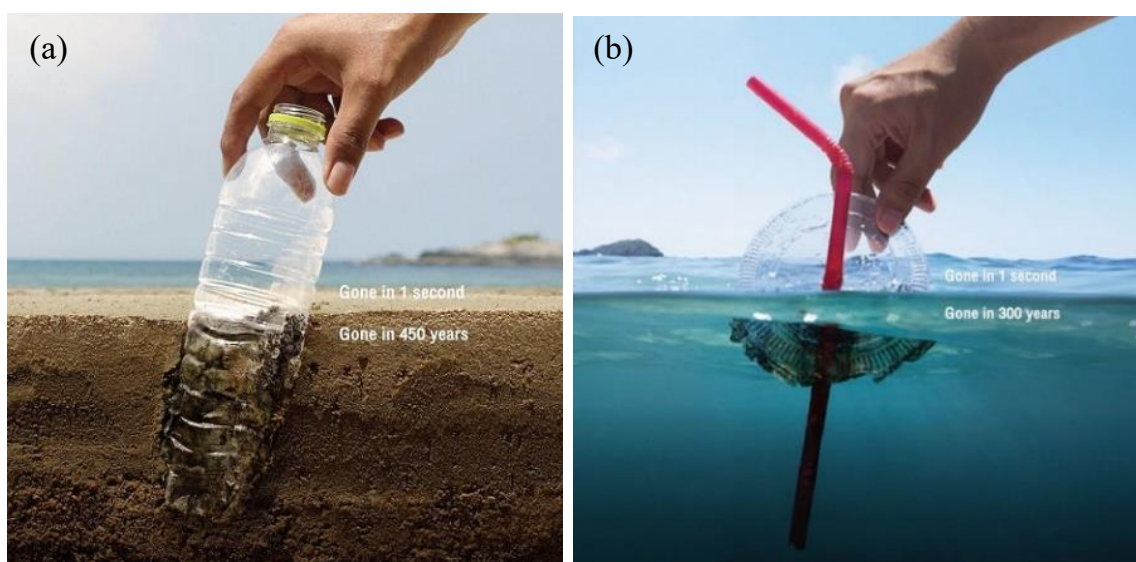


# Chương 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU

## 1.1. TỔNG QUAN VỀ RÁC THẢI NHỰA VÀ NHỰA SINH HỌC

Hiện nay vật liệu nhựa được xem là vật liệu quan trọng. Lượng nhựa được sản xuất hàng năm trên toàn thế giới là 300 triệu tấn vào năm 2015. (Ezgi Bezirhan Arikan & Ozsoy, 2015). Do lượng nhựa được sử dụng nhiều nên đã có nhiều vấn đề phát sinh như chi phí và môi trường. Nhựa truyền thống được sản xuất từ dầu thô và than đá, những nguồn nguyên liệu này có giới hạn và giá thành khá đắt đỏ nên đây là bài toán kinh tế khó khăn.

Vật liệu nhựa được xem là vật liệu khá quan trọng trong đời sống con người hiện nay. Lượng nhựa tiêu thụ trên toàn cầu đã tăng lên trong những năm qua, do có tính đàn hồi, nhẹ, bền, giá thành tương đối thấp. Hàng năm, ngành nhựa truyền thống tạo ra khoảng 300 triệu tấn nhựa sử dụng một lần. Những loại nhựa bị thải bỏ này có thể mất hàng trăm đến hàng nghìn năm để có thể phân hủy (**Hình 1.1**) do khả năng phân hủy chậm và tác động lớn tới môi trường sống.



**Hình 1.1. Rác thải nhựa (a) trong môi trường đất, (b) trong môi trường nước**

Nhựa bị tích tụ trong đại dương cũng là vấn đề đáng quan tâm. Trong một nghiên cứu dài hạn ở Bắc Đại Tây Dương, một mẫu nước biển chứa tương đương 580.000 mảnh nhựa trên mỗi  $\text{km}^2$  (Ezgi Bezirhan Arikan & Ozsoy, 2015). Việc đốt rác thải nhựa sẽ tạo ra các khí độc hại như carbon dioxide và metan gây hiệu ứng nhà kính làm ảnh hưởng đến khí hậu trên toàn thế giới. Do vậy, những vấn đề về môi trường, kinh tế và những

mối quan tâm của xã hội đã thúc đẩy sự phát triển các vật liệu thân thiện với môi trường như nhựa sinh học.

Nhựa sinh học là vật liệu khá mới mẻ và quan trọng xuất hiện từ thế kỷ XXI. Nhựa phân hủy sinh học là nhựa có khả năng phân hủy sinh học, tức là dưới sự tác động của vi sinh vật, chúng sẽ phân hủy thành  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , sinh khối... Nhựa phân hủy sinh học có thể làm từ nguyên liệu có nguồn gốc tái tạo (như tinh bột ngô, khoai, sắn, bùn giấy...); hoặc làm từ nguyên liệu có nguồn gốc hóa thạch (dầu mỏ) (Shah, Rajhans, Pandya, & Mankad, 2021). Có 2 loại phân hủy nhựa: nhựa phân hủy quang học, khi tiếp xúc với ánh sáng mặt trời sẽ bị phân hủy và nhựa phân hủy sinh học, là các polyme được sản xuất từ các nguồn tái tạo như ngô, đường, khoai tây,... có thể phân hủy trong các điều kiện được kiểm soát chặt hạn như ủ phân hữu cơ (Sarasa, Gracia, & Javierre, 2009).

Nhựa sinh học là vật liệu khá mới của thế kỷ XXI và sẽ có tầm quan trọng ở thế giới vật liệu. Lượng nhựa sinh học được sản xuất và tiêu thụ sẽ ngày càng lớn hơn trong tương lai. Nhựa sinh học có chức năng tương tự như nhựa tổng hợp và bền vững với môi trường, là một vật liệu mới đầy hứa hẹn để giải quyết những vấn đề nhức nhối trong xã hội hiện nay. Nhựa sinh học là thuật ngữ dùng để chỉ các loại nhựa có khả năng phân hủy sinh học, như PCL hoặc PBS; hoặc có thể hoặc không thể phân hủy nhưng được sản xuất bằng vật liệu sinh học hoặc nguyên liệu tái tạo, chẳng hạn như tinh bột, cellulose, dầu thực vật, chất béo thực vật. Dựa trên các cơ chế phân hủy, nhựa phân hủy sinh học có hai loại chính, đó là phân hủy sinh học oxo và phân hủy sinh học hydro.

Nhựa phân hủy sinh học oxo được làm từ polyme gốc dầu mỏ được trộn với chất phụ gia có khả năng phân hủy cao để xúc tác quá trình phân hủy của nhựa. Chất phụ gia là muối kim loại, giúp tăng cường quá trình phân hủy sinh học của nhựa phân hủy sinh học oxo khi có oxy. Hiện nay, nhựa phân hủy oxo chủ yếu được sản xuất từ naphtha, một sản phẩm phụ của dầu mỏ hoặc khí tự nhiên. Thật thú vị khi thời gian để các sản phẩm oxo có thể phân hủy sinh học có thể lập trình trong quá trình sản xuất, giống như các quy trình công nghiệp metan hoặc oxit nitơ. Sự xuống cấp của nhựa phân hủy oxo thường mất vài tháng đến nhiều năm. (Atiwesh et al., 2021)

Mặt khác nhựa phân hủy sinh học hydro phân hủy với tốc độ nhanh hơn nhựa phân hủy oxo. Những loại nhựa này có thể được chuyển đổi thành phân bón tổng hợp. Ví dụ

bao gồm nhựa sinh học được sản xuất từ các nguồn thực vật chẳng hạn như tinh bột, axit polylactic (Atiwesh et al., 2021).

Nhựa sinh học có thể tạo ra từ các polyme nông nghiệp do có sẵn sinh khối tái tạo như tinh bột ngô, rom rạ, chất thải thực phẩm tái chế, dầu thực vật,... Mặc dù các nguyên liệu này thân thiện với môi trường, tuy nhiên việc trồng cây trên cạn cần có thời gian và có thể không ổn định do ảnh hưởng xã hội, khí hậu khắc nghiệt và các hậu quả môi trường khác. Nhưng sinh khối chỉ là nguồn tài nguyên có thể tái tạo nếu tốc độ bổ sung cao hơn tốc độ tiêu thụ. Do đó, việc lựa chọn một nguồn sinh khối có tốc độ tăng trưởng nhanh, không làm xáo trộn nông nghiệp là một chiến lược hợp lý. Tảo, đặc biệt là vi tảo, có tiềm năng rất lớn như một nguồn tài nguyên tái tạo vì thời gian nhân đôi của chúng có thể đạt được trong một ngày, sự phát triển của chúng không cần đến đất canh tác (Dang et al., 2022).

Nghiên cứu của Kalita và các cộng sự đã sử dụng sinh khối tảo để làm chất độn nhằm nhằm nghiên cứu phân hủy sinh học và mô tả đặc tính sinh học của PLA (Kalita et al., 2021).

Sayed và các cộng sự đã sử dụng ba chủng vi tảo cùng với hai sinh khối vi tảo được thu thập từ các ao nuôi tảo tỷ lệ cao để phát hiện khả năng sản xuất PHB của chúng để sản xuất nhựa sinh học (Sayed M Abdo & Gamila H Ali, 2019).

