



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0027791

(51)⁷ C08L 67/04; B32B 27/12; B32B 27/18; (13) B
D04H 5/06; D04H 5/02; B32B 27/06;
B32B 27/36

(21) 1-2015-02484

(22) 18/02/2013

(86) PCT/CN2013/071649 18/02/2013

(87) WO 2014/124563 A1 21/08/2014

(45) 25/03/2021 396

(43) 25/01/2016 334A

(73) U.S. PACIFIC NONWOVENS INDUSTRY LIMITED (CN)

18/F, CAC Tower 165 Hoi Bun Road, Kwun Tong, Kowloon Hong Kong

(72) WONG, Cho Kee (US); WADSWORTH, Larry Clifton (US).

(74) Công ty TNHH Trường Xuân (AGELESS CO.,LTD.)

(54) MÀNG VÀ TẦM MỎNG CÓ TÍNH THOẢI BIẾN SINH HỌC

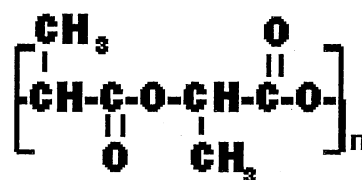
(57) Sáng chế đề cập đến màng có tính thoái biến sinh học và vải và tấm mỏng có tính thoái biến sinh học tăng cường được sản xuất bằng cách dát mỏng màng có tính thoái biến sinh học, nó chủ yếu chứa polybutylen adipat terephthalat (PBAT) hoặc poly(butylen succinat) (PBS), hoặc hỗn hợp của chúng, axit polylactic (PLA) và polyme cao phân tử có khả năng thoái biến, như polybutylen succinat adipat (PBSA), polycaprolacton (PCL), polycaprolacton butylen succinat (PCL-BS) và polyhydroxyalkonat (PHA), để điều chế PLA, và hỗn hợp mới của PLA và PHA, hoặc hỗn hợp của PLA với PBAT và PBS, hoặc hỗn hợp của PLA và PHA với PBAT và PBS hoặc polyme cao phân tử có khả năng thoái biến. Vải và tấm mỏng mới có tính thoái biến sinh học mạnh hơn trong môi trường chứa vi sinh vật và thời gian tồn tại tốt, và độ bền, tính linh hoạt và mềm dẻo tốt.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến màng có tính thoái biến sinh học, vải dệt kim, vải dệt hoặc không dệt và tấm mỏng. Ở đây, vải dệt kim, dệt và không dệt được ưu tiên nhưng không giới hạn ở tính thoái biến sinh học.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong 20 năm qua, axit polylactic (PLA) trở thành polyme thoái biến sinh học/có thể làm phân trộn hàng đầu để điều chế nhựa và sợi. Điều này là bởi vì mặc dù PLA có nguồn gốc từ vật liệu tự nhiên và có thể tái chế được, nó cũng có tính dẻo nóng và có thể được làm ép đùn nóng chảy để sản xuất sản phẩm nhựa, sợi và vải với độ bền cơ học tốt và có thể so sánh tính dẻo để tổng hợp dựa trên dầu như polyolefin (polyetylen và polypropylen) và polyeste (polyetylen terephthalat và polybutylen terephthalat). PLA được tạo ra từ axit lactic, mà được lên men sản phẩm phụ thu được từ ngô (ví dụ, *Zea mays*), lúa mì (ví dụ, *Triticum spp.*), lúa gạo (ví dụ, *Oryza sativa*), hoặc củ cải đường (ví dụ, *Beta vulgaris*). Khi được polyme hóa, axit lactic tạo ra đơn vị dime lặp lại với cấu trúc sau:



PLA

Khác với vật liệu sợi tổng hợp (như xenluloza) có nguồn gốc từ thực vật, PLA thích hợp hơn để xe sợi nóng chảy thành sợi. So với quy trình xe sợi hòa tan được yêu cầu đối với sợi xenluloza tổng hợp, sợi PLA được sản xuất bằng cách làm theo phương pháp xe sợi nóng chảy cho phép về chi phí kinh tế và chi phí môi trường thấp, và PLA tạo ra có phạm vi đặc tính rộng. Giống như polyeste của polyetylen terephthalat (PET), polyme PLA cần được làm khô trước khi nóng chảy để tránh thủy phân trong suốt quá trình đùn nóng chảy, và sợi các polyme có thể được rút (kéo căng) để phát triển độ bền kéo đứt tốt hơn. Phân tử PLA có xu hướng tạo cấu trúc xoắn mà đem lại sự kết tinh dễ

dàng hơn. Ngoài ra dime lactic có ba loại đồng phân: dạng L quay ánh sáng phân cực theo chiều kim đồng hồ, dạng D quay ánh sáng phân cực ngược chiều kim đồng hồ và dạng racemic bất hoạt về mặt quang học. Trong quá trình polyme hóa, tỷ lệ tương đối của các dạng này có thể được điều chỉnh, dẫn đến việc kiểm soát tương đối rộng đối với các đặc tính của polyme quan trọng. Kiểm soát đối với sợi polyme “tự nhiên” dẻo nóng, các hình dạng của polyme đơn nhất và thành phần chất đồng phân trong polyme cho phép nhà sản xuất thiết kế các đặc tính của sợi trong phạm vi tương đối rộng (Dugan, J. S. 2001, “Novel Properties of PLA Fibers”, *International Nonwovens Journal*, 10 (3): 29-33; Khan, A.Y.A., L.C. Wadsworth, and C.M. Ryan, 1995, “Polymer-Laid Nonwovens from Poly(lactide) Resin”, *International Nonwovens Journal*, 7: 69-73).

PLA được coi là không có khả năng thoái biến sinh học trực tiếp ở trạng thái ép đùn. Thay vào đó, nó trước tiên phải được thủy phân trước khi nó trở nên thoái biến sinh học. Để đạt được sự thủy phân của PLA ở mức độ cao, cả độ ẩm tương đối bằng hoặc trên 98% và nhiệt độ bằng hoặc trên 60°C được yêu cầu đồng thời. Khi các điều kiện này được đáp ứng, thoái biến xuất hiện nhanh (Dugan, J. S. 2001, “Novel Properties of PLA Fibers”, *International Nonwovens Journal*, 10 (3): 29-33 and Lunt, J. 2000, “Polylactic Acid Polymers for Fibers and Nonwovens”, *International Fiber Journal*, 15: 48-52). Tuy nhiên, nhiệt độ nóng chảy có thể được điều chỉnh giữa khoảng 120°C và 175°C để kiểm soát thành phần và sự sắp xếp ba chất đồng phân, trong đó polyme là hoàn toàn vô định hình dưới điều kiện nhiệt độ nóng chảy thấp. Nhiều polyme vô định hình hơn có thể thu được sau khi bổ sung enzym và vi khuẩn vào sản phẩm nóng chảy.

