

HƯỚNG NGHIÊN CỨU MỚI: XỬ LÝ RÁC NYLON BẰNG VI SINH VẬT

Hồng Cẩm Ngân²¹

Tóm tắt: Rác nylon (rác thải nhựa) là vấn đề quan tâm hàng đầu của các nước có trình độ khoa học kỹ thuật tiên tiến trên thế giới. Bài viết này trình bày một số kết quả nghiên cứu về công nghệ xử lý rác nylon bằng vi sinh vật, qua đó tác giả đề xuất một số giải pháp để nghiên cứu và áp dụng công nghệ này tại Việt Nam. Ngày nay, các sản phẩm nhựa được sử dụng ngày càng nhiều và rộng khắp các lĩnh vực và khi thải chúng vào môi trường thì cần thời gian rất lâu để có thể phân hủy chúng. Mới đây, các nhà khoa học Iceland, Trung Quốc, Mỹ, Nhật Bản, Canada, Anh, Tây Ban Nha,... đã tìm ra các loại vi sinh vật có khả năng phân hủy hoặc ăn rác nylon, tạo thành CO₂, nước và nhựa có thể phân hủy sinh học hoặc phân hủy dễ dàng. Ở Việt Nam, rác nylon được xử lý chủ yếu là chôn lấp, chỉ một phần nhỏ được tái chế. Do vậy, việc nghiên cứu và áp dụng công nghệ xử lý rác nylon bằng vi sinh vật là rất cần thiết.

Từ khóa: xử lý rác, rác nylon, vi sinh vật phân hủy rác.

Abstract: Plastic waste is an issue that is being considered by all countries in the world. This article presents some of the typical research results on plastic waste treatment by microorganisms, by that the author suggests measures for research and application them in Vietnam. Now plastics is used increasingly and popularly day by day, and when released into the environment, have a very long time to decomposite. Currently, scientists from countries like Iceland, China, USA, Japan, Canada, England, Spain,... have found microorganisms which are capable of decomposing or eating plastic waste, creating CO₂, water and plastics are self-biodegradable or decomposable easily. In Vietnam, plastic waste is mainly treated by landfill, a small part is recycled. Therefore, the research and application of plastic waste treatment by microorganisms is very necessary.

Keywords: decompose plastic waste, plastic waste, microorganisms eat plastic.

Việc sử dụng vật liệu plastic (hay còn gọi chung là nylon hoặc nhựa hay chất dẻo) trong cuộc sống con người đã góp phần nâng cao mức độ văn minh, tuy nhiên cũng mang đến không ít tác hại đối với môi trường cũng như đối với sức khỏe con người. Ở Việt Nam, các sản phẩm từ chất dẻo bắt đầu thâm nhập vào cuộc sống từ những năm 1960 [4]. Các vật dụng gia đình trước đây được chế tạo từ thực vật (tre, nứa, mây, mướp, sợi tự nhiên,...) lần lượt được thay thế bằng nhựa. Kể cả các bao gói, dụng cụ chứa thực phẩm, trước kia là lá cây, giấy, ống tre, thùy tinh, sành,... thì ngày nay cũng được thay thế bằng nhựa. Nhìn chung, các sản phẩm từ nhựa được phân loại như sau (bảng 1):

²¹ Thạc sĩ - Trường Đại học Nam Cần Thơ

Bảng 1. Phân loại, ký hiệu và nguồn sử dụng nhựa [6]

Vật liệu	Ký hiệu	Nguồn sử dụng
Polyethylene terephthalate	1-PETE	Chai nước giải khát, bao bì thực phẩm,...
High-density polyethylene	2-HDPE	Chai sữa, bình đựng xà phòng, túi xách,...
Vinyl/polyvinyl chloride	3-PVC	Hộp đựng thức ăn trong gia đình, ống dẫn,...
Low-density polyethylene	4-LDPE	Bao bì nylon, tấm trái bằng nhựa,...
Polypropylene	5-PP	Thùng, sọt, hộp, rổ, bao bì ...
Polystyrene	6-PS	Ly, đĩa,...
Các loại nhựa khác	7-Loại khác	Tất cả các sản phẩm nhựa khác (bàn ghế ngoài sân, hàng rào,...).