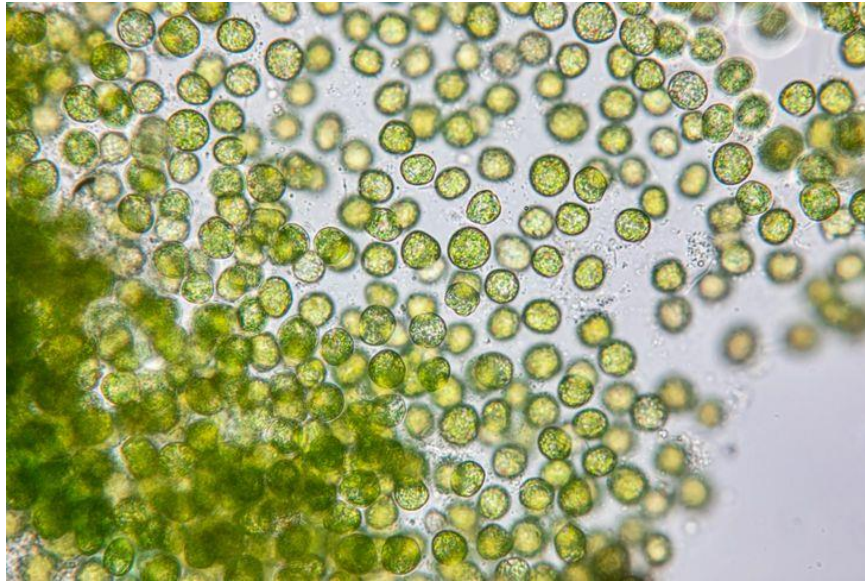
## **1.2. TỔNG QUAN VỀ NGUYÊN VẬT LIỆU**

### **1.2.1. Tảo lục Chlorella**

Các đại dương chiếm khoảng 70% diện tích trái đất và là nơi có đa dạng sinh học bao gồm các loài động vật thủy sinh, thực vật và vi tảo. Đáng nói nhất trong số này là vi tảo vì nó chiếm bậc thấp nhất trong chuỗi thức ăn thủy sinh và cung cấp oxy cho nhiều loài trong môi trường nước. Chúng cũng là loài tồn tại lâu đời nhất trên trái đất và điều hiển nhiên là vi khuẩn lam là nhà sản xuất đầu tiên của bầu khí quyển chứa oxy của trái đất (Rani, Sandal, & Sahoo, 2018).

Vi tảo là nhóm hỗn hợp gồm cả vi sinh vật đơn bào và đa bào đã sống sót qua mọi điều kiện môi trường khắc nghiệt để trở thành sinh vật sống sót lâu đời nhất trên trái đất. Chúng được dùng để cung cấp dinh dưỡng cho con người và động vật trong nhiều thế kỷ qua, trong chuỗi thức ăn thủy sinh và cũng là loài cung cấp oxy trong môi trường

nước. *Chlorella* (**Hình 1.2**) là một loại vi tảo đơn bào, màu xanh lá cây, có các đặc tính sinh học và dược lý quan trọng đối với sức khỏe của con người. Tảo *Chlorella* có thành phần độc đáo và đa dạng các chất dinh dưỡng đa lượng và vi lượng chức năng bao gồm protein, axit béo không bão hòa đa omega-3, polysaccharit, vitamin và khoáng chất (Panahi, Darvishi, Jowzi, Beiraghdar, & Sahebkar, 2016).



**Hình 1.2. Tảo lục Chlorella**

#### 1.2.1.1. Thành phần của tảo *Chlorella*

- Protein: Tổng hàm lượng protein có trong tảo *Chlorella Vulgaris* trưởng thành là 42-58% trọng lượng khô sinh khối và thay đổi tùy theo điều kiện sinh trưởng. Protein có nhiều vai trò và gần 20% tổng số protein được liên kết với thành tế bào, hơn 50% ở bên trong và 30% di chuyển vào và ra khỏi tế bào (Safi, Zebib, Merah, Pontalier, & Vaca-Garcia, 2014).
- Lipids: Trong điều kiện tăng trưởng tối ưu, *Chlorella Vulgaris* có thể đạt tới 5-40% lipids trên mỗi trọng lượng khô sinh khối và chủ yếu bao gồm glycolipid, waxes, hydrocarbon, phospholipid và một lượng nhỏ acid béo tự do (Safi et al., 2014).
- Carbohydrate: Carbohydrate đại diện cho một nhóm đường khử và polysaccharid như tinh bột và cellulose. Tinh bột là polysaccharit phong phú nhất trong *Chlorella Vulgaris*, thường nằm trong lục lạp và bao gồm amyloza và amylopectin. Cellulose là một cấu trúc polysaccharid có độ kháng cao, nằm trên thành tế bào như một hàng rào sợi bảo vệ (**Bảng 1.1**). Trong thời

gian hạn chế nito, tổng số carbohydrate có thể đạt tới 12-55% trọng lượng khô (Safi et al., 2014).

**Bảng 1.1. Thành phần đường đơn giản của polysaccharid thành tế bào**

Đường trung tính	Tỷ lệ phần trăm (%)
Rhamnose	45-54
Arabinose	2-9
Xylose	7-19
Mannose	2-7
Galactose	14-26
Glucose	1-4

- Sắc tố: Sắc tố phong phú nhất ở *Chlorella Vulgaris* là chất diệp lục, có thể đạt tới 1-2% trọng lượng khô. *Chlorella Vulgaris* cũng chứa một lượng các caroten quan trọng hoạt động như các sắc tố phụ bằng cách bắt ánh sáng (**Bảng 1.2**) (Safi et al., 2014).

**Bảng 1.2. Hàm lượng sắc tố tiềm ẩn trong *Chlorella Vulgaris* trong các điều kiện sinh trưởng khác nhau**

Sắc tố	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$\beta$ -Carotene	7-12.000
Astaxanthin	550.000
Cantaxanthin	362.000
Lutein	52-3830
Chlorophyll-a	250-9630
Chlorophyll-b	72-5770
Pheophytin-a	2310-5640
Pheophytin-b	N/A
Violoxanthin	10-37

- Vitamin và khoáng chất: *Chlorella* là một nguồn vitamin và khoáng chất rất phong phú. Một số vitamin được tìm thấy với số lượng lớn trong *Chlorella* là: alpha-carotene, beta-carotene, vitamin B1, B2, B3, B5, B6, E và vitamin

K. Các vitamin được tìm thấy với số lượng nhỏ là axit folic, biotin, mositol, choline, và vitamin B12 (Rani et al., 2018).

#### 1.2.1.2. Ứng dụng của tảo *Chlorella*

##### ❖ Nhiên liệu sinh học

Tảo và vi tảo là một trong những lựa chọn thay thế cho nhiên liệu sinh học hiện tại như đậu tương, ngô, hạt cải dầu và nguyên liệu lignocellulose vì nó không cạnh tranh với thức ăn và không cần đất canh tác để phát triển. *Chlorella Vulgaris* có khả năng tích lũy một lượng lớn chất béo, đặc biệt là khi phát triển nó trong điều kiện thích hợp. Cấu hình acid béo của nó cho thấy phù hợp để sản xuất dầu diesel sinh học với tính ổn định oxy hóa và có các đặc tính tuân thủ Tiêu chuẩn Hoa Kỳ (ASTM 6751), Tiêu chuẩn Châu Âu (EN 14214), Cơ quan Dầu khí Quốc gia Brazil (ANP 255), Tiêu chuẩn Úc, Tiêu chuẩn Ấn Độ về dầu diesel sinh học (Safi et al., 2014).

##### ❖ Dinh dưỡng con người

*Chlorella* là một trong số ít vi tảo có thể tìm thấy trên thị trường dưới dạng chất bổ sung thực phẩm, chất phụ gia, chất tạo màu, nhũ tương. Tuy nhiên, bất chấp các lợi ích lành mạnh mà *Chlorella Vulgaris* và các loại vi tảo mang lại, với sự phong phú vượt trội về protein, lipid, polysaccharid, sắc tố và vitamin, chúng vẫn được coi là một dược phẩm thay vì thực phẩm (Safi et al., 2014).

##### ❖ Thức ăn gia súc

Người ta ước tính, khoảng 30% sản lượng vi tảo được bán cho mục đích thức ăn chăn nuôi do nhu cầu thực phẩm có thành phần tự nhiên ngày càng tăng thay vì thành phần tổng hợp. *Chlorella Vulgaris* tích lũy một lượng carotenoid quan trọng và sau khi cho động vật như cá và gia cầm ăn, nó cho thấy được tiềm năng tạo sắc tố cho thịt cá và lòng đỏ trứng ở gia cầm, cùng với việc tăng sức khỏe và tuổi thọ của động vật (Safi et al., 2014).

##### ❖ Xử lý nước thải

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng vượt trội của *Chlorella Vulgaris* trong việc cố định tới 74% carbon dioxide khi được nuôi trong lò phản ứng quang học và hấp thụ 45-97% nito, 28-96% phospho và giảm nhu cầu oxy hóa (COD) bằng 61-

86% từ các loại nước thải khác nhau như dệt nhuộm, nước thải đô thị, nông nghiệp, chất tái chế. Vi tảo cung cấp một con đường quan trọng để loại bỏ các chất dinh dưỡng quan trọng (nito, phospho), carbon dioxide, kim loại nặng và mầm bệnh có trong nước thải và cần thiết cho sự phát triển của chúng (Safi et al., 2014).

#### ❖ Ứng dụng hóa nông nghiệp

Chiết xuất của tảo lam bài tiết một số lượng lớn các chất ảnh hưởng đến sự tăng trưởng và phát triển của thực vật. Những vi sinh vật này được báo cáo là có lợi cho cây trồng bằng cách tạo ra các chất điều hòa thúc đẩy tăng trưởng, vitamin, acid amine, polypeptide, chất kháng khuẩn và kháng nấm có tác dụng kiểm soát sinh học mầm bệnh thực vật và các polyme như exopolysaccharit giúp cải thiện sự phát triển và năng suất của cây trồng (Safi et al., 2014).