PLA được sử dụng để tạo nhiều sản phẩm khác nhau, và các yếu tố kiểm soát tính ổn định và tốc độ thoái biến của nó đã được ghi nhận đầy đủ. Cả axit lactic L và D được sản xuất trong suốt quá trình lên men có thể được sử dụng để sản xuất PLA (Hartmann, M.H., 1998, “High Molecular Weight Polylactic Acid Polymers”, p. 367-411, In: D.L. Kaplan (ed.), *Biopolymers from Renewable Resources*, Springer-Verlag, New York). Một lợi thế của PLA là tốc độ thoái biến có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi các yếu tố như tỷ lệ dạng L và D, trọng lượng phân tử hoặc độ kết tinh

(Drumright, R.E., P.R., Gruber, and D.E. Henton, 2000, "Polylactic Acid Technology," *Advanced Materials*. 12: 1841-1846). Ví dụ, Hartmann (1998) phát hiện ra rằng mẫu PLA không cấu trúc sẽ bị thoái biến nhanh thành axit lactic trong hàng tuần, trong khi đó vật liệu kết tinh cao có thể mất hàng tháng đến hàng năm để thoái biến hoàn toàn. Tính dẻo này và sự điều chỉnh làm cho PLA là vật liệu khởi đầu có nhiều ưu điểm cao trong sản phẩm vải phủ nông nghiệp, trong đó vật liệu PLA được mong đợi để thoái biến trên cánh đồng sau một khoảng thời gian cụ thể (Drumright, R.E., P.R., Gruber, and D.E. Henton, 2000, "Polylactic Acid Technology," *Advanced Materials*. 12: 1841-1846).

PLA được phân hủy thành phân tử nhỏ bằng nhiều cơ chế khác nhau, và sản phẩm phân hủy sau cùng là CO_2 và H_2O . Quy trình thoái biến bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ ẩm, độ pH, enzym và hoạt tính vi khuẩn, trong khi không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng cực tím (Drumright, R.E., P.R., Gruber, and D.E. Henton, 2000, "Polylactic Acid Technology," *Advanced Materials*. 12: 1841-1846; Lunt, 2000). Trong một số nghiên cứu trước đây mà đánh giá sự thoái biến PLA để áp dụng trong sinh dược, Williams (1981) phát hiện ra rằng bromelain, pronaza và proteinaza K có thể đẩy nhanh tốc độ phân hủy PLA (Williams, D.F., 1981, "Enzymic Hydrolysis of Polylactic Acid," *Engineering in Medicine*. 10: 5-7). Gần đây, Hakkarainen và cộng sự (2000) ủ mẫu PLA có độ dày 1,8 milimet ở 30°C trong môi trường nuôi cấy trộn của vi sinh vật được chiết từ phân trộn (Hakkarainen, M., S. Karlsson, and A.C. Albertsson, 2000., "Rapid (Bio)degradation of Polylactide by Mixed Culture of Compost Microorganisms - Low Molecular Weight Products and Matrix Changes", *Polymer*. 41: 2331-2338). Sau 5 tuần ủ, màng xử lý phân trộn thoái biến thành bột mịn, trong khi đó đối chứng không được xử lý vẫn còn nguyên. Lưu ý rằng nghiên cứu này chỉ sử dụng dạng L trong khi tốc độ thoái biến sẽ khác căn cứ vào tỷ lệ dạng D và L. Trong trường hợp bất kì, nghiên cứu của Hakkarainen và cộng sự (2000) minh chứng rằng việc sử dụng lượng lớn vi sinh vật có sẵn từ phân trộn có thể đẩy nhanh sự phân hủy. Chưa có nghiên cứu thoái biến PLA xa hơn được tiến hành trong môi trường nuôi cấy chất lỏng *in vitro* hoặc hoạt động tạo phân trộn tích cực trên 60°C (Drumright et al., 2000; Hakkarainen et al., 2000; Lunt, 2000; Williams, 1981). Sự thoái biến nhanh xuất hiện khi PLA được

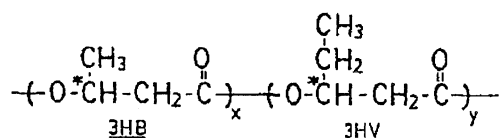
tạo phân trộn ở 60°C với gần 100% thoái biến sinh học đạt được trong 40 ngày (Drumright et al., 2000). Tuy nhiên, tính ổn định dưới 60°C khi vải tiếp xúc với yếu tố hữu cơ trong đất vẫn còn phải được xác định. Vải không dệt liên kết xoắn (spunbond-SB) và thổi nóng chảy (meltblown-MB) sử dụng PLA được nghiên cứu đầu tiên bởi Larry Wadsworth (Khan et al., 1995) tại Đại học Tennessee, Hoa Kỳ (Smith, B.R., L.C. Wadsworth (Speaker), M.G. Kamath, A. Wszelaki, and C.E. Sams, "Development of Next Generation Biodegradable Mulch Nonwovens to Replace Polyetylen Plastic," International Conference on Sustainable Textiles (ICST 08), Wuxi, China, October 21-24, 2008[CD ROM]).

Mong muốn đối với polyme thoái biến sinh học chịu được nhiều yếu tố môi trường trong suốt giai đoạn sử dụng, nhưng có thể thoái biến sinh học được trong điều kiện tiêu hủy. Sự thoái biến sinh học của PLA được nghiên cứu trong cả điều kiện hiếu khí và kỵ khí, trạng thái rắn và lỏng ở các nhiệt độ nâng lên khác nhau. Phát hiện ra rằng trong tiếp xúc nước ưa khí, PLA thoái biến sinh học rất chậm ở nhiệt độ trong phòng nhưng nhanh hơn trong điều kiện ưa nhiệt. Điều này cũng hỗ trợ việc phát hiện nêu trên rằng PLA phải được thủy phân trước khi vi sinh vật có thể sử dụng nó làm nguồn dinh dưỡng. Việc thoái biến sinh học của PLA nhanh hơn ở điều kiện rắn kỵ khí so với điều kiện ưa khí ở cùng nhiệt độ được tăng lên. Trong quy trình tạo phân trộn tự nhiên, đặc tính của PLA là giống với sự tiếp xúc gây thoái biến sinh học trong nước, trong đó thoái biến sinh học chỉ bắt đầu sau khi nó được làm nóng lên. Điều này cũng có quan điểm là PLA có thể tạo phân trộn và ổn định ở nhiệt độ trong phòng, nhưng thoái biến nhanh trong suốt sự tiêu hủy rác thải trong phân trộn hoặc thuận lợi trong xử lý kỵ khí (Itavaara, Merja, Sari Karjomaa and Johan-Fredrik Selin, "Biodegradable of Polylactide in Aerobic and Anerobic Thermophilic Conditions," Elsevier Science Ltd., 2002). Trong nghiên cứu khác, mức độ thoái biến sinh học của nhựa khác nhau bằng bùn tự hoại kỵ khí được xác định và được so với mức độ thoái biến trong điều kiện bãi rác mô phỏng. Poly 93-hydroxyvalerat (PHB/PHV) vi khuẩn, polyeste béo tự nhiên được sản xuất từ vi khuẩn, dường như hoàn toàn thoái biến trong 20 ngày trong bùn tự hoại kỵ khí; trong khi đó, PLA, polyeste béo được tổng hợp từ vật liệu tự nhiên, và hai polyeste béo khác được đánh giá, poly (butylen succinat) và poly (butylens succinat-

