trong blend tăng, chỉ số chảy của vật liệu có xu hướng giảm dần. Khi hàm lượng bột talc tăng từ 0 đến 4%, chỉ số chảy giảm nhẹ từ 6,01 g/10 phút xuống còn 5,67 g/10 phút. Trong khi đó, khi tăng hàm lượng bột talc từ 4 lên 6%, chỉ số chảy của vật liệu giảm mạnh từ 5,67 xuống 4,50 g/10 phút. Điều này cho thấy: bột talc khi đưa vào vật liệu blend đã tương tác với nền polyme ở trạng thái nóng chảy và làm cản trở dòng chảy của vật liệu dẫn tới chỉ số MFI giảm xuống. Trong khi đó, việc tăng hàm lượng bột talc từ 0 lên 4% không làm thay đổi đáng kể giá trị độ bền kéo và độ giãn dài của vật liệu blend. Khi thay đổi giá trị hàm lượng bột talc trong khoảng này, giá trị độ bền kéo trung bình của blend dao động trong khoảng 18MPa, trong khi đó độ giãn dài giảm nhẹ từ 495% xuống còn 465%.

Khi giá trị hàm lượng bột talc tăng từ 4 lên 6%, tính chất kéo thay đổi mạnh nhất, cụ thể là: độ bền kéo giảm mạnh từ 17,8MPa xuống còn 15,6MPa, và độ giãn dài giảm từ 465% xuống còn 401%.

Để màng PBAT/MTPS được chế tạo không bị thay đổi nhiều về tính chất, hàm lượng bột talc tối ưu được lựa chọn là 4%.

### 4. Kết luận

Đã biến tính tinh bột bằng axit tartaric và chất hóa dẻo và tạo ra được sản phẩm là tinh bột nhiệt dẻo biến tính (MTPS). Kết quả phân tích phổ FTIR đã chỉ ra sự hình thành của phản ứng ester hóa khi biến tính tinh bột nhiệt dẻo bằng axit tartaric với sự xuất hiện của những pic hấp thụ đặc tại vị trí bước sóng  $1720\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho nhóm chức carbonyl (C=O) và pic hấp thụ tại vị trí  $1270\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho liên kết C-O.

Đã khảo sát ảnh hưởng của chất biến tính đến tính chất của blend PBAT/MTPS và màng blend cho tính chất tốt nhất khi hàm

lượng axit tartaric là 3,5%. Phân tích hình thái học vật liệu qua ảnh SEM cho thấy, việc biến tính với axit tartaric đã cải thiện khả năng tương hợp của PBAT và TPS cũng như tăng cường sự phân tán của TPS trong vật liệu blend.

Đã khảo sát chế độ gia công và hàm lượng phụ gia khoáng và lựa chọn các thông số tốc độ trục vít 300 vòng/phút cùng hàm lượng bột talc 4% cho blend có tính chất tốt nhất.

### Tài liệu tham khảo

- [1] X. Zhai, W. Wang, H. Zhang, Y. Dai, H. Dong, and H. Hou, "Effects of high starch content on the physicochemical properties of starch/PBAT nanocomposite films prepared by extrusion blowing," *Carbohydr. Polym.*, vol. 239, p. 116231, Jul. 2020.
- [2] T. Jiang, Q. Duan, J. Zhu, H. Liu, and L. Yu, "Starch-based biodegradable materials: Challenges and opportunities," *Adv. Ind. Eng. Polym. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 8–18, Jan. 2020.
- [3] W. Liu *et al.*, "Preparation, reinforcement and properties of thermoplastic starch film by film blowing," *Food Hydrocoll.*, vol. 108, p. 106006, Nov. 2020.
- [4] R. P. H. Brandelero, M. V. Grossmann, and F. Yamashita, "Films of starch and poly(butylene adipate co-terephthalate) added of soybean oil (SO) and Tween 80," *Carbohydr. Polym.*, vol. 90, no. 4, pp. 1452–1460, Nov. 2012.
- [5] J. B. Olivato, M. V. E. Grossmann, A. P. Bilck, and F. Yamashita, "Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films," *Carbohydr. Polym.*, vol. 90, no. 1, pp. 159–164, Sep. 2012.
- [6] P. S. Garcia, M. V. Eiras Grossmann, F. Yamashita, S. Mali, L. H. Dall'Antonia, and W. J. Barreto, "Citric acid as multifunctional agent in blowing films of starch/PBAT," *Quim. Nova*, vol. 34, no. 9, pp. 1507–1510, Sep. 2011.
- [7] J. M. Raquez, Y. Nabar, M. Srinivasan, B. Y. Shin, R. Narayan, and P. Dubois, "Maleated thermoplastic starch by reactive extrusion," *Carbohydr. Polym.*, vol. 74, no. 2, pp. 159–169, Oct. 2008.
- [8] M. Dammak, Y. Fourati, Q. Tarrés, M. Delgado-Aguilar, P. Mutjé, and S. Boufi, "Blends of PBAT with plasticized starch for packaging applications: Mechanical properties, rheological behaviour and biodegradability," *Ind. Crops Prod.*, vol. 144, Feb. 2020.
- [9] S. Zhang, Y. He, Y. Yin, and G. Jiang, "Fabrication of innovative thermoplastic starch bio-elastomer to achieve high toughness poly(butylene succinate) composites," *Carbohydr. Polym.*, vol. 206, pp. 827–836, Feb. 2019.
- [10] S. Zhang, Z. Lin, J. Li, G. Jiang, and C. Hu, "Elevated ductility, optical, and air barrier properties of poly (butylene adipate-co-terephthalate) bio-based films via novel thermoplastic starch feature," *Polym. Adv. Technol.*, vol. 30, no. 4, pp. 852–862, Apr. 2019.
- [11] J. B. Olivato, C. M. O. Müller, G. M. Carvalho, F. Yamashita, and M. V. E. Grossmann, "Physical and structural characterisation of starch/polyester blends with tartaric acid," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 39, no. 1, pp. 35–39, Jun. 2014.
- [12] S. Zhang, Y. He, Z. Lin, J. Li, and G. Jiang, "Effects of tartaric acid contents on phase homogeneity, morphology and properties of poly (butylene adipate-co-terephthalate)/thermoplastic starch bio-composites," *Polym. Test.*, vol. 76, pp. 385–395, Jul. 2019.