Với những tính năng ưu việt cả về kinh tế lẫn kỹ thuật nên nhựa được sử dụng ngày càng rộng rãi với nhiều chủng loại và dùng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Nếu so với thủy tinh trong lĩnh vực bao gói, năng lượng cần thiết cho việc chế tạo ra bao bì nhựa nhỏ hơn 2 lần, khối lượng vật liệu ban đầu cần thiết để chế tạo cũng thấp hơn 20 lần, nhu cầu nước để chế tạo giảm 1,5 lần và chất thải rắn giảm đi một nửa [4]. Vì thế, nếu tính về kinh tế thì giá thành của bao bì nhựa sẽ thấp hơn. Còn khi so sánh với túi xách carton thì quá trình chế tạo túi xách nhựa thải ít chất ô nhiễm hơn (bảng 2). Thêm một đặc tính ưu việt về kỹ thuật của bao bì nhựa nữa là có tính trơ đối với nhiều hóa chất nên được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Bảng 2. So sánh mức độ ô nhiễm trong quá trình chế tạo nhựa và giấy [4].

Chất ô nhiễm	Nhựa	Giấy
Ô nhiễm không khí		
- SO ₂	100	284
- NO _x	100	159
- CO _x	100	159
Ô nhiễm nước		
- COD	100	21.560
- COD ₅	100	215.500

Ở nước ta, trong thành phần rác thải đưa đến các bãi chôn lấp có từ 8 - 16% là nhựa [1], đây là thành phần có tỉ lệ cao thứ hai, sau thành phần rác có thể sử dụng làm nguyên liệu sản xuất phân hữu cơ. Chất thải là túi nylon chiếm khối lượng khá lớn trong thành phần nhựa thải. Các loại túi nylon được sử dụng tràn lan trong các hoạt động sinh hoạt xã hội, chủ yếu là loại túi siêu mỏng, khi thải bỏ rất khó thu gom toàn bộ. Mặt khác, chúng nhỏ, mỏng, ít có giá trị đối với người thu gom, tái chế nên tồn tại khá nhiều trong các bãi chôn lấp và hầu như không

bị phân hủy. Nếu tính trung bình, mỗi hộ gia đình ở đô thị thải khoảng 3 - 10 túi nylon các loại/ngày (ước trung bình mỗi người thải ra 0,2 - 1 túi nylon/ ngày, với dân số đô thị năm 2010 là 26,2 triệu người) thì lượng nhựa là túi nylon thải ra mỗi ngày ở các đô thị là vào khoảng 10,48 - 52,4 tấn nhựa/ngày (ước tính 500 túi/kg) [1]. Hiện chưa có số liệu thống kê chính thức về lượng túi nylon được sử dụng ở Việt Nam nhưng đã có một số khảo sát, ước tính về số lượng này.

Ở trên là số liệu ước tính riêng về túi nylon, nếu chúng ta phân tích sâu hơn về chất thải nhựa thì lượng thải rất lớn. Theo Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2011 về Chất thải rắn, dự kiến đến năm 2050, tổng lượng rác thải đô thị phát sinh 83.200 tấn/ngày [1]. Nếu dựa vào tỉ lệ nhựa trong rác thải trên thì các đô thị nước ta thải ra 6.656 - 13.312 tấn nhựa/ngày. Số liệu ước tính này chưa kể đến sự gia tăng việc sử dụng các sản phẩm từ nhựa có thể làm gia tăng tỉ lệ nhựa trong thành phần rác thải. Do vậy, nếu dự tính thêm sự gia tăng này thì lượng rác thải nhựa sẽ cao hơn con số ước tính ở trên.