#### **1.2.2. Tinh bột năng**

Bột năng hay còn là tinh bột sắn (**Hình 1.3**), được lấy từ rễ của cây sắn được tìm thấy ở những vùng xích đạo. Cây thuộc họ đại kích. Trước đây sắn được mô tả là hai loài ăn được thuộc chi Manihot, *Manihot ultissima* Phol, *Manihot palmata*, dựa trên sự hiện diện của hàm lượng xyanua cao và thấp trong rễ (gọi là sắn ‘đắng’ và sắn ‘ngọt’) tương ứng. Sắn là cây lâu năm có thân bụi được biết đến vì dễ trồng và yêu cầu đầu vào thấp. Cây có thể phát triển trên mọi loại đất, nhưng sự hình thành rễ tốt hơn trên đất tơi xốp, chẳng hạn như đất thịt pha cát nhẹ hoặc đất mùn cát. Do hàm lượng tạp chất còn lại (chất béo, protein, tro) thấp nên tinh bột sắn được phân biệt với các loại tinh bột khác. Hàm lượng amylose thấp hơn so với các loại tinh bột chứa amylose khác và trọng lượng phân tử cao của amylose và amylopectin. Thông thường tinh bột sắn chứa 17-20% amylose. Không giống như ngô (0-70%) và gạo (0-40%) (Breuninger, Piyachomkwan, & Sriroth, 2009).



**Hình 1.3 Tinh bột năng**

Axit polylactic (PLA) là một polyester aliphatic nhiệt dẻo thu được bằng cách trùng hợp axit lactic từ các nguồn tài nguyên tái tạo chẳng hạn như tinh bột sắn,... PLA chủ yếu được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm để sản xuất các bộ đồ ăn dùng một lần. Tuy nhiên, PLA quá mỏng manh cần các chất phụ gia để làm cho nó bền hơn. Một số loại PLA thương mại được đặc biệt thiết kế cho các quy trình như ép nóng, ép đùn và ép phun. Nó cũng có thể sử dụng cho lớp vỏ giữ đất, màng nông nghiệp, sử dụng vật liệu đóng gói (Atiwesh et al., 2021).

### **1.3. CÁC NGHIÊN CỨU TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC VỀ TỔNG HỢP NHỰA SINH HỌC**

#### **1.3.1. Nghiên cứu ngoài nước**

Nghiên cứu của tác giả Abdo và các cộng sự (Sayeda M. Abdo & Gamila H. Ali, 2019) đã sản xuất polyhydroxybutrate (PHB). Hàm lượng PHB trong sinh khối tảo giúp tăng cường đặc tính có thể tái chế của nhựa, trong đó nó làm giảm lượng dầu mỏ được sử dụng trong sản xuất nhựa. Khả năng phân hủy sinh học và khả năng tương thích sinh học phù hợp với các polyme dầu mỏ là những điểm mạnh chính của PHB giúp chúng có thể ứng dụng trong các lĩnh vực công nghiệp, dược phẩm, nông nghiệp và đa dạng. Màng PHB được sử dụng để đóng gói phân bón urê và thuốc trừ sâu, khi được sử dụng trong đất nông nghiệp có thể giải phóng phân bón hoặc thuốc trừ sâu ở chế độ được kiểm soát khi cộng đồng vi sinh vật trong đất dần dần phân hủy màng PHB.

Vào năm 2019, Dianursanti và các cộng sự (Dianursanti, Noviasari, Windiani, & Gozan, 2019) đã nghiên cứu và sản xuất ra nhựa sinh học từ tảo *Spirulina platensis* trộn

với một loại polymer: rượu polyvinyl. Các vật liệu khác là glycerol như một chất làm dẻo để tăng tính linh hoạt, và anhydrit maleic như một chất tương hợp để tăng cường liên kết giữa vi tảo và polyme. Nghiên cứu này nhằm sản xuất nhựa phân hủy sinh học có tính chất cơ học tương tự như nhựa thông thường, tức là độ bền kéo 26,37 kgf/cm<sup>2</sup> và độ giãn dài 55%.

Năm 2017, nghiên cứu của Sultan và các cộng sự (Sultan & Johari, 2017) đã phát triển màng nhựa sinh học từ sự kết hợp của hai polime sinh học có cùng nguồn gốc là vỏ chuối và tinh bột ngô. Nhìn chung, sự kết hợp của tinh bột từ hai nguồn khác nhau có thể được sử dụng như một giải pháp thay thế trong sản xuất nhựa sinh học

Hầu hết các nhà nghiên cứu đều quan tâm đến các nguồn tài nguyên tái tạo để sử dụng. Vì lý do này mà Ezgi và các cộng sự (Ezgi Bezirhan Arikan & Bilgen, 2019) đã nghiên cứu ra nhựa sinh học từ vỏ khoai tây. Người ta thấy rằng nhựa sinh học từ vỏ khoai tây (PPB) được sản xuất có khả năng hấp thụ nước cao hơn so với nhựa sinh học thương mại. Do đó, PPB có thể không được sử dụng trong ngành dịch vụ thực phẩm nhưng có thể được sử dụng làm vật liệu đóng gói. Các thử nghiệm về khả năng phân hủy sinh học cho thấy PPB phân hủy sinh học khoảng 71% trong đất ẩm và 100% trong phân trùn quế trong vòng bốn tuần. Do đó, với tư cách là chất thải công nghiệp thực phẩm, vỏ khoai tây có thể được sử dụng trong sản xuất nhựa sinh học có thể phân hủy sinh học. Bằng cách này, ô nhiễm nhựa từ dầu mỏ có thể giảm cả ở Thổ Nhĩ Kỳ và thế giới.

### **1.3.2. Nghiên cứu trong nước**

Năm 2022, nhóm của tác giả Nguyễn và các cộng sự (Nguyen, That, Nguyen, & Nguyen, 2022) đã nghiên cứu và sản xuất ra màng nhựa sinh học bằng tinh bột hạt mít. Với những nguyên liệu dễ tìm trên thị trường: hạt mít, glycerol, axit citric, bột nở. Nhựa sinh học được điều chế bằng cách trộn tinh bột với glycerol với các tỷ lệ tinh bột : glycerol khác nhau theo khối lượng (2,5 : 1; 2,75 : 1; 3,0 : 1; và 3,5 : 1). Quá trình hóa dẻo được thực hiện bằng cách cho hỗn hợp chất lỏng với các thành phần theo tỷ lệ nhất định lên trên máy khuấy từ được làm nóng (mẫu SCILOGEX MS-HS) ở nhiệt độ 95 °C.

## Chương 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. HÓA CHẤT VÀ NGUYÊN LIỆU - THIẾT BỊ - DỤNG CỤ

#### 2.1.1. Hóa chất và nguyên liệu

Bảng 2.1. Bảng hóa chất và nguyên liệu dùng trong thí nghiệm

Hóa chất và nguyên liệu	Xuất xứ	Độ tinh khiết
Bột tảo Chlorella	Trung Quốc	Thương mại
Tinh bột năng	Việt Nam	Thương mại
Gelatin	Pháp	-
Glycerol	Trung Quốc	99%
Nước Deionized	Việt Nam	-

#### 2.1.2. Thiết bị

Bảng 2.2. Những thiết bị được sử dụng trong thí nghiệm

STT	Thiết bị	Thông số kỹ thuật	Xuất xứ
1	Máy khuấy từ gia nhiệt	Model: 85-2A Tốc độ khuấy từ: 0-2400 vòng/phút Nhiệt độ max: 1000 °C Công suất: 300W	Trung Quốc
2	Cân phân tích 3 số ALE Vibra	Model: ALE (Sai số: 0.001g) Mức cân: Cân điện tử 600g	Nhật Bản
3	Bể siêu âm Sturdy	Model: UC-150 Thể tích: 4.5 lít	Đài Loan

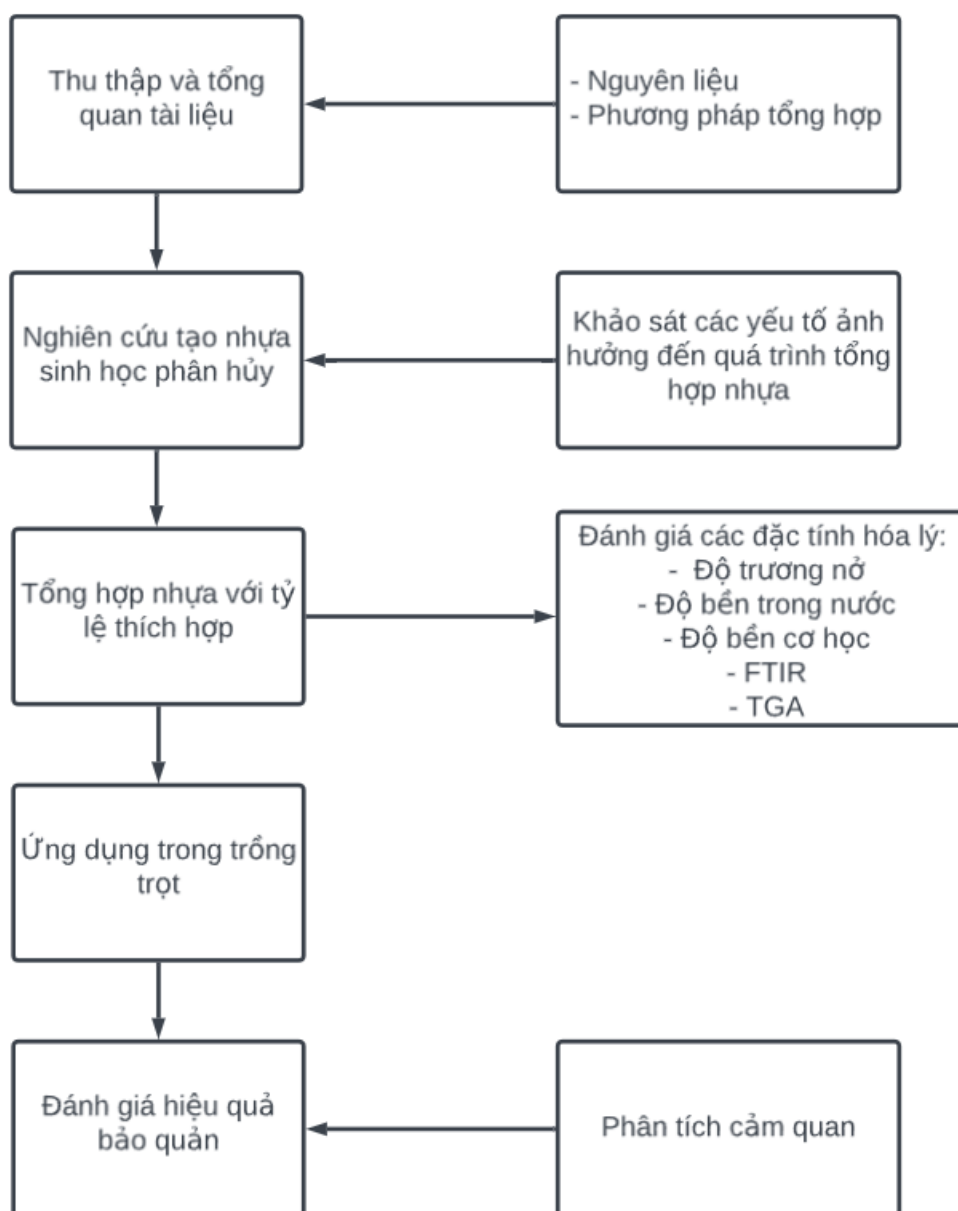
		Tần số/Công suất siêu âm: 46kHz/150W Nhiệt độ: 0- 60°C	
4	Bơm chân không Rocker 300	Model: Rocker 300 Lưu lượng hút: 17 lít/phút Cấp chân không: max 670mmHg Độ ồn: 50 Db	Trung Quốc