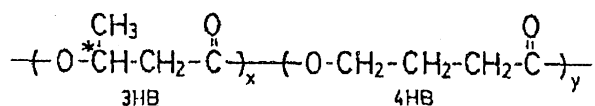
co-etylen succinat) rơi vào thoái biến sau 100 ngày. Vật liệu đối chứng xenluloza (xenlophan) thoái biến theo cách tương tự với cách của PHB/HV trong vòng 20 ngày. Ngoài ra, PHB/HV thoái biến tốt trong vòng 6 tháng trong điều kiện bãi rác mô phỏng (Shin, Pyong Kyun, Myung Hee Kim and Jong Min Kim, "Biodegradability of Degradable Plastics Exposed to Anaerobic Digested Sludge and Simulated Landfill Conditions," *Journal of Polymers and the Environment*, 1566-2543, Volume 5, Number 1, 1997).

Trong nghiên cứu về polyme thoái biến sinh học thực sự, polyhydroxyalkonat (PHA) được phát hiện ra là được tổng hợp tự nhiên bởi nhiều vi khuẩn dưới dạng nguyên liệu cacbon và ngăn lượng lưu trữ nội bào. Vào đầu những năm 1920, poly[(R)-3-hydroxybutyrat] (P(3HB)) được phân tách từ *Bacillus megaterium* và được xác định sau đó là polyeste dự trữ của vi khuẩn. Tuy nhiên, P(3HB) không có giá trị thương mại quan trọng vì nó được phát hiện là giòn và cứng sau một thời gian dài và do đó không thể được thay thế cho polyme tổng hợp chính như polyetylen (PE) và polystyren (PS). Thậm chí, việc khám phá ra các đơn vị hydroxalkonat (HA) khác so với 3HB trong polyeste vi khuẩn mà có thể cải thiện đặc tính cơ học và nhiệt khi được kết hợp thành P(3HB) có tác động lớn về nghiên cứu và sự ưa thích về mặt kinh tế của polyeste vi khuẩn. Tính thoái biến sinh học của chúng trong môi trường tự nhiên là một trong các đặc tính độc nhất của vật liệu PHA. Polyeste vi khuẩn thoái biến sinh học trong đất, bùn hoặc nước biển. Vì PHA là polyme rắn với trọng lượng phân tử cao, nó không thể được vận chuyển qua thành tế bào làm dinh dưỡng. Do đó, các vi sinh vật như nấm và vi khuẩn tiết ra enzym biết là enzym gây thoái biến PHA để tiến hành sự thoái biến ngoại bào lên PHA. Enzym này thủy phân PHA rắn thành oligome và monome hòa tan trong nước, sau đó có thể được chuyển vào tế bào và được chuyển hóa tiếp làm nguồn cacbon và năng lượng (Numata, Keiji, Hideki Abe and Tadahisa Iwata, "Biodegradability of Poly(hydroxalkonate) Materials," *Materials*, 2, 1104-1126, 2009). Copolyeste ngẫu nhiên của [R]-3-hydroxybutyrat và [R]-3-hydroxyvalerat, P(3HB-co-3HV), được sản xuất thương mại bởi Imperial Chemical Industries (ICI) ở Anh. Thể hiện rằng *Alcaligenes eutrophus* sản xuất copolyeste có hoạt tính quang học của 3-hydroxybutyrat (3HB) và 3-hydroxyvalerat (3HV) bằng cách sử dụng axit

propionic và glucoza làm nguồn cacbon (Holmes, PA, (1985), "Applications of PHB: a Microbially Produced Biodegradable Thermoplastic," *Phys Technol* 16:32-36 from Kunioka, Masao, Yasushi Kawaguchi and Yoshiharu Doi, "Production of Biodegradable copolyesters of 3-hydroxybutyrate and 4-hydroxybutyrate by *Alcaligenes eutropus*," *Appl. Microbiol Biotechnol* (1989) 30: 569-573). Cấu trúc hóa học của P(2HB-co-3HV) như sau:



Ngoài ra, 3-hydroxypropionat, 4-hydroxyvutytrat, và 4-hydroxyvalerat được phát hiện là thành phần mới của polyhydroxyalkonat (PHA) vi khuẩn và thu được nhiều sự chú ý trong ứng dụng hàng hải, nông nghiệp và dược. Gần đây, sự tổng hợp copolyeste của [R]-3-hydroxybutyrat và 4-hydroxybutyrat, P(3HB-co-4HB) ở vi khuẩn bởi *Alcaligenes eutropus*, *Comamonas* và *Alcaligenes latus* đang được nghiên cứu. Cấu trúc hóa học của P(3HB-co-4HB) là như sau:



Khi axit 4-hydroxybutyric được sử dụng chỉ làm nguồn cacbon đối với *Alcaligenes eutrophus*, P(3HB-co-34% 4HB) được sản xuất với hàm lượng 4HB 34%, trong khi axit 4-hydroxybutyric khi có mặt một số chất phụ gia được sử dụng làm nguồn cacbon đối với *Alcaligenes eutrophus*, P(3HB-co-4HB) copolyeste với phần lớn 4HB (60-100% mol) được sản xuất. Phát hiện ra rằng *Alcaligenes eutrophus* sản xuất copolyme ngẫu nhiên của P(3HB-co-4HB) với hiệu quả cao trong quy trình lên men một giai đoạn bằng cách sử dụng sucroza và 1,4-butyrolacton làm nguồn cacbon trong môi trường không có nitơ. Độ bền kéo đứt của màng P(3HB-co-4HB) giảm từ 43 MPa đến 26 MPa trong khi đó độ giãn của nó tăng từ 4-444% với hàm lượng mảnh 4HB tăng. Theo cách khác, hàm lượng mảnh 4HB tăng từ 64% đến 100%, độ bền kéo đứt của màng tăng từ 17MPa đến 104 Mpa với 4HB tăng (Saito, Yuji, Shigeo Nakamura, Masaya Hiramitsu and Yoshiharu Doi, "Microbial Synthesis and Properties of Poly(3-

