

# TÁI SỬ DỤNG PHỤ PHẨM NÔNG NGHIỆP TRONG SẢN XUẤT BAO BÌ SINH HỌC TẠI VIỆT NAM: XU HƯỚNG VÀ TRIỂN VỌNG

Lê Phú Tuấn<sup>1</sup>, Vũ Thị Kim Oanh<sup>2</sup>

Ngày nhận bài: 20/8/2025; Ngày phản biện thông qua: 22/9/2025; Ngày duyệt đăng: 10/10/2025

## TÓM TẮT

Trong bối cảnh ô nhiễm nhựa ngày càng trầm trọng và yêu cầu phát triển bền vững ngày càng gia tăng, việc sử dụng phụ phẩm nông nghiệp làm nguyên liệu đầu vào để sản xuất bao bì sinh học đang được xem là một hướng đi tiềm năng tại Việt Nam. Nghiên cứu này tổng quan thực trạng phát sinh, tiềm năng khai thác và tính khả thi kỹ thuật của các loại phụ phẩm phổ biến như rơm rạ, bã mía, vỏ cà phê, vỏ sắn,... trong việc sản xuất bao bì phân hủy sinh học. Nghiên cứu được thực hiện dựa trên phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống với dữ liệu thu thập từ các cơ sở khoa học quốc tế và các báo cáo chính thống. Các kết quả cho thấy rơm rạ, trấu, bã mía, vỏ cà phê, vỏ sắn và các phụ phẩm khác đều chứa hàm lượng cao cellulose, hemicellulose và lignin – các thành phần nền quan trọng cho chế tạo màng sinh học, nhựa sinh học PLA và vật liệu ép khuôn. Nhiều công trình thực nghiệm quốc tế và một số mô hình trong nước đã chứng minh tính khả thi kỹ thuật của việc sản xuất bao bì phân hủy sinh học từ phụ phẩm, song vẫn tồn tại các rào cản về chi phí sản xuất, sự không đồng nhất nguyên liệu, khả năng chống ẩm và độ bền cơ học. Một số mô hình thử nghiệm thực tế tại Việt Nam bước đầu chứng minh được khả năng chế tạo bao bì có tính phân hủy sinh học và đặc tính cơ học phù hợp. Tuy nhiên, thách thức về công nghệ, chi phí sản xuất và thiếu hụt chuỗi liên kết vẫn đang cản trở quá trình thương mại hóa. Nghiên cứu cũng đề xuất các hướng phát triển tiếp theo nhằm nâng cao hiệu quả và khả năng ứng dụng thực tế của mô hình này.

**Từ khóa:** Bao bì sinh học; Phụ phẩm nông nghiệp; Kinh tế tuần hoàn; Vật liệu phân hủy sinh học.

## 1. MỞ ĐẦU

Trong những thập kỷ gần đây, ô nhiễm rác thải nhựa đã nổi lên như một trong những vấn đề môi trường nghiêm trọng và nan giải nhất toàn cầu. Theo Báo cáo của Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc, mỗi năm thế giới sản xuất hơn 300 triệu tấn nhựa, trong đó có đến 40% được sử dụng cho mục đích bao bì, chủ yếu là bao bì dùng một lần (Mcglade & cs., 2021). Đáng lo ngại, phần lớn lượng nhựa này không được tái chế hiệu quả mà bị thải bỏ trực tiếp ra môi trường, gây ô nhiễm đất, nguồn nước, và đặc biệt là các hệ sinh thái đại dương. Các hạt vi nhựa được phát hiện ngày càng nhiều trong chuỗi thực phẩm, gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người và làm suy giảm đa dạng sinh học (Geyer & cs., 2017; Sharma & Chatterjee, 2017).

Trước thực trạng đó, việc tìm kiếm các vật liệu thay thế thân thiện với môi trường đã trở thành một xu hướng toàn cầu. Trong đó, bao bì sinh học có nguồn gốc tự nhiên, có khả năng phân hủy sinh học trong điều kiện tự nhiên hoặc công nghiệp, đang được xem là giải pháp đầy tiềm năng (Siracusa & cs., 2008; Song & cs., 2009). Các quốc gia phát triển đã và đang thúc đẩy mạnh mẽ quá trình chuyển đổi này thông qua các chính sách cấm hoặc hạn chế nhựa dùng một lần, đồng thời

khuyến khích nghiên cứu – phát triển các loại vật liệu sinh học mới. Mặt khác, sự phát triển của bao bì sinh học cũng góp phần thực hiện các mục tiêu của nền kinh tế tuần hoàn và giảm phát thải khí nhà kính, phù hợp với các cam kết quốc tế như Hiệp định Paris về biến đổi khí hậu và các mục tiêu phát triển bền vững (SDGs).

Nhiều nghiên cứu gần đây đã khẳng định tiềm năng đáng kể của việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất vật liệu bao bì sinh học, nhờ vào hàm lượng cao các hợp chất nền như cellulose, hemicellulose và lignin – vốn là những thành phần quan trọng trong chế tạo nhựa sinh học, màng bao gói và vật liệu ép khuôn (Arrieta & cs., 2013; Riaz & cs., 2024). Trong số đó, rơm rạ và trấu là những phụ phẩm có thể được xử lý bằng các phương pháp cơ-hóa học để tạo ra tấm ép, giấy bao gói hoặc làm chất gia cường cho polylactic acid (PLA) nhằm tăng cường đặc tính cơ lý của vật liệu (Nasri-Nasrabadi & cs., 2014; Marques & cs., 2019).

Bã mía – phần xơ còn lại sau quá trình chiết xuất đường từ cây mía – chiếm tới 50% khối lượng cây mía, hiện đang được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất các sản phẩm bao bì định hình như khay, ly hoặc hộp đựng thực phẩm, nhờ vào đặc tính dẻo và khả năng phân hủy sinh học cao. Tương tự, các loại vỏ nông sản như vỏ cà phê và vỏ điều, có thể

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam;

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam;

Tác giả liên hệ: Lê Phú Tuấn; Email: tuanlp@utt.edu.vn.

kết hợp với tinh bột, gelatin hoặc glycerol để tạo ra màng sinh học có độ bền cơ học cao và khả năng kháng khuẩn tự nhiên (Schutz & cs., 2022; Tamilselvan & cs., 2024). Ngoài ra, các loại vỏ sắn và vỏ bắp sau khi thủy phân bằng acid hoặc enzyme có thể được chuyển hóa thành glucose – tiền chất chính trong tổng hợp lactic acid, từ đó sản xuất ra PLA – một loại nhựa sinh học được thương mại hóa rộng rãi (Sriroth & Sangseethong, 2006; Mohapatra & cs., 2010; Lilavanichakul & Yoksan, 2023).