### 2.1.3. Dụng cụ

STT	Dụng cụ	Thông số kỹ thuật
1	Cốc thủy tinh	100mL, 250mL, 500mL
2	Ống đong nhựa	100mL
3	Đĩa petri nhựa	
4	Cá từ	3cm, 4cm
5	Đũa thủy tinh	
6	Ống nhỏ giọt	
7	Micropipette	1mL
8	Đầu tuýp	
9	Bộ phễu sứ lọc chân không	500mL
10	Kéo, giấy bạc, khăn giấy, giấy lọc...	

## 2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

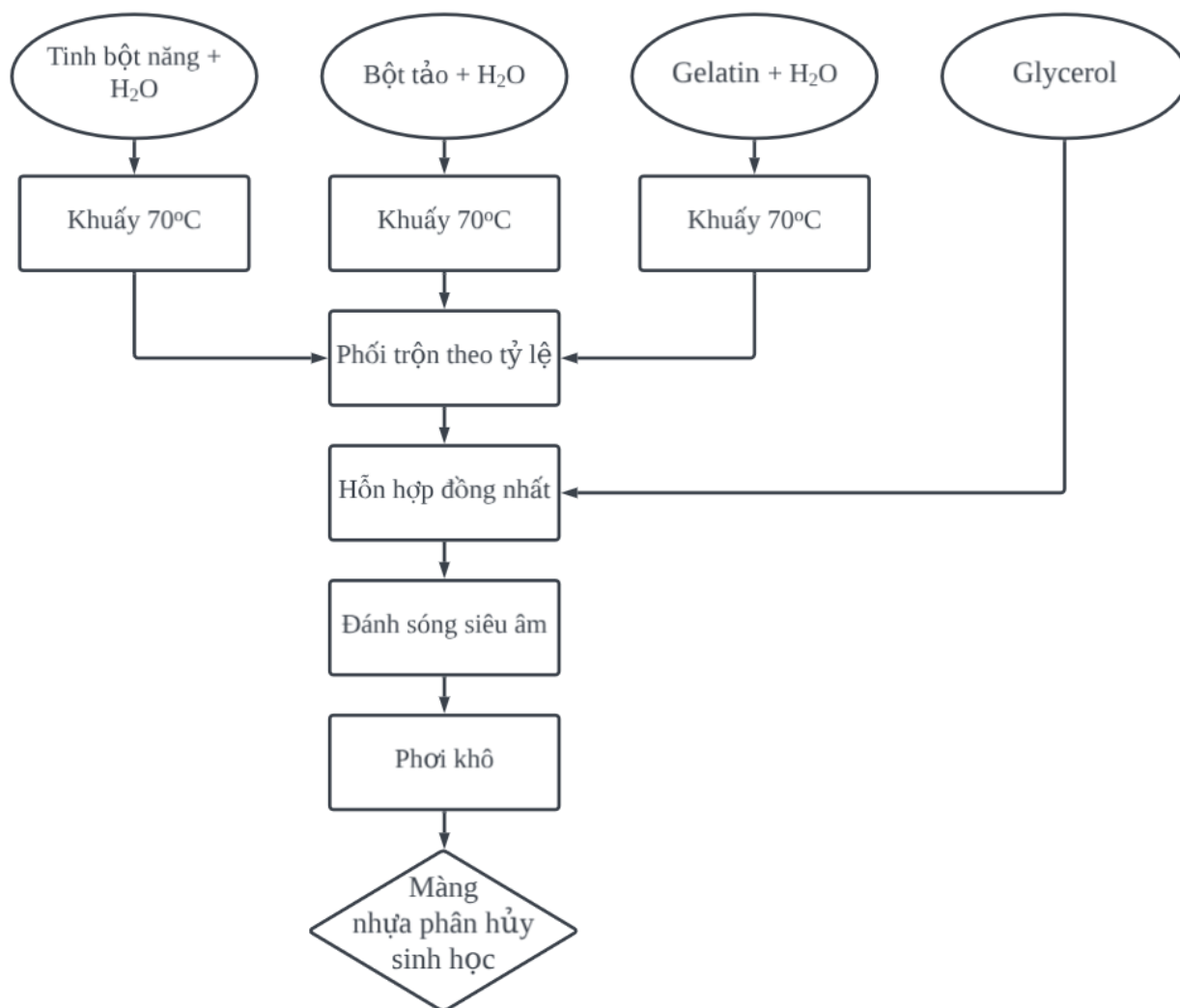
### 2.2.1. Sơ đồ nghiên cứu



Hình 2.1. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

### 2.2.2. Bố trí thí nghiệm

- ❖ Quy trình tổng hợp nhựa phân hủy sinh học được trình bày ở **Hình 2.2**.



**Hình 2.2. Sơ đồ tạo màng phân hủy sinh học**

Hoà tan hoàn toàn dung dịch gelatin (4.0 g trong 60 mL nước deionized) trên bếp khuấy từ ở 70 °C. Khuấy dung dịch tảo (1.0 g trong 15 mL nước deionized) trên bếp khuấy từ ở 70 °C trong 60 phút. Sau đó lọc dung dịch bột tảo bằng hệ thống lọc chân không để lấy dịch lọc. Tiếp tục khuấy dung dịch bột năng (1.0 g trong 15 mL nước deionized) cho đến khi hỗn hợp sệt lại và chuyển từ đục thành trong. Hỗn hợp bột năng và hai hỗn hợp còn lại sẽ được phối trộn với tỷ lệ khảo sát trên bếp khuấy từ trong vòng 60 phút. Tiếp theo, thêm từ từ glycerol (2mL) vào hỗn hợp và tiếp tục khuấy 15 phút. Kế tiếp, hỗn hợp sẽ được đem đi đánh sóng siêu âm ở 40 °C trong 5 phút. Cuối cùng, đổ 20mL dung dịch vào đĩa petri để tạo hình và phơi khô trong vòng 1 đến 2 ngày sẽ thu được màng nhựa phân hủy sinh học. (Kí hiệu:-A-ST/G: tỷ lệ tảo-tinh bột năng/gelatin)

- ❖ Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo màng
  - Nhân tố cố định:

Dung dịch tảo *Chlorella Vulgaris*: 1g/ 15mL

Dung dịch bột năng: 1g/ 15mL

- Nhân tố khảo sát

Tỷ lệ Tảo/Bột năng/Gelatin: 0,5:1:4 , 1:1:4 , 1,5:1:4 (w/v)

### 2.2.3. Phương pháp phân tích

#### 2.2.3.1. Độ trương nở

Để đo độ trương nở, tiến hành cân 1 g màng và ngâm trong 40 mL nước ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ. Sau đó màng được lấy ra và cân khối lượng.

$$S_w (\%) = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\%$$

Trong đó:  $W_o$  là khối lượng ban đầu của mẫu;  $W_t$  là khối lượng đã làm khô của mẫu sau khi ngâm trong nước;  $S_w$  là độ trương nở.

#### 2.2.3.2. Độ bền trong nước

Để đo độ bền trong nước, tiến hành cân 1 g màng ngâm trong 40 mL nước. Trong những khoảng thời gian nhất định, mẫu được lấy ra khỏi nước và để khô ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ

$$S (\%) = \frac{W_o - W_n}{W_o} \times 100\%$$

Trong đó:  $W_o$  là khối lượng ban đầu của mẫu;  $W_n$  là khối lượng đã làm khô của mẫu;  $S$  là độ bền trong nước.