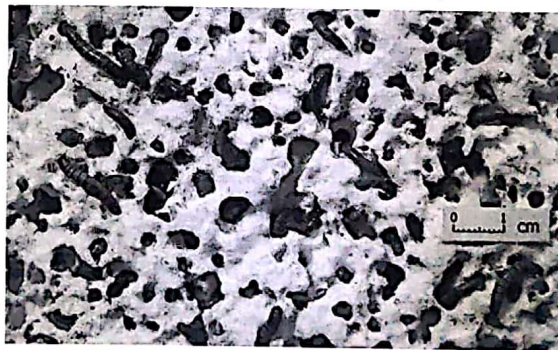
Ngoài lượng thải được dự đoán là rất lớn thì hiện trạng quản lý nhựa vẫn chưa được quan tâm đúng mức ở hầu hết tất cả các khâu: từ sản xuất, lưu thông phân phối, sử dụng cho đến thải bỏ, thu gom, xử lý. Và đây là vấn đề nan giải bởi lẽ khi thải ra môi trường tự nhiên thì chất thải nhựa gây hậu quả lâu dài do thời gian phân hủy hoàn toàn chúng trong môi trường tự nhiên phải mất ít nhất từ 2 đến 4 thế kỷ [4]. Chỉ xét riêng về bao bì nylon, khi thải ra nguồn nước, chúng sẽ gây cản trở giao thông thủy, gây tắc nghẽn các trạm bơm của các công trình thủy lợi, công trình cấp nước. Khi trôi xuống đường cống thoát nước mưa, chúng sẽ gây tắc nghẽn cống thoát nước, làm gia tăng ngập úng khi trời mưa và triều cường, tạo điều kiện cho muỗi và dịch bệnh phát sinh. Nếu trong đất có tích tụ với khối lượng lớn bao bì nylon, đặc biệt những khu vực có trồng cây thì sẽ gây suy giảm khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng của cây do hệ thống màng bao của bao bì quấn vào các điểm hấp thụ trong hệ rễ cây, mặt khác, tạo môi trường rất tốt cho các loại vi sinh vật độc hại phát triển. Nếu bao bì nylon thải ra bãi chôn lấp rác sẽ làm giảm hiệu quả của các quá trình phân hủy sinh học rác. Nếu lẫn vào trong đất, bao bì nylon sẽ cản trở sự phát triển của cỏ, dẫn đến hiện tượng xói mòn tại các vùng đồi núi, làm đất bị bạc màu, khô cằn, thiếu dinh dưỡng.

Bên cạnh việc thay thế vật liệu nhựa bằng các vật liệu hữu cơ khác có khả năng tự phân hủy trong thời gian ngắn hơn hoặc bằng các vật liệu an toàn mà con người có thể ăn được, chúng ta có nhiều biện pháp để xử lý rác thải nhựa, phổ biến là tái chế (thành vật liệu xây dựng như dải phân cách đường, ván ép làm cốp pha, gạch, ống thoát nước,...; hoặc thành các sản phẩm gia dụng khác như đế giày dép, bàn ghế, rô, kệ,...) và tiêu hủy. Một trong các phương pháp đơn giản để tiêu hủy nhựa là đốt và đây là biện pháp xử lý được áp dụng rộng rãi trong thực tế. Tuy nhiên, việc tiêu hủy đòi hỏi phải đảm bảo phế thải được nghiền mịn và phun bụi để chuyển hóa hoàn toàn thành CO₂ và nước ở nhiệt độ đủ cao và yêu cầu phải có thiết bị đốt thích hợp để hạn chế khí độc hình thành trong quá trình đốt. Các khí thải có chứa các chất ô nhiễm không khí như HCl, NO_x, NH₃, dioxin,... gây ngộ độc, khó thở, nôn ra máu, gây ung thư, giảm khả năng miễn dịch, rối loạn chức năng và các dị tật bẩm sinh cho trẻ nhỏ. Ngoài ra,

tro tạo thành khi đốt nylon cũng chứa kim loại nặng, gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, đối với nhựa PE, PP, PVC thì có thể áp dụng biện pháp phân rã sinh học nhờ hoạt động của vi khuẩn, nấm mốc; còn nhựa trong đất có thể bị phá hủy bởi vi sinh thổ nhưỡng [5].