Song song với nguồn nguyên liệu, xu hướng đổi mới công nghệ trong sản xuất bao bì sinh học đang ngày càng mở rộng với việc ứng dụng các kỹ thuật như ép nóng, ép lạnh, ép chân không, in 3D bằng sợi sinh học, cũng như sử dụng enzyme và nhựa tự nhiên (ví dụ: lignin, chitosan) nhằm cải thiện các đặc tính cơ học, khả năng phân hủy và tính năng bảo quản của vật liệu bao bì (Formela & cs., 2022; Mishra & cs., 2023; Carnaval & cs., 2024). Tuy nhiên, các thách thức hiện hữu vẫn bao gồm chi phí sản xuất cao, sự không đồng nhất về đặc tính nguyên liệu đầu vào, cùng với các vấn đề liên quan đến độ bền cơ học, khả năng chịu ẩm và hiệu quả bảo quản sản phẩm, vốn là những rào cản chính cần được khắc phục trong tương lai.

Tại Việt Nam, nông nghiệp vẫn là ngành kinh tế chủ đạo, với hơn 70% diện tích đất được sử dụng cho mục đích sản xuất nông nghiệp và hàng chục triệu lao động làm việc trong lĩnh vực này. Quá trình sản xuất nông nghiệp tạo ra một lượng phụ phẩm khổng lồ như rơm rạ, trấu, bã mía, vỏ cà phê, vỏ khoai mì, bã sắn, bã đậu nành... Tuy nhiên, theo số liệu từ Tổng cục Thống kê (Gso, 2023) và FAO (Fao, 2017), phần lớn các phụ phẩm này vẫn chưa được khai thác hiệu quả mà thường bị đốt bỏ, để mục tự nhiên hoặc xả thải ra môi trường, dẫn đến lãng phí tài nguyên và phát sinh khí nhà kính như CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng các loại phụ phẩm này có hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin cao – là các thành phần lý tưởng để chế tạo vật liệu phân hủy sinh học hoặc polymer sinh học (Mahmud & Anannya, 2021; Riaz & cs., 2024)

Do đó, tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp làm nguyên liệu sản xuất bao bì sinh học không chỉ là giải pháp kép – giải quyết đồng thời vấn đề ô nhiễm môi trường và lãng phí tài nguyên – mà còn là cơ hội để phát triển ngành công nghiệp vật liệu sinh học nội địa, tạo giá trị gia tăng cho chuỗi nông nghiệp và thúc đẩy quá trình chuyển đổi xanh trong sản xuất tiêu dùng tại Việt Nam.

Trong bối cảnh ô nhiễm rác thải nhựa ngày càng nghiêm trọng và nhu cầu chuyển đổi sang

nền kinh tế tuần hoàn trở nên cấp thiết, việc tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp để sản xuất bao bì sinh học mang ý nghĩa đặc biệt quan trọng cả về mặt môi trường, kinh tế và xã hội. Nghiên cứu này góp phần làm rõ tiềm năng khai thác các loại phụ phẩm sẵn có tại Việt Nam như rơm rạ, bã mía, vỏ cà phê, vỏ sắn,... để tạo ra các sản phẩm bao bì thân thiện với môi trường, từ đó giảm phụ thuộc vào nguyên liệu hóa thạch và hạn chế phát thải. Bên cạnh đó, việc thúc đẩy ngành công nghiệp bao bì sinh học từ nguồn phụ phẩm còn mở ra cơ hội gia tăng giá trị trong chuỗi nông nghiệp, tạo việc làm và thúc đẩy đổi mới sáng tạo. Mục tiêu của bài báo là tổng hợp, phân tích các kết quả nghiên cứu gần đây về sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học; đánh giá tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam trên các khía cạnh nguyên liệu, công nghệ và thị trường; đồng thời đề xuất các định hướng và giải pháp thúc đẩy phát triển lĩnh vực này một cách bền vững.

Như vậy, mặc dù đã có nhiều nghiên cứu quốc tế tập trung vào việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học, song vẫn còn tồn tại những khoảng trống nhất định. Cụ thể, các công trình trước đây đã chủ yếu nghiên cứu việc tách chiết cellulose, hemicellulose và lignin từ rơm rạ, trấu, bã mía hoặc vỏ cà phê để chế tạo vật liệu sinh học có khả năng phân hủy (Nasri-Nasrabadi & cs., 2014; Mahmud & Anannya, 2021; Schutz & cs., 2022; Tamilselvan & cs., 2024). Một số nghiên cứu khác tập trung vào phát triển nhựa sinh học PLA từ tinh bột sắn, bắp hoặc các nguồn polysaccharide khác (Sriroth & Sangseethong, 2006; Lilavanichakul & Yoksan, 2023). Tuy nhiên, phần lớn kết quả mới dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm hoặc thí điểm nhỏ, chưa được triển khai ở quy mô công nghiệp. Ngoài ra, nhiều nghiên cứu hiện tại chủ yếu tập trung vào đặc tính cơ học của vật liệu, trong khi các khía cạnh quan trọng khác như khả năng chống ẩm, độ bền sinh học, và phân tích vòng đời sản phẩm (LCA) vẫn chưa được quan tâm đầy đủ (Yaradoddi & cs., 2020). Bên cạnh đó, mặc dù đã có một số công trình liên quan, song việc phân tích so sánh chi phí – hiệu quả giữa các loại phụ phẩm còn hạn chế, và đặc biệt là các bằng chứng khoa học về sự chấp nhận của thị trường cũng như hành vi tiêu dùng đối với bao bì sinh học vẫn còn thiếu, gây khó khăn cho việc mở rộng ứng dụng thực tiễn (Raj & cs., 2022; Mishra & cs., 2023). Đặc biệt tại Việt Nam, nghiên cứu trong lĩnh vực này còn hạn chế, chủ yếu tập trung vào các mô hình thử nghiệm quy mô nhỏ, chưa có nghiên cứu toàn diện về chuỗi cung ứng công nghiệp và cơ chế chính sách hỗ trợ (Lam & Cao Trung, 2024; Unep, 2021). Những khoảng

trông này chính là căn cứ quan trọng để nghiên cứu tập trung đánh giá tiềm năng sử dụng phụ phẩm nông nghiệp của Việt Nam, làm căn cứ đề xuất các định hướng nhằm thúc đẩy thương mại hóa và phát triển ngành bao bì sinh học trong bối cảnh kinh tế tuần hoàn.