#### 2.2.3.3. FT-IR

Phổ FT-IR của phim thu được bằng cách sử dụng máy quang phổ phản xạ tổng FTIR (máy quang phổ TENSOR 37 với phần mềm OPUS 6.0, Billerica, MA, USA) được suy giảm đến độ phân giải  $4 \text{ cm}^{-1}$  ở số sóng  $4000 - 5000 \text{ cm}^{-1}$ . Để đo lường, tất cả các mẫu phim được cắt thành các mảnh (5 cm x 5 cm) và đặt trực tiếp trên công đoạn phơi sáng chùm tia (Roy & Rhim, 2020)

#### 2.2.3.4. SEM

Độ phóng đại hữu ích tối đa có thể đạt được trong kính hiển vi quang học thông thường là khoảng 1000 lần. Để có độ phân giải tốt hơn (và độ phóng đại hữu ích cao hơn), bước sóng của bức xạ hình ảnh phải được giảm xuống. Trong kính hiển vi điện tử, các electron thường được gia tốc đến năng lượng cao từ 2 đến 1000 keV (tức là bước sóng 0,027-0,0009 nm). Có nhiều tương tác có thể xảy ra giữa chùm tia điện tử năng lượng cao và các nguyên tử trong mẫu vật. Nếu mẫu vật rất mỏng, thì các electron có thể truyền qua nó mà không bị hấp thụ và được sử dụng để tạo thành hình ảnh trong TEM. Nếu mẫu vật dày hơn, thì các electron không còn được truyền đi nên chỉ các hạt (ví dụ: electron, tia X và photon) nổi lên từ bề mặt mới có thể cung cấp cho chúng ta thông tin. (Vernon-Parry, 2000)

#### 2.2.3.5. TGA

TGA, phân tích nhiệt trọng lượng, là một kỹ thuật phân tích định lượng theo khối lượng của mẫu từ 1 mg đến vài g khi lò tăng nhiệt độ lên tới 1600 °C dưới dòng khí ổn định hoặc thay đổi. Trong kỹ thuật hóa học hiện đại, các nhà nghiên cứu áp dụng kỹ thuật này để rút ra các chuyển đổi, động học và cơ chế cho bất kỳ quá trình nào có sự thay đổi khối lượng bằng các phương pháp đẳng nhiệt, không đẳng nhiệt và bán đẳng nhiệt. Khối lượng giảm xuống khi mẫu bị phân hủy, các hợp chất dễ bay hơi bay hơi hoặc trạng thái oxy hóa giảm, trong khi ở môi trường phản ứng, khối lượng của các kim loại chuyển tiếp có thể tăng lên (Saadatkhan et al., 2020)

### 2.3. PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ SỐ LIỆU

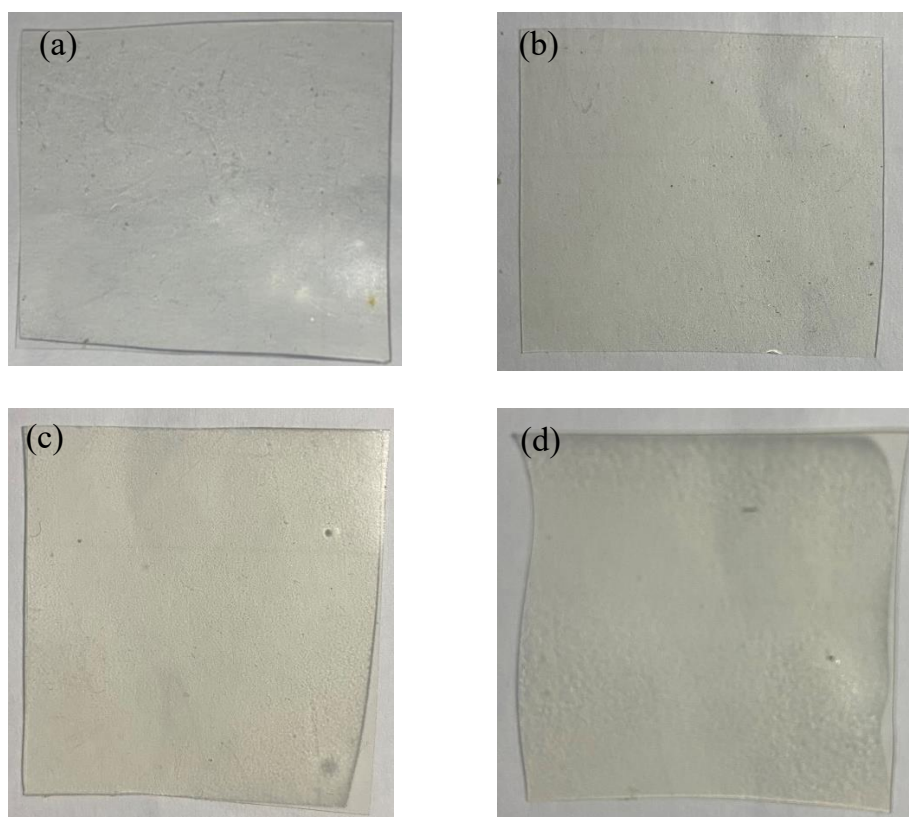
Các thí nghiệm được thực hiện lặp 3 lần. Giá trị biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình và sai số chuẩn. Để đánh giá tiêu chuẩn hóa học thì các giá trị biểu diễn dưới sai số chuẩn và giá trị trung bình. Kiểm tra sự khác biệt với mức ý nghĩa 5% bằng cách sử dụng phân tích phương sai một chiều (ANOVA) với thử nghiệm Turkey bằng phần mềm Microsoft excel.

## Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA MÀNG

#### 3.1.1. Cảm quan màng nhựa phân hủy sinh học

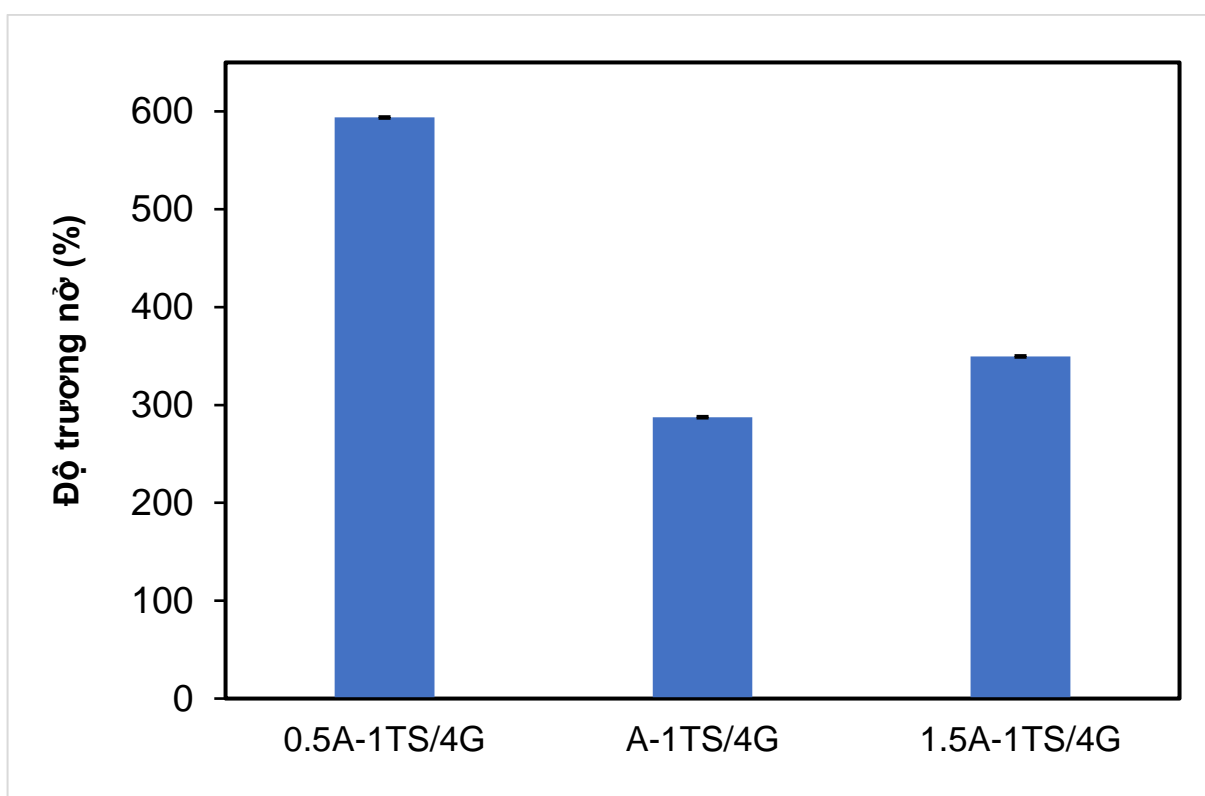
Hình ảnh của các tỷ lệ màng được thể hiện ở **Hình 3.1**. Trong 4 tỷ lệ màng thì màng A-1ST/4G có độ trương nở tốt nhất so với các màng còn lại và độ bền trong nước cũng tốt hơn. Màu sắc của các màng trong suốt, tuy nhiên khi tăng tỷ lệ tảo lên thì màu sắc trở nên đậm hơn. Quan sát hình ảnh màu sắc của màng ta thấy được màng 0A-1ST/4G có độ dẻo thấp hơn so với các màng khác và thiếu tính đàn hồi, cứng và khi kéo rất dễ đứt. Màng 0.5A-1ST/4G tuy có độ dẻo hơn so với màng không bổ sung tảo tuy nhiên vẫn thiếu sự đàn hồi và rất dễ đứt khi kéo giãn. Màng A-1ST/4G có độ dẻo và khi kéo giãn có độ đàn hồi khá tốt, không dễ đứt như hai màng trên. Màng 1.5A-1ST/4G có độ dẻo dai, có thể kéo giãn, tính đàn hồi tốt. Tất cả các mẫu màng đều có bề mặt đồng nhất không gò gề, không bị phân chia thành nhiều lớp.



**Hình 3.1. Hình ảnh màng theo tỷ lệ (a) 0A-1ST/4G, (b) 0.5A-1ST/4G, (c) A-1ST/4G, (d) 1.5A-1ST/4G**

### 3.1.2. Độ trương nở của màng nhựa phân hủy sinh học

Kết quả độ trương nở của 3 tỷ lệ màng nhựa sinh học khảo sát trong thời gian ngâm trong nước 30 phút được trình bày ở **Hình 3.2**. Do tỷ lệ gelatin giữa các màng là tương tự nhau nên sẽ dựa vào tỷ lệ tảo có trong màng để đánh giá. Đánh giá về độ trương nở của 3 tỷ lệ màng: Màng 0.5A-1ST/4G có độ trương nở cao nhất (593,74%), tiếp đến là màng 1.5A-1ST/4G (349,60%) và cuối cùng là màng A-1ST/4G có độ trương nở thấp nhất (287,49%). Màng có tỷ lệ tảo thấp nhất dẫn đến hiện tượng trương nở nhiều hơn so với các màng còn lại. Tuy nhiên màng 1.5A-1ST/4G lại có độ trương nở cao hơn màng A-1ST/4G nhưng chênh lệch không cao bằng màng 0.5A-1ST/4G. Kết quả cho thấy được màng A-1ST/4G có độ trương nở thấp nhất và ít hút nước hơn.