Hiện nay, các nhà khoa học đang nghiên cứu hướng vào biện pháp xử lý rác thải nhựa bằng vi sinh vật. Đầu tiên, các nhà nghiên cứu tại Đại học Tổng hợp Dublin (Iceland) tìm ra loại vi khuẩn có khả năng chuyển hóa phế thải chất dẻo thành polyme có thể phân hủy sinh học là polyhydroxyalkanoat (viết tắt là PHA - một nhóm các polyeste dẫn xuất từ nguyên liệu sinh học, kể cả PHB - polyhydroxybutylrat) [10]. Trong quá trình này, trước tiên phế thải sẽ được nhiệt phân ở 450°C để phân hủy tạo ra các phần chất rắn, chất lỏng và khí. Chất lỏng và khí được đốt để thu hồi năng lượng, còn phần chất rắn (chứa axit terephthalic) được sử dụng làm nguyên liệu sản xuất PHA nhờ tác dụng của vi khuẩn. Dự án sản xuất PHA của Đại học Tổng hợp Dublin được Cục Bảo vệ môi trường Iceland tài trợ với mục tiêu tối ưu hóa quá trình sinh học và mở rộng lên quy mô lớn để sản xuất các loại polyme. Nếu dự án này thành công, nó có thể mở ra hướng mới để sản xuất PHA mà không phải dựa vào các loại cây trồng.

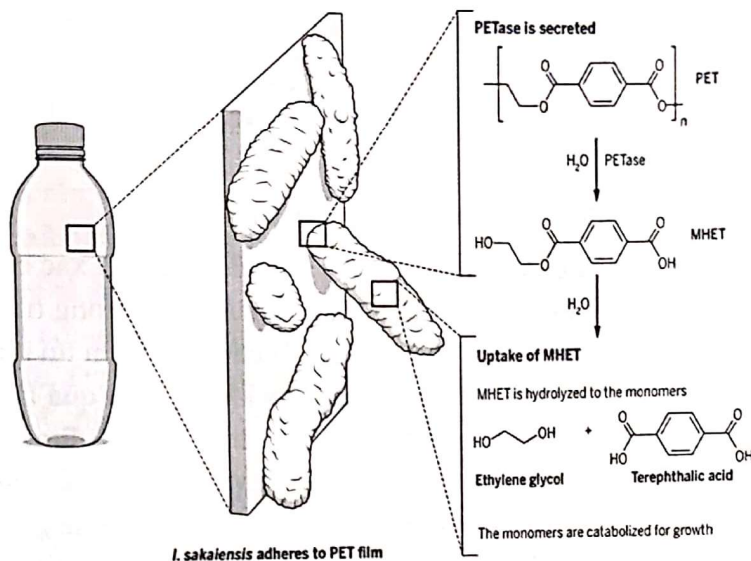
Năm 2015, Đại học Hàng không Vũ trụ Bắc Kinh (Trung Quốc) và Đại học Stanford (Mỹ) phát hiện ra sâu bột (ấu trùng của bọ cánh cứng *Tenebrio molitor*) có khả năng ăn xốp polystyren, nhựa và tạo ra chất thải có thể bị phân hủy bởi vi khuẩn [11]. Các nhà nghiên cứu tìm thấy trong ruột sâu bột có chứa nhiều loài vi sinh vật có khả năng phân hủy nhựa PE thành CO₂, sinh khối và chất thải có thể bị phân hủy bởi vi khuẩn. Chất thải này có vẻ an toàn khi sử dụng làm phân bón cho cây. Những ấu trùng ăn toàn xốp cách nhiệt này cũng khỏe mạnh chẳng kém gì những con sâu trưởng thành ăn cám. Nghiên cứu thống kê 100 loại sâu bột có khả năng tiêu thụ 34-39mg xốp cách nhiệt, tương đương khối lượng một viên con nhộng mỗi ngày. Từ đó cho thấy khả năng xử lý rác thải bằng phương pháp này sẽ được phát triển tốt.