Để đạt được mục tiêu của bài báo, nghiên cứu này được thực hiện dựa trên phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống (systematic literature review – SLR) nhằm tổng hợp, phân tích và đánh giá các xu hướng khoa học liên quan đến việc tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học. Phương pháp SLR giúp nâng cao độ tin cậy và tính toàn diện của nghiên cứu bằng cách sử dụng quy trình thu thập, đánh giá và tổng hợp thông tin một cách hệ thống, minh bạch và có thể tái lập (Tranfield & cs., 2003; Moher & cs., 2009). Dữ liệu thứ cấp được thu thập từ các cơ sở dữ liệu khoa học quốc tế uy tín như Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, và SpringerLink trong khoảng thời gian từ năm 2005 đến 2024. Các từ khóa tìm kiếm chính bao gồm: *agricultural residues*, *biodegradable packaging*, *agro-waste bioplastics*, *cellulose-based materials*, và *biopolymer from agricultural by-products*.

Quy trình lựa chọn tài liệu tuân theo ba bước chính, bao gồm:

(1) sàng lọc tiêu đề và tóm tắt để loại bỏ các nghiên cứu không liên quan;

(2) đánh giá nội dung toàn văn để đảm bảo tính phù hợp về mặt chủ đề và phương pháp;

(3) trích xuất và tổng hợp thông tin theo ba nhóm chủ đề chính: (i) các loại phụ phẩm nông nghiệp phổ biến có tiềm năng ứng dụng, (ii) công nghệ xử lý và sản xuất bao bì sinh học từ phụ phẩm, và (iii) các thách thức cũng như triển vọng phát triển lĩnh vực này tại Việt Nam và khu vực.

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng các nguồn dữ liệu thứ cấp bổ sung từ các tổ chức và cơ quan chính phủ nhằm làm rõ bối cảnh phát triển trong nước và quốc tế. Cụ thể, dữ liệu được tham khảo từ Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO), Tổng cục Thống kê Việt Nam (GSO), Tổ chức Phát triển Công nghiệp Liên Hợp Quốc (UNIDO), cũng như các báo cáo thị trường và dự báo xu hướng như MarketsandMarkets và Statista. Những dữ liệu này góp phần hỗ trợ việc đánh giá tiềm năng phát triển ngành bao bì sinh học dựa trên phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam trong bối cảnh toàn cầu hướng tới phát triển kinh tế tuần hoàn và bền vững (Marketsandmarkets, 2023; Unido, 2023; Albinelli, 2024)

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Tiềm năng sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học

Nhiều nghiên cứu gần đây đã chứng minh tiềm năng lớn của việc sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học nhờ vào hàm lượng cao các hợp chất nền như cellulose, hemicellulose và lignin. Đây là những thành phần chính trong cấu trúc thành tế bào thực vật, có thể được tách chiết và biến tính để tạo ra vật liệu sinh học như màng bao gói, vật liệu ép khuôn, hoặc nhựa sinh học (Arrieta & cs., 2013; Riaz & cs., 2024).

Rơm rạ và trấu, hai phụ phẩm phổ biến trong sản xuất lúa gạo, chứa khoảng 30–40% cellulose và 15–25% hemicellulose – có thể được xử lý bằng phương pháp cơ-hóa học để tạo ra tấm ép, giấy bao gói, hoặc làm vật liệu gia cường trong nhựa polylactic acid (PLA). Một số nghiên cứu còn cho thấy khả năng tạo ra vi sợi nano cellulose (nanocellulose) từ rơm, giúp tăng cường đặc tính cơ học của vật liệu composite sinh học (Nasri-Nasrabadi & cs., 2014).

Bã mía, là phần xơ thực vật còn lại sau quá trình ép lấy đường (chiếm khoảng 50% trọng lượng mía), đã được khai thác rộng rãi để sản xuất các sản phẩm bao bì dạng ép như khay, hộp đựng thực phẩm, ly sinh học. Bã mía có đặc tính dẻo, dễ ép khuôn, và có khả năng phân hủy sinh học cao, đồng thời đáp ứng được yêu cầu về độ bền và khả năng chịu nhiệt (Mahmud & Anannya, 2021; Mekunye & Makinde, 2024).

Vỏ cà phê và vỏ điều là phụ phẩm từ ngành công nghiệp chế biến nông sản, chứa hàm lượng lignin, tannin và polyphenol cao – những chất có hoạt tính sinh học tốt. Khi được kết hợp với tinh bột, glycerol hoặc gelatin, các loại phụ phẩm này có thể tạo thành màng bao bì sinh học có tính chất cơ học tốt, có khả năng kháng vi sinh vật, phù hợp cho bao gói thực phẩm khô hoặc bao bì bảo quản ngắn hạn (Schutz & cs., 2022; Tamilselvan & cs., 2024).

Vỏ sắn và vỏ bắp là nguồn nguyên liệu giàu tinh bột và polysaccharide (PLA), sau quá trình thủy phân bằng enzyme hoặc acid, chúng có thể chuyển hóa thành glucose – tiền chất để tổng hợp lactic acid. Lactic acid này sau đó được trùng hợp tạo thành PLA – một loại nhựa sinh học thương mại phổ biến và có khả năng phân hủy sinh học cao (Sriroth & Sangseethong, 2006; Mohapatra & cs., 2010). Quá trình này không chỉ tận dụng được phụ phẩm mà còn giảm phụ thuộc vào nguồn tinh bột thực phẩm trong sản xuất PLA.