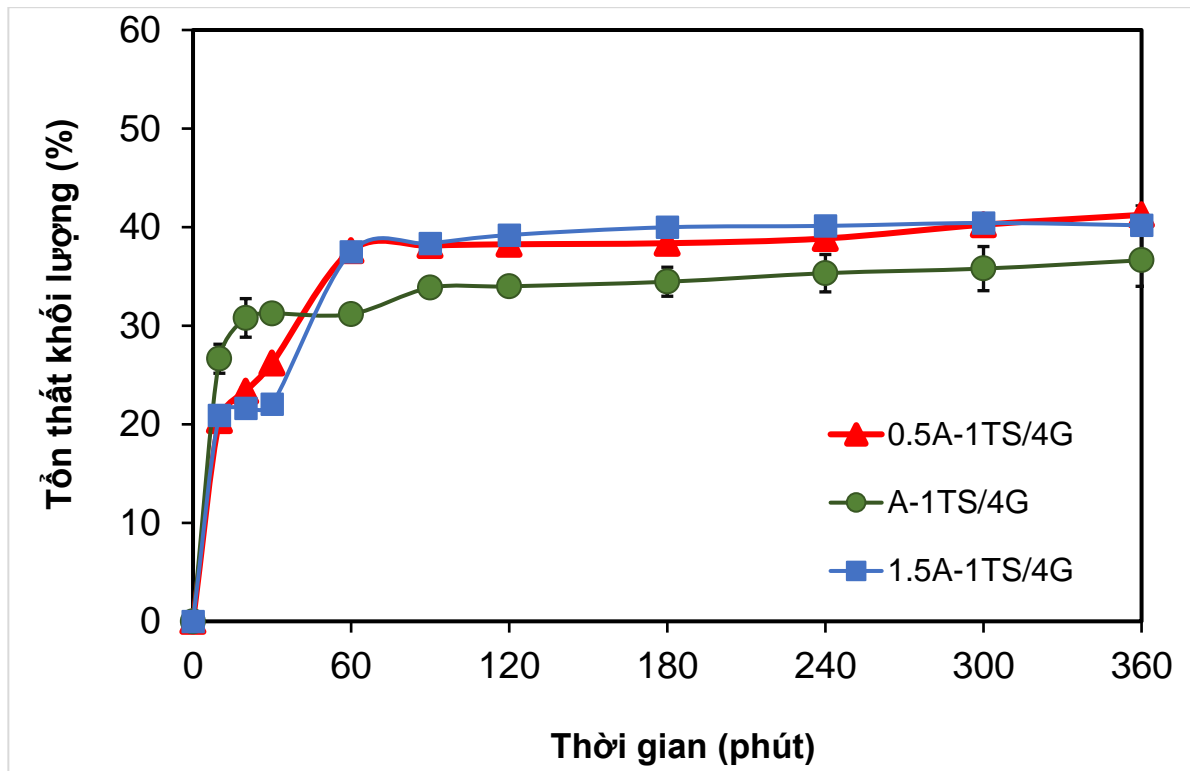


**Hình 3.2.** Biểu đồ thể hiện độ trương nở của các tỷ lệ màng

### 3.1.3. Độ bền trong nước của màng nhựa phân hủy sinh học

Các đường cong hòa tan trong nước của màng nhựa ở các tỷ lệ khác nhau được thể hiện ở **Hình 3.3**. Kết quả cho thấy, độ hòa tan trong nước của 2 tỷ lệ màng 0.5A-1ST/4G và 1.5A-1ST/4G xấp xỉ bằng nhau và đều cao hơn tỷ lệ màng A-1ST/4G. Tỷ lệ màng 0.5-1ST/4G và 1.5-1ST/4G tan từ từ trong 30 phút đầu sau đó tăng mạnh trong 60 phút và dần đạt đến trạng thái cân bằng. Khác với 2 tỷ lệ màng trước, tỷ lệ A-1ST/4G

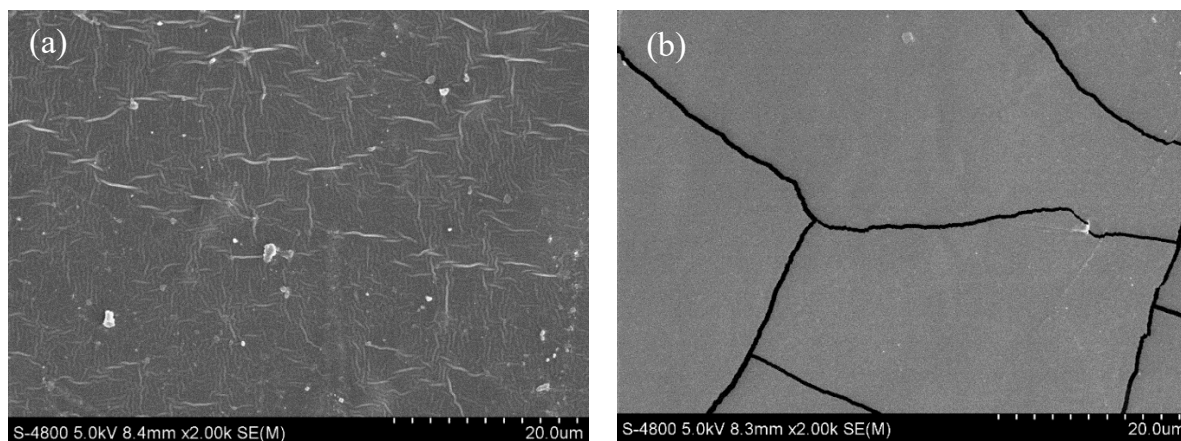
có độ hòa tan cao hơn trong 30 phút đầu, tuy nhiên khi đạt trạng thái cân bằng lại có độ hòa tan thấp hơn 2 tỷ lệ còn lại. Điều này cho thấy được tỷ lệ A-1ST/4G sẽ bền trong nước hơn 2 tỷ lệ màng 0.5-1ST/4G và 1.5A-1ST/4G.



**Hình 3.3. Biểu đồ thể hiện độ hòa tan của các tỷ lệ màng**

### 3.1.4. SEM

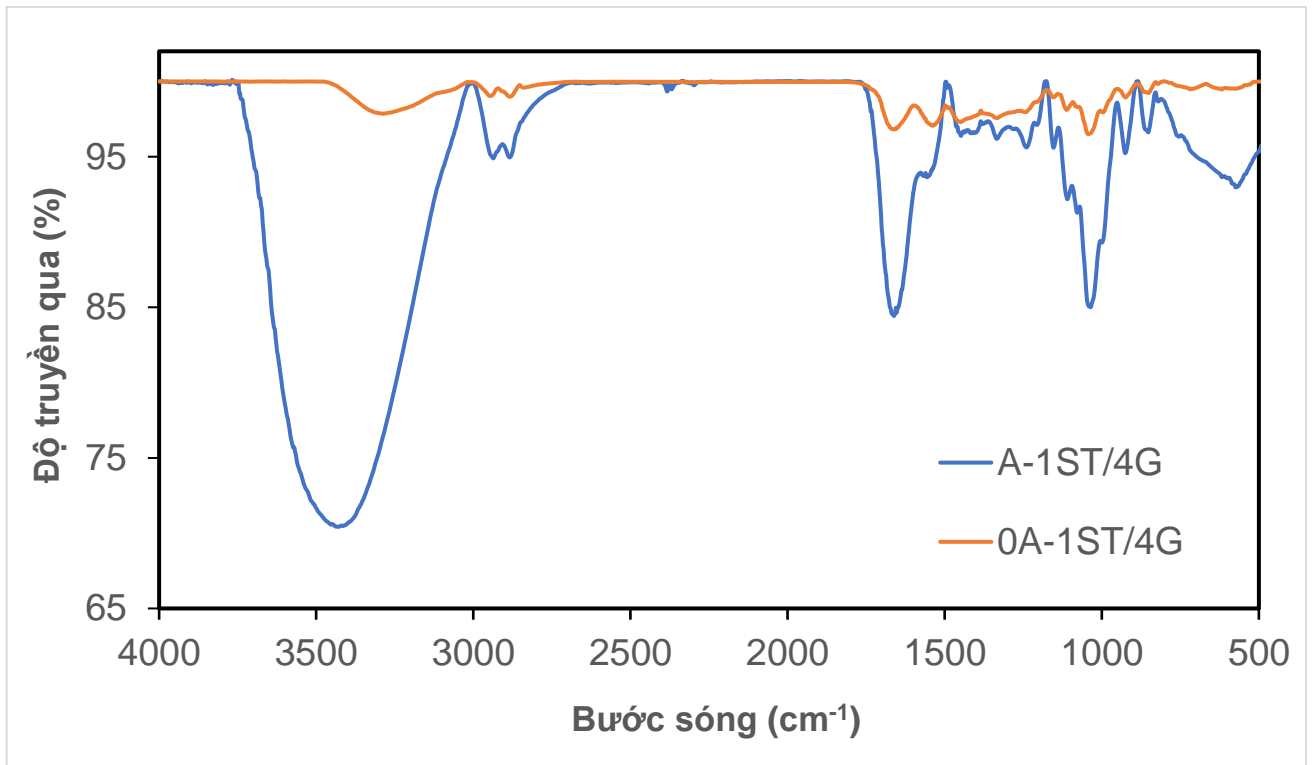
Kết quả SEM được thể hiện trên hình **Hình 3.4** với độ phóng đại đến 20  $\mu\text{m}$  giúp phân tích trực quan hình thái của màng. Ở đây có thể thấy **Hình 3.4a**, màng có bổ sung tảo, cho thấy được sự liên kết giữa các protein có trong tinh bột và tảo một cách đồng nhất, không có vết nứt và khoảng trống. **Hình 3.4b**, màng không có bổ sung tảo, bị thiếu sự liên kết dẫn đến sự rạn nứt gây ra tương tác kém giữa tinh bột và gelatin, bề mặt gồ ghề và không bền vững. Điều này cho thấy việc bổ sung tảo giúp cho màng có liên kết tốt hơn và có bề mặt hình thái tốt hơn màng không bổ sung tảo.