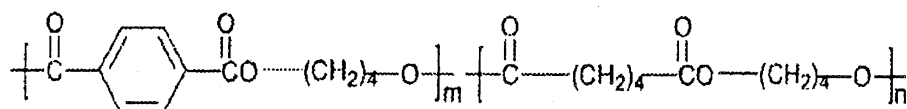
hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate),” *Polymer International* 39 (1996), 169-174). Nhiều nghiên cứu thể hiện độ kết tinh của P(3HB-co-4HB) giảm từ 55% xuống 14% khi thành phần mảnh 4HB tăng từ 0 đến 49% mol, chỉ ra rằng đơn vị 4HB không thể kết tinh hóa theo trình tự của 3HB và hoạt động như phần thiếu khuyết trong mạng tinh thể của P(3HB). Điều này đáp ứng trong phạm vi rộng về việc giảm tính giòn và cải thiện tính dẻo của P(3HB-co-4HB) được so với P(3HB). Ngoài ra, nhiệt độ nóng chảy được phát hiện là giảm từ 178°C xuống 150°C khi hàm lượng mảnh 4HB tăng từ 0 đến 18% mol (Kunioka, Masao, Akira Tamaki and Yoshiharu Doi, *Crystalline and Thermal Properties of Bacterial copolyesters: Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxvalerate) and Poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate)*,” *Macromolecules* 1988, 22, 694-697). Nghiên cứu còn thể hiện rằng tốc độ thoái biến sinh học tăng khi có mặt đơn vị 4HB trong P(3HB-co-4HB) (Kunioka, Masao, Yasushi Kawaguchi and Yoshiharu Doi, “*Production of Biodegradable copolyesters of 3-hydroxybutyrate and 4-hydroxybutyrate by Alcaligenes eutropus*,” *Appl Microbiol Biotechnol* (1989) 30: 569-573). Trong nghiên cứu khác, sự thoái biến enzym của màng P(3HB-co-4HB) được tiến hành ở 37°C trong đệm phosphat 0,1 M của depolymeraza ngoại bào được tinh chế từ *Alcaligenes faecalis*. Sau đó, phát hiện ra rằng tốc độ thoái biến enzym tăng đáng kể với hàm lượng mảnh 4HB tăng và tốc độ cao nhất xuất hiện khi hàm lượng 4HB là 28% mol (Nakamura, Shigeo and Yoshiharu Doi, “*Microbial Synthesis and Characterization of Poly(3-hydroxybutyrate-co-4hydroxybutyrate)*,” *Macromolecules*, 85 (17), 4237-4241, 1992).

Điều này có thể là do kết quả độ kết tinh giảm; trong khi đó sự có mặt của 4HB vượt quá 85% mol trong copolyeste ngăn chặn sự thoái biến enzym (Kumaai, Y. Kanesawa, and Y. Doi, *Makromol. Chem.*, 1992, 193, 53 through Nakamura, Shigeo and Yoshiharu Doi, “*Microbial Synthesis and Characterization of Poly(3-hydroxybutyrate-co-4hydroxybutyrate)*,” *Macromolecules*, 85 (17), 4237-4241, 1992). Khi so sánh tốc độ thoái biến sinh học của màng P(3HB-co-9% 4HB), P(3HB) và P(HB-co-50% 3HV), P(3HB-co-9% 4HB) được phát hiện là thoái biến hoàn toàn trong bùn hoạt hóa trong hai tuần với tốc độ thoái biến của polyeste sinh học này nhanh hơn so với hai polyeste khác. Tốc độ thoái biến của P(3HB) nhanh hơn nhiều so với màng

P(HB-co-50% 3HV) (*Kunioka, Masao, Yasushi Kawaguchi and Yoshiharu Doi, "Production of Biodegradable copolyesters of 3-hydroxybutyrate and 4-hydroxybutyrate by *Alcaligenes eutropus*," Appl. Microbiol Biotechnol (1989) 30: 569-573).*

Polybutylen adipat terephthalat (PBAT) là polyme thoái biến sinh học hiện được tổng hợp từ sản phẩm gốc dầu hơn là từ vi khuẩn. Mặc dù PBAT có điểm nóng chảy là 120°C và thấp hơn so với điểm nóng chảy của PLA, nó có tính linh hoạt cao, sức bền va chạm tuyệt vời và khả năng gia công nóng chảy tốt. Ngoài ra, một vài nghiên cứu về sự thoái biến sinh học của màng PBAT và sản phẩm đúc đã chỉ ra rằng sự thoái biến sinh học đáng kể xuất hiện trong một năm trong đất, nước biển và nước với bùn hoạt tính. Ngược lại, thậm chí mặc dù PLA có khả năng gia công nóng chảy tốt, đặc tính bền và thoái biến sinh học/tạo phân trộn, nó có cả tính linh hoạt thấp và sức bền va chạm thấp. Tại thời điểm này, tính linh hoạt, tính mềm dẻo và sức bền va chạm của sản phẩm cuối cùng có thể được cải thiện bằng cách trộn PBAT với PLA. Một số nghiên cứu thể hiện rằng tỷ lệ trộn tương hợp ít nhất của PBAT và PLA là 50/50. Tuy nhiên, nó thể hiện tính trộn lẫn và do đó các tính chất cơ học của hỗn hợp 50/50 của PBAT và PLA được cải thiện bằng cách áp dụng năng lượng siêu âm để trộn nóng chảy bằng thiết bị siêu âm trong 20 đến 30 giây. Trong nghiên cứu này, độ bền kéo đứt được phát hiện là tăng theo thời gian siêu âm tăng. Đặc biệt là, độ bền kéo đứt đạt tới giá trị cao nhất trong 20 giây và sau đó giảm theo thời gian sau điểm đó, trong khi đó sức bền va chạm tăng lên tới 30 giây và sau đó giảm theo thời gian sau điểm đó. Tuy nhiên, hệ thống siêu âm được phát hiện có sức bền va chạm cao hơn nhiều so với hệ thống không siêu âm. Nó được giải thích rằng năng lượng thừa được tiêu thụ bởi sự biến dạng nhựa dẻo của pha PBAT trong hệ thống siêu âm, trong khi truyền ứng suất đi qua xung quanh pha PBAT vì chúng không trộn lẫn được và được tách trong hệ thống không được xử lý. Điều này có thể được thấy từ kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscopy - SEM) rằng, kích thước vùng nhỏ nhất là 4,7 μm đạt được sau 30 giây siêu âm nhưng đặc biệt tăng theo thời gian sau đó. Có thể kết luận rằng năng lượng dư thừa dẫn đến sự kết bông của vùng (*Lee, Sangmook, Youngjoo Lee and Jae Wook Lee, "Effect of Ultrasound on the Properties of Biodegradable Polymer blends*