Bên cạnh nguyên liệu, xu hướng công nghệ sản xuất bao bì sinh học hiện nay đang dịch chuyển

theo hướng sử dụng các phương pháp tiên tiến như kỹ thuật ép nóng, ép lạnh, ép khuôn chân không, in 3D bằng bột cellulose hoặc sợi sinh học, và đặc biệt là ứng dụng enzyme hoặc chất kết dính tự nhiên như lignin, chitosan nhằm cải thiện độ bền cơ học, khả năng chống ẩm và tốc độ phân hủy (Formela & cs., 2022; Mishra & cs., 2023). Tuy nhiên, một số thách thức kỹ thuật vẫn tồn tại như chi phí sản xuất cao, sự không đồng nhất về chất lượng nguyên liệu đầu vào, cũng như giới hạn về đặc tính cơ học và khả năng bảo quản của sản phẩm bao bì sinh học, đòi hỏi phải có thêm các nghiên cứu và cải tiến công nghệ để thương mại hóa hiệu quả.

## 2.2. Tiềm năng nguyên liệu tại Việt Nam

Việt Nam là một trong những quốc gia có nền kinh tế nông nghiệp phát triển mạnh tại khu vực Đông Nam Á, với sản lượng lớn từ các ngành trồng trọt, chăn nuôi và thủy sản, từ đó phát sinh một lượng đáng kể phụ phẩm nông nghiệp mỗi năm. Theo tổng hợp của các nghiên cứu, tổng lượng phụ phẩm nông nghiệp của Việt Nam được ước tính khoảng 156,8 triệu tấn/năm, trong đó phụ phẩm từ trồng trọt chiếm 56,7%, từ chăn nuôi 39,1%, còn lại là từ lâm nghiệp và thủy sản (Lam & Cao Truong, 2024; Tamilselvan & cs., 2024). Cụ thể, Tổng cục Thống kê ghi nhận trong năm 2021, lượng rơm rạ phát sinh từ trồng lúa đạt khoảng 45–50 triệu tấn; ngành mía đường tạo ra khoảng 8 triệu tấn bã mía; trong khi ngành chế biến cà phê phát sinh khoảng 2 triệu tấn vỏ cà phê khô từ hơn 1,5 triệu tấn cà phê nhân. Ngoài ra, các phụ phẩm khác như vỏ sắn, bã khoai mì, lõi ngô, vỏ trấu và xơ bắp cũng đóng góp đáng kể vào tổng lượng chất thải nông nghiệp hằng năm (Gso, 2023).

Tuy nhiên, việc quản lý và sử dụng các nguồn phụ phẩm này hiện còn nhiều hạn chế. Theo thống kê, chỉ khoảng 52–56% phụ phẩm trồng trọt được thu gom và tái sử dụng, phần còn lại thường bị đốt bỏ hoặc thải trực tiếp ra môi trường, gây lãng phí tài nguyên và phát thải khí nhà kính như CH<sub>4</sub> và CO<sub>2</sub>, cũng như bụi mịn PM2.5 – các tác nhân chính ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng không khí và đất nông nghiệp (Hai & cs., 2020; Lam & Cao Truong, 2024). Việt Nam sản xuất khoảng từ 18 đến 19 triệu tấn rơm rạ mỗi năm tại khu vực ĐBSCL, tuy nhiên, 98% lượng này bị đốt trực tiếp trên đồng ruộng sau thu hoạch (Minh & cs., 2024). Tương tự, tại Nghệ An, có đến 98,15% và 89,52% rơm rạ từ vụ Đông Xuân và Hè Thu bị đốt ngay tại ruộng (Tiep & cs., 2024). Tổng quan hơn, các báo cáo quốc tế như từ Clean Air Asia (UNEP) cho biết khoảng 80% rơm rạ tại Việt Nam bị đốt thải dưới điều kiện thực tế hiện tại. Thực trạng này phản

ánh sự thiếu hụt của hệ sinh thái công nghiệp phụ trợ và công nghệ chế biến trong lĩnh vực tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp (Unep, 2021).

Trong khi đó, nhiều loại phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam lại có thành phần lignocellulose cao – tiền chất lý tưởng để sản xuất vật liệu sinh học, bao gồm bao bì phân hủy sinh học. Theo nghiên cứu của Raj và cộng sự (2022), rơm rạ chứa khoảng 30–40% cellulose, 20–25% hemicellulose và 10–15% lignin, là các cấu phần cơ bản có thể được xử lý bằng các phương pháp thủy phân, xúc tác enzyme hoặc ép nóng để tạo thành nhựa sinh học hoặc màng sinh học (Raj & cs., 2022). Vỏ cà phê cũng chứa tới 25% lignin cùng nhiều hợp chất polyphenol, có khả năng cải thiện tính chất cơ học và khả năng phân hủy của bao bì sinh học (Tamilselvan & cs., 2024). Bên cạnh việc sử dụng trong phân bón, nhiên liệu sinh học hay thức ăn chăn nuôi, các phụ phẩm như bã mía, lõi ngô và xơ bắp đã được ghi nhận có tiềm năng cao trong sản xuất vật liệu sinh học giá trị gia tăng (Aguirre-Loredo & cs., 2023).

Việc thúc đẩy tái sử dụng phụ phẩm nông nghiệp trong sản xuất bao bì sinh học không chỉ góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường, mà còn tạo ra giá trị kinh tế mới và việc làm tại khu vực nông thôn, đồng thời phù hợp với định hướng phát triển kinh tế tuần hoàn và chuyển đổi xanh của quốc gia. Tuy nhiên, để hiện thực hóa tiềm năng này, cần có các giải pháp đồng bộ về công nghệ, cơ chế chính sách và hỗ trợ thị trường, đặc biệt là trong xây dựng chuỗi giá trị sản xuất bao bì sinh học từ nguyên liệu tái tạo.