**Hình 3.4. Kết quả SEM (a) Tỷ lệ A-1ST/4G; (b) Tỷ lệ 0A-1ST/4G**

### 3.1.5. FT-IR

Các nhóm chức khác nhau đã phân tích dựa trên phổ FT-IR đã được thể hiện trong **Hình 3.5**. Các màng đều đạt cực đại ở số bước sóng chính xác với cường độ khác nhau. Đỉnh hấp thụ rộng của màng A-1ST/4G quan sát được ở bước sóng  $3434.33\text{ cm}^{-1}$  cho thấy được dao động kéo dài của nhóm O-H. Tương tự, màng 0A-1ST/4G cho thấy được dao động kéo dài của nhóm O-H xảy ra tại đỉnh peak  $3282.06\text{ cm}^{-1}$ . Các đỉnh peak của màng A-1ST/4G ở bước sóng  $2937.1\text{ cm}^{-1}$  đến  $2884.43\text{ cm}^{-1}$  và ở  $1447.81\text{ cm}^{-1}$  đến  $1333.6\text{ cm}^{-1}$  cho thấy được dao động kéo dài và uốn của nhóm C-H. Tương tự với đỉnh peak của màng 0A-1ST/4G ở bước sóng  $2945.66\text{ cm}^{-1}$  đến  $2883.7\text{ cm}^{-1}$  và ở  $1450.17\text{ cm}^{-1}$  đến  $1334.58\text{ cm}^{-1}$ . Đỉnh ở bước sóng  $1037.43\text{ cm}^{-1}$  của màng A-1ST/4G và đỉnh ở  $1039.91\text{ cm}^{-1}$  biểu thị được dao động kéo dài C=O trong nhóm chức rượu của glycerol. Dải hấp thụ ở  $1661.24\text{ cm}^{-1}$  của màng A-1ST/4G và ở  $1661.33$  của màng 0A-1ST/4G tương ứng với dao động uốn của nhóm O-H do sự có mặt của các phân tử nước còn sót lại. Có thể thấy đỉnh peak của màng A-1ST/4G, màng có bổ sung tảo, đạt cực đại hơn. Điều này cho thấy được sự phân tán tuyệt vời của tảo trong nền tinh bột. (Shanmathy, Mohanta, & Thirugnanam, 2021)



**Hình 3.5. Phổ FT-IR của các tỷ lệ màng**

### 3.1.6. Độ bền cơ học

Kết quả thể hiện ở **Bảng 3.1** cho thấy được ứng suất Young, độ bền kéo, độ bền đứt của 2 tỷ lệ màng. Ứng suất Young được phát hiện trong màng A-1ST/4G là 76.726 MPa và trong màng 0A-1ST/4G là 239.419 MPa. Độ bền kéo của của màng A-1ST/4G là 18.9101 MPa và của màng 0A-1ST/4G là 29.7981 MPa. Ngoài ra, độ bền đứt của màng A-1ST/4G là 105.27%, cao hơn so với màng 0A-1ST/4G là 76.6531%. Điều này cho thấy được màng có bổ sung tảo sẽ có khả năng dẻo hóa tốt hơn so với màng không bổ sung tảo.

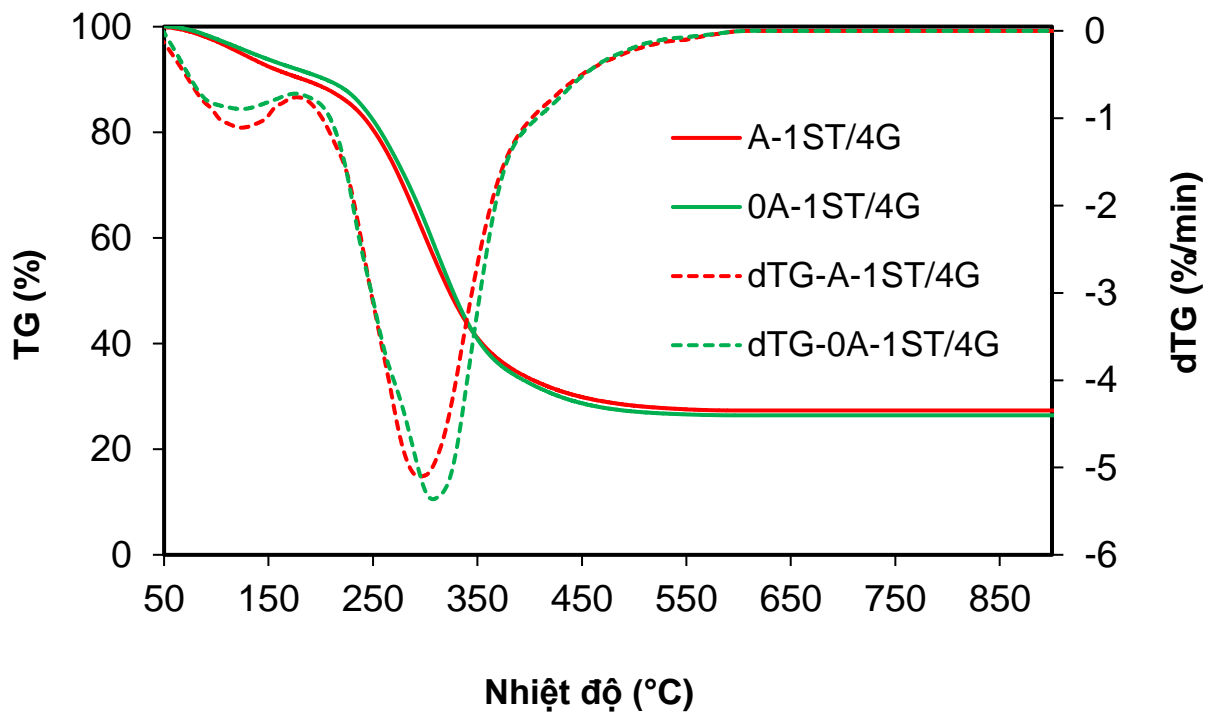
**Bảng 3.1. Kết quả độ bền cơ học của 2 tỷ lệ màng nhựa**

Mẫu	Độ bền kéo (MPa)	Độ bền đứt (%)	Ứng suất Young (MPa)	Tài liệu tham khảo
A-1ST/4G	18.91	105.27	76.73	Nghiên cứu này
0A-1ST/4G	29.80	76.65	239.42	Nghiên cứu này

Nhựa sinh học từ sinh khối vi tảo (HRAP)	1.62	530	-	(Sayeda M. Abdo & Gamila H. Ali, 2019)
Nhựa sinh học từ tinh bột ngô và gạo (Mẫu S3)	10.6	5.3	150	(Marichelvam, Jawaid, & Asim, 2019)
Màng nhựa sinh học từ sợi nano cellulose (DC TEMPO-CNFs)	303.2	-	238	(Lee et al., 2021)
Màng từ tinh bột sắn và gelatin (3 MA10GEL/GL Y 4:1)	108.28	-	-	(Fakhouri et al., 2012)
Màng tổ hợp sinh học keratin và tinh bột nghệ (30:3)	15.5	19.7	-	(Oluba, Osayame, & Shoyombo, 2021)

### 3.1.7. Độ bền nhiệt (TGA)

Sự phân hủy nhiệt của các tỷ lệ màng đã được đánh giá và thể hiện qua **Hình 3.6** cho thấy được 3 giai đoạn của quá trình nhiệt. Trong giai đoạn đầu tiên, sự mất khối lượng (13%) xảy ra ở khoảng từ 30 đến 230 °C do sự bay hơi của nước. Trong giai đoạn thứ hai, các mẫu bị phân hủy nhanh chóng ở nhiệt độ 230 đến 480 °C, với sự mất khối lượng lên đến 59% do sự phân hủy cellulose, chất nền tinh bột và glycerol. Ở giai đoạn cuối, sự phân hủy protein xảy ra ở nhiệt độ cao hơn 480 °C. Màng nhựa sinh học có khả năng bền nhiệt lên đến 500 °C, với điều kiện chịu nhiệt này, màng nhựa sinh học có khả năng ứng dụng để trồng cây trong điều kiện khắc nghiệt. (Jantasrirad, Mayakun, Numnuam, & Kaewtatip, 2021)