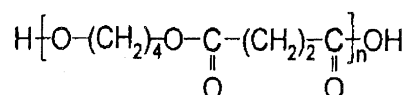
of Poly(lactic acid) with Poly(butylene adipate-co-terephthalate,” *Macromolecular Research*, Vol. 15, No. 1, pp 44-50 [2007]). Như được chỉ ra ở trên, PBAT có độ giãn tuyệt vời đến đứt trên 500%. Ngược lại, độ giãn đến đứt chỉ là 9% và 15% đối với PLA và PHBV (“Biodegradable polyesters: PLA, PCL, PHA”..., <http://www.biodeg.net/bioplactic.html>). Do đó, ngoài việc tăng tính dẻo và độ mềm của màng, vật liệu bao gói và vải được sản xuất bằng việc trộn PBAT với PLA hoặc PHA, tấm mỏng với khả năng duỗi ra tốt có thể được sản xuất bằng sự cán mỏng màng PBAT thành vải không thoái biến sinh học hoặc thoái biến sinh học co giãn. Cấu trúc hóa học của PBAT được thể hiện dưới đây:



PBAT có sẵn trên thị trường từ BASF là Ecoflex™, Eastman Chemical là Easter Bio®, và từ Novamont của Italy là Origo-Bi®. DuPont đang tiếp thị copolyeste thom thoái biến sinh học được biết đến là Biomax®. Tuy nhiên, hơn cả PLA, nó là poly(etylen terephthalat) được cải biến với hàm lượng axit terephthalic cao và nhiệt độ cao khoảng 200°C. Giống như PLA, Biomax® trước tiên phải trải qua sự thủy phân trước khi thoái biến sinh học, mà được bắt đầu với phân tử nhỏ được đồng hóa và khoáng hóa bởi một số vi sinh vật tồn tại trong tự nhiên (*Vroman, Isabelle and Lau Tighzert*, “Biodegradable Polymers,” *Materials* 2009, 2, 307-344). Vào năm 2004, Novomont mua mảng kinh doanh copolyeste Easter Bio từ công ty hóa chất Eastman (“Novamont buys Eastman’s Easter Bio technology” <http://www.highbeam.com/doc/1G1-121729929.html>). BASF lưu ý rằng PBAT của họ, Ecoflex™ tương thích cao với vật liệu tự nhiên như tinh bột, xenluloza, lignin, PLA và PHB (“Bio – Sense or Nonsense,” *Kunststoffe International* 8/2008 [Translated from *Kunststoffe* 8/2008, pp. 32-36]).

Poly(butylene succinat) PBS và copolyme của nó thuộc họ poly(alkendicacboxylat). Chúng được tổng hợp bằng phản ứng trùng ngưng của glycol (như etylen glycol và 1,4-butandiol) với axit dicarboxylic béo (như axit succinic hoặc axit adipic). Chúng được bán ở Nhật Bản bởi Showa High Polymer dưới tên

Bionolle® và ở Hàn Quốc bởi Ire Chemical dưới tên EnPol®. Các alkendicacboxylat khác nhau được sản xuất là PBS, poly(etylen succinat) (PES) và copolyme được điều chế bằng sự bổ sung axit poly(butylen succinat-co-adipat) của axit adipic hoặc PBSA. Ngoài ra, copolyme được sản xuất bằng phản ứng của 1,2-etylendiol và 1,4 butandiol với axit succinic và adipic được bán ở Hàn Quốc bởi SK Chemical dưới tên Skygreen®. Copolyeste béo khác được bán bởi Nippon Shokubai của Nhật Bản được biết đến dưới tên Lunare SE®. PBS là polyme kết tinh với điểm nóng chảy 90-120°C và nhiệt độ hóa mềm (Tg) khoảng -45°C đến -10°C. PBS có trị số Tg ở giữa trị số của polyetylen (PE) và polypropylen (PP), và nó có đặc tính hóa học tương đồng với PE và PP. Bên cạnh đó, PBS có độ bền kéo đứt 330 kg/cm² và độ giãn đến đứt gãy 330%, trong khi đó khả năng có thể xử lý tốt hơn so với PLA (*Vroman, Isabelle and Lau Tighzert, "Biodegradable Polymers," Materials 2009, 2, 307-344*). Cấu trúc hóa học của PBS được thể hiện dưới đây:



PBS bao gồm axit succinic còn có thể được sản xuất bởi vi khuẩn. Về vấn đề này, axit succinic sinh học được sử dụng bởi Sinoven Biopolymers của Trung Quốc để sản xuất PBS với hàm lượng tái chế được là 50%. Đã báo cáo rằng loại này của PBS có hiệu suất cao hơn so với polyme thoái biến sinh học khác bất kỳ và có độ chịu nhiệt trên 100°C (*"Production of Bio-based polybutylene succinate (PBS)", <http://biopol.free.fr/index.php/production-of-biobased-polybutylene-succinate-pbs/>*).

PBS được trộn với PLA để cải thiện đặc tính uốn cong, nhiệt độ biến dạng nóng, sức bền va chạm và tính thấm khí. Ở đây, PBS có thể trộn với PLA và giảm tính giòn của PLA khi nồng độ PBS thấp hơn 20% (*Bhatia, Amita, Rahul K. Gupta, Sati N. Bhattacharya and H.J. Choi, "Compatibility of Biodegradable poly (lactic acid) (PLA) and poly (butylenes succinate) (PBS) blends for packaging application," Korea-Australia Rheology Journal, November 2007, Vol. 19, No. 3, pp. 125-131*).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật được giải quyết trong sáng chế là đề xuất màng và tấm mỏng có tính thoái biến sinh học có thời gian tồn tại kéo dài trong môi trường sạch và đầy

nhánh sự thoái biến trong môi trường bản, nhằm vào những mặt hạn chế là tốc độ thoái biến của vật liệu thoái biến sinh học đang tồn tại thấp.

Theo sáng chế, giải pháp kỹ thuật để giải quyết vấn đề kỹ thuật của nó là như sau: Tạo cấu trúc màng có tính thoái biến sinh học bao gồm PHA và PLA, trong đó thành phần của PLA là 1%-95% theo phần trăm khối lượng.