## 2.3. Thực tiễn và tính khả thi kỹ thuật trong ứng dụng phụ phẩm nông nghiệp để sản xuất bao bì sinh học

Việc sử dụng phụ phẩm nông nghiệp làm nguyên liệu đầu vào trong sản xuất bao bì sinh học đang ngày càng thu hút sự quan tâm trên toàn cầu, nhờ vào đặc tính tái tạo, chi phí thấp và tiềm năng giảm thiểu tác động môi trường. Các phụ phẩm như rơm rạ, bã mía, vỏ cà phê, xơ bắp,... có hàm lượng cao cellulose, hemicellulose và lignin – những hợp chất nền có thể được chiết tách và chuyển hóa thành vật liệu sinh học có đặc tính cơ học và tính phân hủy phù hợp cho ứng dụng đóng gói (Raj & cs., 2022). Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng cellulose chiết xuất từ các phụ phẩm này có thể được xử lý thành vi sợi cellulose (microfibrillated cellulose – MFC) hoặc cellulose nano (nanocellulose – CNC), có khả năng tạo màng mỏng với đặc tính chắn khí và độ bền kéo tương đương nhựa dẻo truyền thống (Sánchez-García & cs., 2010).

Về mặt kỹ thuật, các phương pháp tiên xử lý như kiềm hóa, thủy phân bằng acid hoặc enzyme đóng vai trò quan trọng trong việc loại bỏ lignin và hemicellulose không mong muốn, đồng thời tăng khả năng liên kết hydrogen trong mạng lưới cellulose, từ đó cải thiện độ bền cơ học của sản phẩm (Zhang et al., 2020). Các kỹ thuật sản xuất hiện đại như ép nóng (hot pressing), đúc màng (solvent casting), hoặc phun tạo sợi (electrospinning) đã được áp dụng rộng rãi trong chế tạo màng bao bì từ nguyên liệu lignocellulose (Arrieta et al., 2014; Yang et al., 2021). Ngoài ra, các nghiên cứu đã thử nghiệm pha trộn các phụ phẩm nông nghiệp với polymer sinh học như PLA, PHA hoặc tinh bột nhằm tăng cường đặc tính vật lý của vật liệu. Ví dụ, Reddy và Yang (2013) cho thấy việc kết hợp xơ vỏ trấu với PLA giúp tăng độ bền kéo và khả năng chịu nhiệt của màng sinh học so với PLA nguyên chất.

Tính khả thi kỹ thuật của hướng phát triển này cũng đã được bước đầu khẳng định thông qua một số nghiên cứu và mô hình thực nghiệm. Một nghiên cứu nổi bật đã chiết xuất carboxymethyl-cellulose (CMC) từ bã mía, kết hợp với gelatin và agar để tạo ra màng sinh học có độ bền cơ học phù hợp và khả năng phân hủy tốt khi chôn trong điều kiện đất tự nhiên (Yaradoddi & cs., 2020). Bên cạnh đó, biocomposite từ tinh bột và sợi bã mía cũng cho thấy độ bền kéo và khả năng ổn định nhiệt tăng đáng kể, đặc biệt khi tăng tỷ lệ bã mía trong phối liệu (Nguyen & cs., 2020; Hamid & cs., 2022). Điều này cho thấy bã mía là nguồn nguyên liệu lý tưởng không chỉ vì tính sẵn có mà còn do tính năng kỹ thuật phù hợp để phát triển vật liệu đóng gói phân hủy sinh học.

Tương tự, các phụ phẩm từ ngành công nghiệp cà phê như vỏ quả cà phê, vỏ chup (silver skin) và bã xay cũng đã được nghiên cứu để tạo ra màng sinh học thông qua các kỹ thuật như đúc màng hoặc ép nóng. Những phụ phẩm này chứa hàm lượng cellulose và polyphenol cao, đồng thời thể hiện đặc tính kháng khuẩn tự nhiên, giúp nâng cao chất lượng vật liệu bao bì thực phẩm (Hernández-Varela & Medina, 2023; Nyaruai & cs., 2024). Một ví dụ điển hình là Công ty Thanh Long International JSC, đơn vị tiên phong tại Việt Nam đã thương mại hóa nhựa sinh học BIO-MT từ vỏ cà phê và các phụ phẩm khác. Sản phẩm có khả năng phân hủy hoàn toàn trong 6–12 tháng và phù hợp với các công nghệ sản xuất công nghiệp hiện có như ép đùn (extrusion), thổi màng (film blowing) mà không cần thay đổi dây chuyền sản xuất (Swichasia, 2024).

Các phụ phẩm như bã mía và vỏ cà phê vốn

chứa hàm lượng lignocellulose cao nên có thể dễ dàng trải qua các bước xử lý như xử lý kiềm, thủy phân enzyme hoặc acid để tạo ra nanocellulose hoặc CMC. Các vật liệu này sau đó có thể được định hình thông qua các công nghệ như ép nóng, đùn hoặc đúc màng để tạo thành bao bì sinh học có tính cơ học và khả năng phân hủy tốt (Yaradoddi & cs., 2020; Hamid & cs., 2022; Hernández-Varela & Medina, 2023).

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả tích cực về mặt kỹ thuật, quá trình thương mại hóa bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp vẫn gặp nhiều rào cản. Các mô hình sản xuất hiện tại phần lớn ở quy mô nhỏ, mang tính thử nghiệm, chưa có khả năng mở rộng công nghiệp do các yếu tố hạn chế như:

Sự không đồng nhất về chất lượng nguyên liệu đầu vào do ảnh hưởng mùa vụ và vùng trồng trọt;

Chi phí sản xuất và thiết bị xử lý còn cao so với nhựa truyền thống;

Thiếu hệ thống chuẩn hóa nguyên liệu và chuỗi liên kết từ người nông dân đến nhà sản xuất.

Do đó, để nâng cao tính khả thi kỹ thuật và khả năng thương mại hóa, cần có các giải pháp đồng bộ bao gồm tối ưu hóa quy trình xử lý, cải tiến công nghệ sản xuất, xây dựng chuỗi cung ứng nguyên liệu ổn định, và chính sách hỗ trợ doanh nghiệp phát triển bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp (Tamilselvan & cs., 2024).