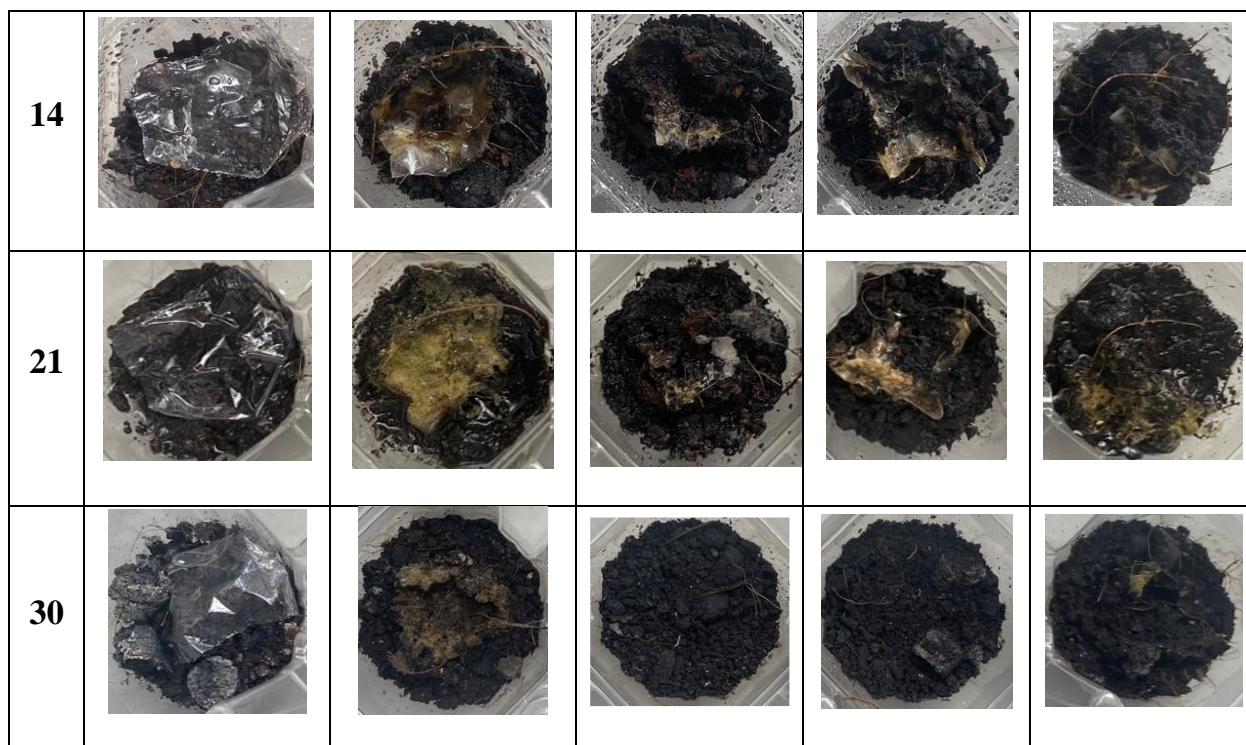


Hình 3.6. Phổ TGA của các tỷ lệ màng

### 3.2. KHẢ NĂNG PHÂN HỦY TRONG ĐẤT

Bảng 3.2. Quá trình phân hủy trong đất của các tỷ lệ màng

N G À Y	Mẫu Blank	Mẫu 0A- 1ST/4G	Mẫu 0.5A- 1ST/4G	Mẫu 1A- 1ST/4G	Mẫu 1.5A- 1ST/4G
0					
7					



Trong khoảng thời gian 30 ngày đặt các tỷ lệ màng trong môi trường đất và có phun nước mỗi ngày, ghi nhận về hình ảnh và ngoại quan ở những thời điểm 7, 14, 21, 30 ngày. Kết quả được trình bày lần lượt ở **Bảng 3.2**. Mẫu blank được sử dụng trong khảo sát này là mẫu màng bọc thực phẩm thông thường được làm từ nhựa PE.

- Đánh giá cảm quan của màng sau 7 ngày:

Màng bắt đầu có dấu hiệu lên mốc trên bề mặt, chuẩn bị phân hủy.

Mẫu blank không có dấu hiệu khác thường.

- Đánh giá cảm quan của màng sau 14 ngày

Màng blank không có dấu hiệu biến đổi hoặc lên mốc.

Màng 0A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 40%, bề mặt xuất hiện mốc vàng, trạng thái của màng hơi cong trong đất.

Màng 0.5A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 50%, bề mặt xuất hiện mốc vàng, màng bị cong trong đất.

Màng A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 50%, bề mặt xuất hiện mốc vàng, màng bị cong trong đất.

Màng 1.5A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 40%, bề mặt xuất hiện mốc vàng và màng bị cuộn tròn lại trong đất.

- Đánh giá cảm quan của màng sau 21 ngày

Màng blank vẫn bình thường, không có dấu hiệu phân hủy

Màng 0A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 80%, bề mặt xuất hiện nhiều mốc vàng, có những sinh vật rất nhỏ màu trắng đục trong đất.

Màng 0.5A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 90%, bề mặt xuất hiện mốc vàng và trắng, có sinh vật nhỏ màu trắng đục trong đất.

Màng A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 80%, bề mặt xuất hiện nhiều mốc vàng, có nhiều sinh vật nhỏ màu trắng đục trong đất.

Màng 1.5A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 90%, bề mặt xuất hiện mốc vàng, có nhiều sinh vật màu trắng đục trong đất.

- Đánh giá cảm quan của màng sau 30 ngày

Màng blank vẫn nguyên vẹn không phân hủy.

Màng 0A-1ST/4G đã bị phân hủy khoảng 95%, còn sót lại một vài mảnh vụn của màng chưa phân hủy hoàn toàn.



Màng 0.5A-1ST/4G đã bị phân hủy hoàn toàn trong môi trường đất.

Màng A-1ST/4G đã bị phân hủy hoàn toàn trong môi trường đất.

Màng 1.5A-1ST/4G đã bị phân hủy 99%, còn sót lại một mảnh vụn trong đất.

### **3.3. ỨNG DỤNG MÀNG NHỰA TRONG TRỒNG TRỌT**

**Bảng 3.3. Quá trình sử dụng màng để trồng cây**

N G À Y	MẪU Blank	MẪU 0A- 1ST/4G	MẪU 0.5A- 1ST/4G	MẪU 1A- 1ST/4G	MẪU 1.5A- 1ST/4G
1					
2					
3					
4					



Sau 1 tuần ứng dụng màng bọc để trồng cây, ghi nhận về hình ảnh và cảm quan của các cây khi được bao các màng nhựa phân hủy sinh học. Kết quả đã được thể hiện ở **Bảng 3.3**. Mẫu blank được sử dụng trong khảo sát này là mẫu màng bọc thực phẩm thông thường được làm từ nhựa PE không phân hủy.

- Đánh giá cảm quan sau 1 ngày trồng cây

Màng blank không thấm nước, không có dấu hiệu tan và cây vẫn phát triển bình thường.

Màng 0A-1ST/4G có dấu hiệu phân hủy, cây phát triển tốt bình thường.

Màng 0.5A-1ST/4G có dấu hiệu phân hủy, cây phát triển tươi tốt.

Màng A-1ST/4G có dấu hiệu phân hủy, cây vẫn phát triển tốt.

Màng 1.5A-1ST/4G có dấu hiệu phân hủy, cây phát triển tốt.

- Đánh giá cảm quan sau 2 ngày trồng cây

Màng blank không có dấu hiệu phân hủy và cây phát triển bình thường.

Màng 0A-1ST/4G phân hủy một phần nhỏ khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tốt bình thường.

Màng 0.5A-1ST/4G phân hủy một phần nhỏ khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tươi tốt.

Màng A-1ST/4G phân hủy một phần nhỏ khi tiếp xúc với đất trồng, cây vẫn phát triển tốt.

Màng 1.5A-1ST/4G phân hủy một phần nhỏ khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tốt.

- Đánh giá cảm quan sau 3 ngày trồng cây

Màng blank không phân hủy, cây phát triển bình thường.

Màng 0A-1ST/4G đã phân hủy nhiều khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tốt bình thường.

Màng 0.5A-1ST/4G đã phân hủy nhiều khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tươi tốt.

Màng A-1ST/4G đã phân hủy nhiều khi tiếp xúc với đất, cây vẫn phát triển tốt.

Màng 1.5A-1ST/4G đã phân hủy nhiều khi tiếp xúc với đất, cây phát triển tốt.

- Đánh giá cảm quan sau 4 ngày trồng cây

Màng blank không phân hủy, không hút nước, cây phát triển bình thường.

Màng 0A-1ST/4G gần như đã phân hủy khi tiếp xúc với đất, cây phát triển tốt bình thường.

Màng 0.5A-1ST/4G gần như đã phân hủy khi tiếp xúc với đất trồng, cây phát triển tươi tốt.

Màng A-1ST/4G gần như đã phân hủy khi tiếp xúc với đất, cây vẫn phát triển tốt.

Màng 1.5A-1ST/4G gần như đã phân hủy khi tiếp xúc với đất, cây phát triển tốt.

- Đánh giá cảm quan sau 7 ngày trồng cây

Màng blank không phân hủy, cây phát triển bình thường.

Màng 0A-1ST/4G đã phân hủy phần tiếp xúc với đất, cây xuất hiện tình trạng bị thiếu nước, lá cây bị mềm.

Màng 0.5A-1ST/4G đã phân hủy phần tiếp xúc với đất.

Màng A-1ST/4G đã phân hủy phần tiếp xúc với đất.

Màng 1.5A-1ST/4G đã phân hủy phần tiếp xúc với đất.

# KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

## 1. KẾT LUẬN

Đề tài đã tổng hợp thành công màng nhựa sinh học từ tảo bổ sung gelatin, an toàn và thân thiện với môi trường. Màng nhựa có khả năng phân hủy trong đất trong vòng 3 tuần với điều kiện thiếu nước với ánh sáng đầy đủ. Độ bền trong nước của màng nhựa đã được khảo sát với khối lượng tồn thất không đổi sau 6 giờ.

Màng nhựa A-1ST/4G có độ bền kéo lên đến 18.9 MPa với ứng suất kéo đạt 105%. Khả năng chịu nhiệt của A-1ST/4G lên đến 500 °C với 59% khối lượng tồn thất.

Màng nhựa sinh học từ tảo lục *Chlorella* có khả năng ứng dụng làm bọc ươm cây trồng quá trình phân hủy màng nhựa sẽ chuyển thành chất dinh dưỡng nuôi cây. Khảo sát ứng dụng được thực hiện trong 1 tuần. Vật liệu nhựa sinh học từ tảo lục *Chlorella Vulgaris* là một vật liệu mới với đầy tiềm năng và hứa hẹn trong tương lai nhằm giảm thiểu được những tác động xấu ảnh hưởng đến môi trường sống của con người.

## 2. KIẾN NGHỊ

Để hoàn thiện hơn, nghiên cứu có thể có một số hướng để phát triển như sau:

- Đánh giá các tính chất và tỷ lệ khác nhau giữa tảo và các nguyên liệu khác.
- Đánh giá khả năng ứng dụng của màng sau khi được vận chuyển đến nơi sinh trưởng của cây.
- Ứng dụng trong sản xuất túi ươm cây trồng phân hủy sinh học thân thiện với môi trường.