Hỗn hợp của PHA và PLA có khả năng tăng cường đặc tính thoái biến sinh học được sản xuất từ PHA-PLA.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, sản phẩm được tạo ra từ hỗn hợp của PHA và PLA có thời gian tồn tại kéo dài trong môi trường sạch.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, sản phẩm được tạo ra từ hỗn hợp của PHA và PLA có thể được tạo cấu hình để sản xuất màng, vật chứa chất rắn và chất lỏng, bao gói cứng hoặc mềm dẻo, vải dệt, dệt kim và vải không dệt với sợi mảnh và sợi xơ ngắn, và sản phẩm tổng hợp của vải và màng thông qua sự tạo thành nhờ nhiệt, đúc áp lực hoặc xe sợi nóng chảy.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải không dệt được sản xuất bằng xe sợi nóng chảy bao gồm liên kết xoắn và thổi nóng chảy vải không dệt.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải không dệt được gắn kết bằng chất dính ướt hoặc chất dính khô bao gồm sự chải thô và sự phân lớp không khí.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải không dệt được gắn kết bằng chất dính ướt như nhựa mủ hoặc chất dính khô như bột hoặc sợi liên kết nhiệt.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải không dệt thu được bằng phương pháp sản xuất xuyên kim, tạo tia nước, sự cán láng nhờ nhiệt, gắn kết nhiệt không khí thông qua không khí nóng hoặc các quy trình gia nhiệt sau bao gồm vi sóng, sóng cực tím, hàn, gia nhiệt bằng tia hồng ngoại xa và gia nhiệt bằng tia hồng ngoại gần.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải bao gồm các tấm mỏng được sản xuất bằng liên kết xoắn, liên kết xoắn-liên kết xoắn, liên kết xoắn-thổi nóng chảy và liên kết xoắn-thổi nóng chảy-liên kết xoắn mà có thể được sử dụng cho quần áo bảo

hộ công nghiệp, quần áo bảo hộ y tế như rèm và vải phủ trong phòng điều hành của bệnh viện, ga phủ thiết bị vô trùng, băng đeo nâng bệnh nhân và băng ca dùng cho bệnh nhân.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải tổng hợp là tấm màng mỏng và vải được sản xuất kết hợp với quy trình sản xuất không dệt như tạo lớp bằng cách xe sợi, phương pháp sản xuất xuyên kim và sự phân lớp không khí của bột giấy hoặc sợi cũng như là tạo tia nước.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng bao gồm lớp lọc không khí thổi nóng chảy, lớp lọc chất lỏng thổi nóng chảy và liên kết xoắn hoặc dạng khác của vải không dệt dưới dạng các lớp phủ bên trong hoặc bên ngoài, trong đó các lớp phủ chỉ cần được may hoặc tạo liên kết nhiệt hoặc siêu âm lên các mép của chúng.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, hỗn hợp bao gồm MB PLA và hỗn hợp của MB PLA với PHA và với sợi xenluloza, như bột giấy, sợi bông ngắn hoặc sợi nhân tạo hoặc tự nhiên khác được bổ sung vào dòng sợi thổi nóng chảy hoặc trong các lớp giữa các lớp MB.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, PHA là PHB hoặc PHV, hoặc copolyme hoặc hỗn hợp của PHB và PHV.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, PHB là P(3HB-co-4HB) được polyme hóa bằng 3HB và 4HB.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, phần trăm mol của 4HB trong phạm vi từ 5% đến 85%.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, phần trăm của PLA trong hỗn hợp khô hoặc trong hỗn hợp và hỗn hợp ép đùn nóng chảy của PHA trong phạm vi từ 1% PLA đến 95% PLA, tốt hơn nếu bằng hoặc dưới 50% PLA và tốt nhất nếu bằng hoặc dưới 30% PLA (50%-10%).

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải dệt, dệt kim và vải không dệt cũng như là sản phẩm màng có tính thoái biến sinh học và có thể tạo phân trộn có đặc tính cơ học được cải thiện, độ giãn đến đứt gãy, tính dẻo và tính chống va đập khi hỗn hợp của PBAT và PLA chứa PBAT 5-60% và tốt hơn nếu PBAT 20-40%.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải dệt, dệt kim và vải không dệt cũng như là sản phẩm màng có tính thoái biến sinh học và có thể tạo phân trộn có đặc tính cơ học được cải thiện, độ giãn đến đứt gãy, tính dẻo và tính chống va đập khi hỗn hợp của PBS và PLA chứa PBS 5-40% và tốt hơn nếu PBS 10-40%.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải dệt, dệt kim và vải không dệt cũng như là sản phẩm màng có tính thoái biến sinh học và có thể tạo phân trộn có đặc tính cơ học được cải thiện, độ giãn đến đứt gãy, tính dẻo và tính chống va đập khi hỗn hợp của PBAT, PBS và PLA chứa PBAT 5-50% và PBS 5-40%, và tốt hơn nếu bao gồm PBAT 10-30% và PBS 10-40%.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng PBAT có độ bền được cải thiện, giảm độ co nhiệt và giá thành thấp hơn bằng cách trộn với 10-60% PLA và tốt hơn nếu với 20-40% PLA.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng PBAT có độ bền được cải thiện, độ co nhiệt giảm và giá thành thấp hơn bằng cách trộn với 10-60% PBS và tốt hơn nếu với 20-40% PBS.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng PBAT có độ bền được cải thiện, độ co nhiệt giảm và giá thành thấp hơn bằng cách trộn với 10-40% PLA và 10-40% PBS, và tốt hơn nếu với 15-30% PLA và 15-30% PBS.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải dệt, dệt kim và vải không dệt và sản phẩm màng có tính thoái biến sinh học và có thể tạo phân trộn có chi phí giảm đi khi được trộn với chất độn như tinh bột và canxi cacbonat ở lượng trong phạm vi từ 5 đến 60% và tốt hơn nếu từ 10 đến 40%. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng PLA có tính thoái biến sinh học và có thể tạo phân trộn có chi phí giảm đi khi trộn chất độn như tinh bột và canxi cacbonat với lượng trong phạm vi từ 5 đến 60% và tốt hơn nếu từ 10 đến 40% có chi phí thấp hơn.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải dệt kim, vải dệt và vải không dệt được sản xuất từ hỗn hợp của PLA và PHA bằng cách bổ sung chất độn như tinh bột và canxi cacbonat với lượng trong phạm vi từ 5 đến 60% và tốt hơn nếu với lượng từ 10 đến 40% có chi phí thấp hơn.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng được sản xuất từ PBS bằng cách bổ sung chất độn như tinh bột và canxi cacbonat với lượng trong phạm vi từ 5 đến 60% và tốt hơn nếu từ 10 đến 40% có chi phí thấp hơn.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải có tính thoái biến sinh học và có khả năng tạo phân trộn có thể được cán mỏng để thu được tấm mỏng.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng bao gồm vải thoái biến sinh học và có khả năng tạo phân trộn tương ứng có thể được gắn kết dính thông qua keo thoái biến sinh học hoặc chất dính nóng chảy nhờ nhiệt.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải được sử dụng làm màng phủ cây trồng để ngăn chặn sự phát triển của cỏ dại, tăng cường sự kiểm soát độ ẩm, tăng nhiệt độ đất và giảm sự khử phân bón.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, màng được sử dụng làm màng phủ cây trồng để ngăn chặn sự phát triển của cỏ dại, tăng cường sự kiểm soát độ ẩm, tăng nhiệt độ đất và giảm sự khử phân bón.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, vải và các tấm mỏng có thể được sử dụng làm màng phủ cây trồng để ngăn chặn sự phát triển của cỏ dại, tăng cường sự kiểm soát độ ẩm, tăng nhiệt độ đất và giảm sự khử phân bón.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng trên có thể được sử dụng cho băng đeo nâng bệnh nhân và băng ca dùng cho bệnh nhân.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng có thể được sử dụng trong tã dùng một lần và băng vệ sinh nữ.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng có thể được sản xuất từ màng có chất nền là PBAT và vải không dệt thối nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn; vải không dệt thối nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn được sản xuất từ ExxonMobil Vistamaxx® chứa 100% Vistamaxx hoặc hỗn hợp của 60-95% Vistamaxx với polyme khác như polypropylen (PP).