Hình 1. Sâu bột có thể ăn xốp cách nhiệt [11].

Vào tháng 3 năm 2016, thông tin về loại vi khuẩn mới có thể phân hủy nhựa PET được công bố trên tạp chí *Science*, do các nhà khoa học Nhật Bản tìm ra. Chủ trì nhóm nghiên cứu là tiến sĩ Shosuke Yoshida của Viện Công nghệ Kyoto. Trong vòng 5 năm, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thu thập 250 mẫu vụn bao gồm đất, trầm tích, nước thải và bùn từ một nhà máy tái chế PET. Sau đó, họ tiến hành sàng lọc các chủng vi khuẩn trong mẫu và xem xét hoạt động

của chúng trong việc phân hủy nhựa. Một mẫu trầm tích chứa tổ hợp nhiều vi sinh vật khác nhau, bao gồm: vi khuẩn, tế bào nấm men và động vật nguyên sinh. Khi cho tổ hợp vi khuẩn tiếp xúc với lớp màng PET mỏng, chúng phân hủy nhựa tạo thành những vết lõm. Lớp màng nhựa hoàn toàn bị phân hủy sau 6 tuần. Kết quả, nhóm nghiên cứu tìm ra được loại vi khuẩn phân hủy nhựa PET bằng cách dùng 2 loại enzyme là PETase và MHETase, và đặt tên là *Ideonella sakaiensis* [9, 12].



Hình 2. Sự phân hủy chai nhựa PET [12].

Tháng 5 năm 2016, hai sinh viên tại Canada đã phát triển một chủng vi khuẩn mới với khả năng ăn nhựa dưới đại dương. Trước tiên, họ dùng một loại dung môi đặc biệt để hòa tan nhựa. Tiếp đến, họ dùng enzyme để phá vỡ cấu trúc của chúng. Cuối cùng, những hợp chất còn lại sẽ được vi khuẩn tiêu hóa hết. Quá trình phân hủy nhựa hoàn tất sau chưa đầy 24 tiếng [13].



Hình 3. Hai sinh viên Canada tìm ra vi khuẩn ăn nhựa dưới đại dương [13].

Tháng 4 năm 2017, các nhà khoa học của Đại học Cambridge (Anh) và Đại học Cantabria (Tây Ban Nha) phát hiện sâu sáp (sâu sáp được dùng làm môi cho cá nhưng chúng cũng là loài gây hại ở tổ ong, thường nhai thủng tổ ong bằng sáp) không chỉ cắn thủng túi nylon làm từ

polyethylene mà chúng thực sự đang ăn nhựa và phân hủy nhựa thành một hợp chất khác. Kết quả nghiên cứu cho thấy 100 con sâu nhai hết 92 mg nhựa polyethylene trong khoảng 12 giờ. Chúng phân tách nhựa thành ethylene glycol, một chất chống đông [8].



Hình 4. Sâu sáp có thể ăn rác thải nhựa [8].

Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu chưa rõ cơ chế hoạt động chính xác của sâu sáp. Họ vẫn chưa xác định được là do bản thân con sâu sáp hoặc vi khuẩn sống trong ruột của nó phân hủy nhựa. Nhóm nghiên cứu đã nghiền những con sâu và trải chất nhờn lên túi nhựa để xem nó còn khả năng phân hủy nhựa thành hợp chất chống đông hay không. Kết quả là chất nhầy sâu vẫn có tác dụng nhưng không hiệu quả như sâu sống. Và nếu tìm ra được enzyme chia nhỏ polyethylene, các nhà khoa học có thể ly trích enzyme từ vi khuẩn và sử dụng ở quy mô công nghiệp. Đây là một bước tiến mới cho ngành xử lý rác, tuy vậy, ethylene glycol rất độc hại đối với nhiều loài bao gồm con người, do đó cần nghiên cứu sâu hơn để có giải pháp tốt.