#### **2.4. Thách thức và triển vọng phát triển bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam**

Trong những năm gần đây, tiềm năng sản xuất bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam đã được khẳng định thông qua nhiều nghiên cứu và mô hình thử nghiệm cụ thể. Ví dụ, nhóm tác giả từ Trường Đại học Trà Vinh đã thực hiện dự án “nhựa sinh học tái chế từ vỏ tôm, cua, ghẹ”, có khả năng chuyên hóa mỗi 100 g nguyên liệu thành khoảng 10 ly hoặc khay sinh học thân thiện với môi trường, đồng thời không tạo vi nhựa khi phân hủy. Tiếp nối thành công đó, sinh viên của trường đã phát triển sản phẩm nhựa sinh học từ vỏ sò riềng, sử dụng công nghệ nano để nâng cao độ bền và chịu nhiệt, và sản phẩm này đã đoạt giải Nhất tại Cuộc thi khởi nghiệp tỉnh Trà Vinh năm 2024 (Văn phòng Sản xuất và Tiêu dùng Bền vững - Bộ Công Thương, 2024). Ở khía cạnh doanh nghiệp, Thành Long Bioplastic đã trở thành một trong những đơn vị tiên phong tận dụng phụ phẩm nông nghiệp như vỏ trấu cà phê, bã mía, ngô, sắn... để sản xuất hạt nhựa sinh học có khả năng phân hủy sinh học hoàn toàn, đáp ứng yêu cầu không để lại vi nhựa trong môi trường. Bên cạnh đó, BUYO Bioplastics sử dụng bã mía và bã bia để tạo ra

nhựa sinh học có thể phân hủy trong khoảng 3–12 tháng, đảm bảo cả chất lượng sử dụng và tính thân thiện với môi trường. Một ví dụ đáng chú ý khác là AirX Carbon, đã phát triển pallet công nghiệp từ vỏ dừa và trấu theo công nghệ NetZero Pallet, có khả năng chịu tải đến 5 tấn, giảm 20–50% chi phí lưu trữ và tăng hiệu quả vận chuyển lên đến 300%, đồng thời góp phần giảm thiểu ô nhiễm vật liệu nhựa truyền thống (Báo Nhân Dân điện tử, 2025).

Mặc dù tiềm năng sản xuất bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp ở Việt Nam đã được khẳng định qua nhiều nghiên cứu và mô hình thử nghiệm, song quá trình phát triển quy mô công nghiệp vẫn gặp phải một số rào cản đáng kể.

Thứ nhất, hệ thống chính sách và khung pháp lý hỗ trợ cho lĩnh vực này còn thiếu cụ thể và chưa đồng bộ. Mặc dù Việt Nam đã ban hành Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh và Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý rác thải nhựa đại dương, song vẫn chưa có các chính sách ưu đãi trực tiếp về thuế, tín dụng, hoặc trợ giá cho doanh nghiệp khởi nghiệp và nhà đầu tư trong lĩnh vực bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp (Monre, 2020)

Thứ hai, chuỗi giá trị liên kết giữa người nông dân, doanh nghiệp và các cơ sở chế biến còn lỏng lẻo, thiếu cơ chế phối hợp bền vững. Quá trình thu gom, phân loại và chuẩn hóa nguyên liệu phụ phẩm còn mang tính thủ công, phân tán và không ổn định theo mùa vụ, làm gia tăng chi phí tiền xử lý và ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đầu ra (Tamilselvan & cs., 2024)

Thứ ba, chi phí sản xuất và giá thành sản phẩm vẫn còn là rào cản lớn đối với khả năng cạnh tranh trên thị trường. Trong khi giá nhựa truyền thống dao động từ 20.000 – 30.000 VNĐ/kg, thì bao bì sinh học có giá cao hơn từ 1,5 đến 3 lần, gây khó khăn trong việc tiếp cận người tiêu dùng nếu không có chính sách trợ giá hoặc hỗ trợ thị trường (Statista, 2024)

Tuy nhiên, trong bối cảnh toàn cầu đang tích cực thực hiện các cam kết giảm phát thải carbon và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn, bao bì sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp vẫn có nhiều triển vọng phát triển tại Việt Nam. Xu hướng loại bỏ nhựa sử dụng một lần (“Zero Plastic”) và các quy định cấm sản phẩm nhựa dùng một lần đã được áp dụng tại nhiều quốc gia phát triển như Liên minh châu Âu (từ 2021), Nhật Bản (từ 2022) và Hàn Quốc, qua đó mở rộng dư địa thị trường cho các sản phẩm bao bì sinh học từ các nước đang phát triển như Việt Nam (Unep, 2022)

Bên cạnh đó, thị trường bao bì sinh học toàn cầu được dự báo sẽ đạt quy mô hơn 24 tỷ USD

vào năm 2027, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) hơn 14%, tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp Việt Nam tiếp cận thị trường quốc tế (Marketsandmarkets, 2023).

Đặc biệt, Việt Nam sở hữu lợi thế cạnh tranh lớn nhờ vào nguồn nguyên liệu phụ phẩm phong phú từ nông nghiệp, chi phí lao động hợp lý, cùng sự gia tăng đáng kể của các nhóm nghiên cứu và doanh nghiệp khởi nghiệp đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực vật liệu sinh học và bao bì xanh. Những yếu tố này là nền tảng quan trọng để thúc đẩy sự phát triển bền vững và khả thi về mặt kinh tế cho ngành công nghiệp bao bì sinh học tại Việt Nam trong giai đoạn tới.

### 3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng phụ phẩm nông nghiệp tại Việt Nam, như rơm rạ, bã mía, vỏ cà phê, vỏ sắn và các loại phế liệu thực vật khác, có tiềm năng lớn trong việc phát triển vật liệu bao bì sinh học nhờ vào hàm lượng cellulose, hemicellulose và lignin cao. Các kết quả tổng quan cho thấy tính khả thi kỹ thuật của việc tái sử dụng các phụ phẩm này đã được khẳng định thông qua nhiều công trình nghiên cứu cũng như mô hình thử nghiệm thực tế, bao gồm sản phẩm từ bã mía, vỏ cà phê, hay tinh bột sắn được chế tạo thành muông, túi sinh học hoặc màng bao gói có khả năng phân hủy sinh học tốt và đặc tính cơ học đạt yêu cầu.

Tuy nhiên, việc mở rộng sản xuất ở quy mô thương mại còn gặp nhiều rào cản, như chi phí công nghệ cao, thiếu tính đồng nhất của nguyên liệu đầu vào, và hệ sinh thái công nghiệp phụ trợ chưa phát triển. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết cho việc đầu tư nghiên cứu công nghệ xử lý phụ phẩm hiệu quả, tối ưu hóa quy trình sản xuất, chuẩn hóa nguyên liệu, cũng như xây dựng chính sách hỗ trợ từ phía nhà nước và thị trường.

Đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo

Nghiên cứu tối ưu hóa công nghệ xử lý phụ phẩm (kiềm hóa, enzyme, ép nóng, đúc màng...) để nâng cao chất lượng và hiệu quả sản xuất vật liệu bao bì.

Phát triển các mô hình kinh doanh tuần hoàn giữa nông dân – doanh nghiệp – nhà chế biến nhằm đảm bảo chuỗi cung ứng bền vững cho ngành vật liệu sinh học.

Đánh giá vòng đời sản phẩm (LCA) và tác động môi trường của bao bì sinh học từ phụ phẩm, nhằm xác lập cơ sở khoa học cho chính sách trợ giá hoặc hỗ trợ thương mại hóa.

Khảo sát nhu cầu thị trường và hành vi tiêu dùng, từ đó đề xuất giải pháp tăng cường chấp nhận của người tiêu dùng đối với bao bì sinh học nội địa.

## REUSE OF AGRICULTURAL BY-PRODUCTS IN BIO-PACKAGING PRODUCTION IN VIETNAM: TRENDS AND PROSPECTS

Le Phu Tuan<sup>1</sup>, Vu Thi Kim Oanh<sup>2</sup>

Received Date: 20/8/2025; Revised Date: 22/9/2025; Accepted for Publication: 10/10/2025

### ABSTRACT

In the context of increasingly serious plastic pollution and increasing demands for sustainable development, the use of agricultural by-products as input materials for the production of bio-packaging is considered a potential direction in Vietnam. This study provided an overview of the current situation, exploitation potential and technical feasibility of common by-products such as straw, bagasse, coffee husks, cassava husks, etc. in the production of biodegradable packaging. The study was conducted based on a systematic literature review method with data collected from international scientific institutions and official reports. The results showed that rice straw, rice husk, bagasse, coffee husk, cassava peel and other by-products all contain high levels of cellulose, hemicellulose and lignin – important substrates for the manufacture of biofilms, PLA bioplastics and injection molding materials. Many international experimental works and some domestic models have demonstrated the technical feasibility of producing biodegradable packaging from by-products, but barriers still exist in terms of production costs, material heterogeneity, moisture resistance and mechanical strength. Some practical experimental models in Vietnam have initially demonstrated the ability to manufacture biodegradable packaging with suitable mechanical properties. However, challenges in technology, production costs and lack of supply chains are still hindering the commercialization process. The study also proposed further development directions to improve the efficiency and practical applicability of this model.

**Keywords:** *Bio-packaging; Agricultural by-products; Circular economy; Biodegradable materials.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aguirre-Loredo, Y., Soriano-Melgar, L. D. A., Valencia, L., Ramírez-García, G., & Jasso-Salcedo, A. (2023). Agriculture Applications of Biodegradable Polymers. In (pp. 300-319). <https://doi.org/10.1201/9781003230533-21>
- Albinelli, I., Gomez San Juan, M., Lester, G., Nijmeijer, M. & Neretin, L. (2024). Bioeconomy for food and agriculture: A global stocktaking study. FAO. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cd2490en>
- Arrieta, M., López, J., Hernández, A., & Rayón, E. (2013). Ternary PLA-PHB-Limonene blends intended for biodegradable food packaging applications. *European Polymer Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.11.009>
- Báo Nhân Dân điện tử (2025). “Nhựa sinh học - Hướng đi tất yếu trong chuyển đổi xanh”. [Online] <https://nhandan.vn/nhua-sinh-hoc-huong-di-tat-yeu-trong-chuyen-doi-xanh-post891788.html>
- Carnaval, L. d. S. C., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2024). Agro-Food Waste Valorization for Sustainable Bio-Based Packaging. *Journal of Composites Science*, 8(2).
- FAO (2017). The Future of Food and Agriculture—Trends and Challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content>
- Formela, K., Kurańska, M., & Barczewski, M. (2022). Recent Advances in Development of Waste-Based Polymer Materials: A Review. *Polymers*, 14(5).
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3, e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- GSO (2023). Niên giám thống kê Việt Nam 2022. Nhà xuất bản Thống kê. <https://doi.org/https://www.>

<sup>1</sup>University of Transport Technology, Hanoi;

<sup>2</sup>Vietnam National University of Forestry, Hanoi;

Corresponding author: Le Phu Tuan; Email: [tuanlp@utt.edu.vn](mailto:tuanlp@utt.edu.vn).