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng được sản xuất từ màng có chất nền PBAT và vải không dệt thối nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết

xoắn; vải không dệt thổi nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn được sản xuất từ ExxonMobil Vistamaxx® chứa 100% Vistamaxx hoặc hỗn hợp của 60-95% Vistamaxx với polyme khác như polypropylen (PP). Ở đây, tấm mỏng được gắn kết bằng keo hoặc chất kết dính nóng chảy.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng được sản xuất từ màng có chất nền PBAT và vải không dệt thổi nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn; vải không dệt thổi nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn được sản xuất từ ExxonMobil Vistamaxx® chứa 100% Vistamaxx hoặc hỗn hợp của 60-95% Vistamaxx với polyme khác như polypropylen (PP). Ở đây, tấm mỏng được gắn kết nhiệt.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tấm mỏng được sản xuất từ màng có chất nền PBAT và vải không dệt thổi nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn; vải không dệt thổi nóng chảy đàn hồi hoặc vải không dệt liên kết xoắn được sản xuất từ ExxonMobil Vistamaxx® chứa 100% Vistamaxx hoặc hỗn hợp của 60-95% Vistamaxx với polyme khác như polypropylen (PP). Màng PBAT được phủ đùn ép lên trên Vistamaxx.

Sáng chế bộc lộ vải và tấm mỏng có tính thoái biến sinh học được tăng cường mà có thể được sản xuất bằng cách dát mỏng màng có tính thoái biến sinh học. Màng có tính thoái biến sinh học trước tiên có thể bao gồm polybutylen adipat terephthalat (PBAT) hoặc polybutylen succinat (PBS) hoặc hỗn hợp của PBAT và PBS với axit polylactic (PLA) và polyme thoái biến sinh học khác như polybutylen succinat adipat (PBSA), polycaprolacton (PCL), polycaprolacton butylen succinat (PCL-BS) và polydyroxyalkonat (PHA), trong đó trường hợp PLA, hỗn hợp mới của PLA với PHA, hoặc hỗn hợp của PLA với PBAT và PBS, hoặc hỗn hợp của PLA và PHA với PBAT và PBS hoặc polyme thoái biến sinh học khác được sản xuất từ đó. Vải và tấm mỏng mới này có tính thoái biến sinh học được tăng cường trong môi trường chứa vi sinh vật trong khi có thời gian tồn tại tốt và độ bền, tính dẻo và tính uốn tốt. Chất nền vải để được dát mỏng có thể vải dệt, dệt kim hoặc vải không dệt. Màng có tính thoái biến sinh học có thể được sản xuất bằng quy trình tạo màng thổi, quy trình tạo màng đúc tại chỗ, tạo màng nhờ nhiệt, sự tạo thành trong chân không hoặc sự phủ đùn ép. Trong sự

phủ đùn ép của màng lên vải, chất kết dính cần trong hầu hết các quy trình khác thường không cần. Tuy nhiên, cần thiết để gắn kết màng với vải bằng chất kết dính hoặc sự nóng chảy mà có thể cũng có tính thoái biến sinh học.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mặc dù tính thoái biến sinh học của sản phẩm P(3HB-co-4HB) dễ dàng xuất hiện trong đất, bùn hoặc nước biển, tốc độ thoái biến sinh học trong nước không có vi sinh vật vẫn rất thấp (Saito, Yuji, Shigeo Nakamura, Masaya Hiramitsu and Yoshiharu Doi, "Microbial Synthesis and Properties of Poly(3-hydroxybutyrat-co-4-hydroxybutyrat)," *Polymer International* 39 (1996), 169-174). Do đó, thời gian tồn tại của sản phẩm P(3HB-co-4HB) trong môi trường sạch như môi trường bảo quản khô trong bao gói được đóng kín hoặc trong dung dịch làm sạch để lau sạch v.v. rất tốt. Tuy nhiên, khi được đặt trong môi trường bản chứa vi sinh vật như đất, nước sông, bùn đỏ, phân trộn của phân và cát, bùn và nước biển, vải P(3HB-co-4HB) được sắp xếp, vải P(28.56- kết hợp hydroxybutyrat), màng và vật liệu bao gói dễ dàng được thoái biến. Nên lưu ý rằng axit polylactic (PLA) dễ dàng được tạo ra hay cho được thoái biến trong môi trường bản nêu trên. Độ nóng và độ ẩm trong đồng phân trộn thu được trước tiên phải làm gãy polyme PLA thành chuỗi polyme nhỏ hơn mà thoái biến sau cùng thành axit lactic. Sau đây, vi sinh vật trong phân trộn và đất tiêu thụ hết mảnh polyme nhỏ hơn và axit lactic là dinh dưỡng.