Khoa học ngày càng tiến bộ và công nghệ xử lý chất thải nhựa - vấn nạn toàn cầu - đang được quan tâm và nghiên cứu ở nhiều quốc gia. Trong đó, việc nghiên cứu tìm ra các vi sinh vật có khả năng phân hủy nhựa đang mở ra cuộc cạnh tranh mới giữa các nước có trình độ khoa học kỹ thuật cao. Đối với nước ta, phương pháp xử lý rác phổ biến hiện nay ở các đô thị là chôn ử tại các bãi rác tập trung nhưng đa số các bãi rác chưa đảm bảo được vệ sinh môi trường, từ đó gây ô nhiễm đất, ô nhiễm nguồn nước và ô nhiễm không khí khu vực lân cận.

Để hạn chế lượng rác thải, nhất là rác thải nhựa, chúng ta đang đẩy mạnh việc phân loại rác tại nguồn để tiến hành tái sử dụng hoặc tái chế rác thải nhựa. Các thành phố đã áp dụng thử nghiệm phân loại rác tại nguồn, điển hình như TP. HCM, Hà Nội, Đà Nẵng,... đã có những kết quả nhất định. Tuy nhiên, chương trình phân loại rác tại nguồn vẫn chưa được áp dụng, triển khai rộng rãi vì nhiều lý do như chưa đủ nguồn lực tài chính để mua sắm trang thiết bị, đầu tư cơ sở hạ tầng cũng như nguồn nhân lực thực hiện, đặc biệt là thói quen của người dân. Tại một số địa phương triển khai thí điểm mô hình phân loại rác tại nguồn ở giai đoạn đầu, do cơ sở hạ tầng khi tiến hành thí điểm dự án là không đồng bộ và do hạn chế, thiếu đầu tư cho công tác thu gom vận chuyển và xử lý rác theo từng loại nên sau khi người dân tiến hành phân loại tại nguồn, rác được công nhân URENCO thu gom và đổ lẫn lộn vào xe vận chuyển để mang đến bãi chôn lấp chung, do vậy, mục tiêu của chương trình phân loại rác tại nguồn bị hoài nghi. Do chưa thực sự quen với việc phân loại CTR tại nguồn nên tỷ lệ người dân tự nguyện tham gia

phân loại rác chỉ khoảng 70% [1]. Kinh phí cho công tác tuyên truyền vận động ban đầu thì có nhưng đến khi kết thúc dự án thì không còn để duy trì tuyên truyền. Các URENCO ở các nơi có dự án thí điểm cũng không lập quy hoạch tiếp tục duy trì và phát triển dự án, nên các dự án chỉ dừng ở mô hình thí điểm.

Nước ta đã ban hành nhiều văn bản quy phạm pháp luật trong lĩnh vực quản lý và xử lý chất thải, trong đó có rác thải. Ngày 17/12/2009, Thủ tướng Chính phủ đã ký quyết định số 2149/QĐ-TTg phê duyệt chiến lược quốc gia về quản lý tổng hợp chất thải rắn đến năm 2025, tầm nhìn đến 2050. Quan điểm của nhà nước về quản lý chất thải rắn là việc quản lý tổng hợp chất thải rắn là trách nhiệm chung của toàn xã hội, trong đó Nhà nước có vai trò chủ đạo. Thực hiện đầy mạnh xã hội hóa, huy động tối đa mọi nguồn lực, tăng cường đầu tư cho công tác quản lý tổng hợp chất thải rắn, và được thực hiện liên vùng, liên ngành, đảm bảo tối ưu về kinh tế, kỹ thuật, an toàn về xã hội và môi trường.