- [gso.gov.vn/wp-content/uploads/2023/06/Sach-Nien-giam-TK-2022-final.pdf](https://gso.gov.vn/wp-content/uploads/2023/06/Sach-Nien-giam-TK-2022-final.pdf)
- Hai, H., Nguyen, D.-Q., Thang, N., & Hoang Nguyen, N. (2020). Circular Economy in Vietnam. In (pp. 423-452). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1052-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1052-6_22)
- Hamid, L., Elhady, S., Abdelkareem, A., & Fahim, I. (2022). Fabricating Starch-Based Bioplastic Reinforced with Bagasse for Food Packaging. *Circular Economy and Sustainability*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00139-5>
- Hernández-Varela, J. D., & Medina, D. I. (2023). Revalorization of Coffee Residues: Advances in the Development of Eco-Friendly Biobased Potential Food Packaging. *Polymers (Basel)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/polym15132823>
- Nguyễn Thanh Lâm, Cao Trường Sơn (2024). “Thực trạng phát sinh phế phụ phẩm nông nghiệp và giải pháp quản lý tại Việt Nam”. Kỷ yếu hội thảo Quốc gia “Môi trường nông nghiệp nông thôn và phát triển bền vững” (5/2024).
- Lilavanichakul, A., & Yoksan, R. (2023). Development of Bioplastics from Cassava toward the Sustainability of Cassava Value Chain in Thailand. *Sustainability*, 15(20).
- Mahmud, M. A., & Anannya, F. R. (2021). Sugarcane bagasse - A source of cellulosic fiber for diverse applications. *Heliyon*, 7(8), e07771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07771>
- MarketsandMarkets (2023). Sustainable Pharmaceutical Packaging Market by Raw Material (Plastics, Paper & paperboard, Glass, Metal), Product Type, Process (Recyclable, Reusable, and Biodegradable), Packaging Type (Primary Packaging), and Region - Global Forecast to 2027.
- Marques, G., Carvalho, G., Marinho, N., Muniz, G., Jorge, L., & Jorge, R. (2019). Production and characterization of starch-based films reinforced by ramie nanofibers (*Boehmeria nivea*). *Journal of Applied Polymer Science*, 136. <https://doi.org/10.1002/app.47919>
- McGlade, J., Fahim, I., Green, D., Landrigan, P., Andrady, A., Costa, M., Geyer, R., Gomes, R., shau hwai, T., Jambeck, J., Li, D., Rochman, C., Ryan, P., Thiel, M., Thompson, R., Townsend, K., Turra, A., & Maes, T. (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33577.31845>
- Mekunye, F., & Makinde, P. (2024). Production of Biofuels from Agricultural Waste. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 11, 37-49. <https://doi.org/10.9734/ajahr/2024/v11i3328>
- Minh, V., Vu, P., Thuy, N., Huynh, H., & Pham, D. (2024). Current status and potential of circular agricultural economy for sustainable development in the Mekong Delta, Vietnam. *Plant Science Today*. <https://doi.org/10.14719/pst.2856>
- Mishra, B., Mohanta, Y. K., Reddy, C. N., Reddy, S. D. M., Mandal, S. K., Yadavalli, R., & Sarma, H. (2023). Valorization of agro-industrial biowaste to biomaterials: An innovative circular bioeconomy approach. *Circular Economy*, 2(3), 100050. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cec.2023.100050>
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of scientific and industrial research*, 69, 323-329.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2009). Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 6: e1000097. *Open medicine : a peer-reviewed, independent, open-access journal*, 3, e123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
- MONRE (2020). Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý rác thải nhựa đại dương đến năm 2030. <https://doi.org/https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/vn/Quyết-dinh-rac-thai-nhua.pdf>
- Nasri-Nasrabadi, B., Behzad, T., & Bagheri, R. (2014). Preparation and Characterization of Cellulose Nanofiber Reinforced Thermoplastic Starch Composites. *Fibers and Polymers*, 15, 347-354. <https://doi.org/10.1007/s12221-014-0347-0>
- Nguyen, X., Nguyen, D. D., & La, D. D. (2020). Call for planning policy and biotechnology solutions for food waste management and valorization in Vietnam. *Biotechnology Reports*.

- Nyaruai, C., Ollengo, M., & Muthakia, G. (2024). Iridescent Patterns Production from Solid Film Cellulose Nanocrystals Prepared from Coffee Husks. *Universal Journal of Carbon Research*, 107-123. <https://doi.org/10.37256/ujcr.2120244851>
- Raj, T., Kuppam, C., Amradi, N., & Kim, S.-H. (2022). Lignocellulosic biomass as renewable feedstock for biodegradable and recyclable plastics production: A sustainable approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112130. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112130>
- Riaz, S., Maan, A., Butt, M., & Khan, K. (2024). Valorization of agricultural residues in the development of biodegradable active packaging films. *Industrial Crops and Products*, 215, 118587. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118587>
- Sánchez-García, M., Hilliou, L., & Lagaron, J. M. (2010). Morphology and Water Barrier Properties of Nanobiocomposites of k/i-Hybrid Carrageenan and Cellulose Nanowhiskers. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58, 12847-12857. <https://doi.org/10.1021/jf102764e>
- Schutz, G., Alves, R., & Vieira, R. (2022). Development of Starch-Based Films Reinforced with Coffee Husks for Packaging Applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 31. <https://doi.org/10.1007/s10924-022-02733-6>
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymer for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 634-643. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003>
- Song, J., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to plastics. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364, 2127-2139. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0289>
- Sriroth, K., & Sangseethong, K. (2006). Biodegradable plastics from cassava starch. *Acta Horticulturae*, 145-152. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.703.16>
- Statista (2024). Market value of biodegradable plastics worldwide in 2022 and 2023, with a forecast for 2032. <https://doi.org/https://www.statista.com/statistics/979050/global-market-value-of-biodegradable-plastics/>
- SWICHASIA (2024). Bioplastics Made from Coffee Husk and Agricultural By-products. [https://doi.org/https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/4187/thanh\\_long-1.pdf](https://doi.org/https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/4187/thanh_long-1.pdf)
- Tamilselvan, K., Sundarajan, S., Ramakrishna, S., Amirul, A.-A. A., & Vigneswari, S. (2024). Sustainable valorisation of coffee husk into value added product in the context of circular bioeconomy: Exploring potential biomass-based value webs. *Food and Bioproducts Processing*, 145, 187-202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.03.008>
- Tiep, N., Đức Thịnh, N. V., & Tuan, L. (2024). Assessing and enhancing sustainable rice straw management for environmental conservation in Yen Thanh District, Nghe An Province, Vietnam. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 12, 555-561. <https://doi.org/10.22194/JGIAS/24.1320>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14, 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- UNEP (2021). Open Burning in Viet Nam: A Case Study on Status, Impacts, and Solutions. <https://doi.org/https://cleanairasia.org/our-resources/publications/open-burning-viet-nam-case-study-status-impacts-and-solutions>
- UNEP (2022). From Pollution to Solution: a global assessment of marine litter and plastic pollution. [https://doi.org/https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSUm\\_1.pdf](https://doi.org/https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSUm_1.pdf)
- UNIDO (2023). Annual Report 2023. UNIDO. <https://doi.org/https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2024-04/Annual%20Report%202023-English%20Spread.pdf>

Văn phòng Sản xuất và Tiêu dùng Bền vững - Bộ Công Thương (2024). “*Phát triển nhựa sinh học từ phế phẩm nông nghiệp*”. [Online] <https://scp.gov.vn/tin-tuc/t23997/phat-trien-nhua-sinh-hoc-tu-phe-phan-nong-nghiep>

Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Mubarak, N. M., Hallad, S., Hugar, S., & Fayaz, H. (2020). Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable packaging application. *Scientific Reports*, 10(1), 21960. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78912-z>