Tuy nhiên, thực tế áp dụng cho thấy hệ thống văn bản pháp luật còn chông chéo, chưa rõ ràng trong việc phân công trách nhiệm giữa các bên có liên quan, một số biện pháp chế tài khó áp dụng trong thực tế. Do vậy, xét về khía cạnh xử lý rác thải nhựa hiện tại đã và sắp thải ra môi trường, thiết nghĩ chúng ta nên quan tâm nhiều hơn và tập trung đầu tư nghiên cứu về lĩnh vực xử lý rác thải nhựa bằng vi sinh vật. Trước hết, nên tăng cường đào tạo nguồn nhân lực có tri thức đủ khả năng tiếp thu, học hỏi kiến thức cũng như kinh nghiệm của các quốc gia. Đồng thời, đẩy mạnh hợp tác quốc tế về lĩnh vực này, kêu gọi đầu tư trong và ngoài nước để thực hiện các dự án, chương trình nghiên cứu trong nước. Đặc biệt quan tâm xây dựng khung pháp lý đầy đủ hơn, có phân công phân nhiệm rõ ràng hơn trong việc thực hiện biện pháp xử lý rác thải, trong đó có vấn đề xử lý rác thải nhựa bằng vi sinh vật. Ngoài ra, nên có sự liên kết, phối hợp chặt chẽ giữa các cấp, các ngành để thực hiện tốt các nhiệm vụ trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Báo cáo môi trường quốc gia năm 2011 “Chất thải rắn”*, Hà Nội. Trang 22, 26-38.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011 - 2015*, Hà Nội. Trang 47-64, 185-2018?.
- [3] Nguyễn Đức Khiển, Hồ Sỹ Nhiếp, Nguyễn Kim Hoàng, Nguyễn Thị Diễm Hằng (2012), *Công nghệ xử lý, tái chế, tái sử dụng chất thải rắn*, NXB Xây dựng, Hà Nội. Trang 33-38.
- [4] Trần Hiếu Nhuệ, Ứng Quốc Dũng, Nguyễn Thị Kim Thái (2012), *Quản lý chất thải rắn, Tập 1: Chất thải rắn đô thị*, NXB Xây dựng, Hà Nội. Trang 101-102.
- [5] Đinh Xuân Thắng, Nguyễn Văn Phước (2015), *Giáo trình Công nghệ xử lý chất thải rắn*, NXB Đại học quốc gia TP. Hồ Chí Minh, TP.HCM. Trang 344-363.
- [6] Nguyễn Văn Phước (2014), *Giáo trình Quản lý và xử lý chất thải rắn*, NXB Xây dựng, Hà Nội. Trang 20-21.
- [7] *Các biện pháp giảm phát thải bao bì nilon khó phân hủy tại Việt Nam*, Phùng Chí Sỹ, Viện Kỹ thuật Nhiệt đới và Bảo vệ môi trường, Tạp chí Môi trường, 10/2011. Truy cập ngày 29/10/2016, <http://vea.gov.vn>.
- [8] *Phát hiện loài sâu có thể ăn hàng tỷ kilogram rác thải nhựa*, Phương Hoa. Truy cập ngày 10/7/2017, <http://moitruong.net.vn>
- [9] *Nhật Bản tìm ra vi khuẩn có thể “ăn” nhựa*, D. Kim Thoa. Truy cập ngày 18/7/2017, <http://tuoitre.vn>.
- [10] *Vi khuẩn có khả năng chuyển hóa chất thải sinh hoạt thành chất dẻo*, Hồng Nhung. Truy cập ngày 10/7/2017, <http://tapchimoitruong.vn>.
- [11] *Xử lý rác thải nhựa bằng sâu*, Ngọc Anh. Truy cập ngày 18/7/2017, <http://vnexpress.net>.

Tiếng Anh

- [12] *A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)*, Shosuke Yoshida, Kazumi Hiraga, Toshihiko Takehana, Ikuo Taniguchi, Hironao Yamaji, Yasuhito Maeda, Kiyotsuna Toyohara, Kenji Miyamoto, Yoshiharu Kimura, Kohei Oda. Truy cập ngày 18/7/2017, <http://science.sciencemag.org>.
- [13] *These students are developing bacteria that eats our plastic pollution*, Ben Schiller. Truy cập ngày 18/7/2017, <https://www.fastcompany.com>.