Theo đó, hỗn hợp của hydroxybutyrat với PLA có thể thúc đẩy tốc độ thoái biến của sản phẩm trộn được tạo ra từ PHA-PLA như P(3HB-co-4HB). Ngoài ra, sản phẩm được sản xuất bằng cách trộn PHA với PLA kéo dài sự tồn tại của nó trong môi trường sạch. Mặc dù giá của PLA về cơ bản giảm trong suốt 10 năm qua đến chỉ hơn một chút so với giá của polyme tổng hợp như polypropylen và PET polyeste, giá của PHA vẫn duy trì cao gấp hai đến ba lần so với giá của PLA. Điều này là bởi vì PLA được tổng hợp trên quy mô lớn từ axit lactic, trong khi PHA được sản xuất bởi vi khuẩn với nguồn cacbon đặc biệt và phải được chiết ra từ vi khuẩn với dung môi. Do đó, nó không khả thi để thương mại hóa để trộn nhiều hơn 25% PHA với PLA để ép đùn nóng chảy sản phẩm như sợi dệt và dệt kim, vải không dệt, màng, đồ chứa bao gói thực phẩm, v.v..

Bốn nhóm của công thức dung môi mẫu được liệt kê trong các bảng 1-4, nó là chế phẩm 400 kg của dung dịch làm sạch khăn lau sạch (thường là chất lỏng chứa trong bao gói khăn cho em bé); nước sông thu thập từ sông Đông ở Đông Quan của Trung Quốc với bùn đỏ; bùn đỏ thu thập từ sông Đông ở Đông Quan của Trung Quốc; và phân trộn hỗn hợp lần lượt với phù sa, cát và phân bò. Các nguyên liệu khởi đầu nêu trên được trộn với nước cất và hỗn hợp thu được được điều chỉnh đến độ pH trên 7 bằng KOH pha loãng. Hai dung dịch mẫu với công thức tương đồng được sử dụng cho từng quy trình xử lý. Mỗi hộp xử lý chứa mẫu tiếp xúc với quy trình xử lý được đóng nắp và độ pH và tỷ lệ phần trăm chất rắn được xác định mỗi hai tuần. Kết quả trung bình trong bốn tuần đầu tiên về sự tiếp xúc được thể hiện trong bảng 5.

Theo một phương án của sáng chế, hai hỗn hợp của PLA và PHB, tức là 25 Kg của hỗn hợp của 85% PLA (NatureWorks 2002D) và 15% PHB (3HB-co-4HB) cũng như là 25 Kg của hỗn hợp của 75% PLA (NatureWorks 2002D) và 25% PHB (3HB-co-4HB) được trộn nóng chảy và được ép đùn thành viên mà sau đó được vận chuyển đến Biax-Fiberfilm Corporation, Greenville, WI, USA. Các viên này được xe sợi nóng chảy để sản xuất vải thổi nóng chảy (MB) với trọng lượng cơ sở là 50 g/m². Đối với mục đích thử nghiệm so sánh, vải MB 100% PLA (NatureWorks 2002D) cũng được sản xuất. Trong suốt quy trình MB của polyme này, ngày càng trở nên rõ ràng rằng nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ không khí nóng được sử dụng để sản xuất vải quá cao vì polyme 2002D PLA có chỉ số nóng chảy rất thấp (chỉ ra rằng trọng lượng phân tử rất cao của PLA) và nó cần nhiệt độ cao hơn để tăng tính hóa lỏng của MN PLA cho sự ép đùn trơn của nó thông qua vòi phun khuôn đúc thổi nóng chảy. Nhiệt độ nóng chảy của PLA 100% 2002D là 274°C và nhiệt độ không khí nóng là 576°C. Ngược lại, nhiệt độ nóng chảy 266 °C và nhiệt độ không khí nóng 260 °C thường được áp dụng cho PLA loại xe sợi nóng chảy liên kết xoắn với chỉ số nóng chảy 70-80 (*Wadsworth, Larry and Doug Brown, "High Strength, High Quality Meltblown Insulation, Filters and Wipes with Less Energy," Presentation to Guangdong Nonwovens Association Conference, Dongguan, China, November 26-27, 2009*). Do đó, nhờ hai hỗn hợp pha trộn này, thành phần PHB chứa trong đó hiển nhiên trải qua vài sự thoái biến nhiệt, nó được chứng minh bằng nhiều khối đến từ sợi MB được ép đùn và độ bền thấp của vải

MB PLA/PHB được sản xuất. Trong các thử nghiệm sau, dự kiến rằng polyme PLA (NatureWorks PLA 6251 D) với chỉ số nóng chảy cao hơn (là 70-85 và cần cho nhiệt độ xử lý MB thấp hơn nhiều) được áp dụng để được trộn với PHB theo tỷ lệ giống nhau. Ngoài ra, chế phẩm tương tự sử dụng 6251D PLA được dự kiến là được sản xuất trên đường thử nghiệm không dệt liên kết xoắn 1 mét. Điều này thường hoạt động ở nhiệt độ mà chỉ trên một chút so với điểm nóng chảy của PLA và hỗn hợp polyme PLA-PHB sao cho thậm chí ít thoái biến nhiệt xuất hiện. Điều này là bởi vì bước kéo đũi sợi tơ không có trong quy trình MB được thừa nhận trong quy trình SB, và do đó sợi tơ được sản xuất rõ ràng lớn hơn so với sợi được sản xuất từ polyme như vậy. So sánh với vải MB có đường kính 2-8 μm , đường kính trung bình của sợi trong vải SB thường là 12-25 μm . Sự gia công MB và SB thứ hai chế phẩm polyme này sẽ làm giảm hiệu quả thoái biến nhờ nhiệt đến một mức độ tối đa, và do đó sự thoái biến quan sát được trong quy trình thoái biến sinh học chủ yếu là từ thoái biến sinh học. Ngoài ra, vì vải không dệt MB và SB có sự khác nhau lớn về đường kính của chúng, sợi MB nhỏ hơn có diện tích bề mặt lớn hơn và được mong đợi trải qua sự thoái biến sinh học dễ dàng hơn và nhanh hơn.

Vải MB 100% 2002D MB, 85% PLA 2002D/15% PHB và 75% 2002D/25% PLA được cuộn lại để có độ rộng 0,32m và mật độ 50g/m² được chuyển từ Biax-Fiberfilm Company về U.S. Pacific Nonwovens & Technical Textile Technology (DongGuan) Limited đặt ở No.2 East Dyke, Aozhitang Industrial Park, Dongcheng District, Dongguan, Guangzhou Province, China và thuộc U.S. Pacific Nonwovens Industry. Ở đây, 1,5m mỗi vải được ngâm với các phương pháp xử lý khác nhau và sau đó mặt trái được tiếp xúc với chất lỏng xử lý khác nhau cùng với mẫu để được lấy khỏi hộp xử lý, trong khi sự xử lý tương ứng được lặp lại được tiến hành ở khoảng cách 4 tuần, 8 tuần, 12 tuần, 16 tuần và 20 tuần.

Dưới đây là quy trình thử nghiệm đặc biệt. Trước tiên, vải MB PLA và PLA-PHB được bổ sung dung dịch làm sạch khăn lau sạch được bảo quản trong thùng thép rộng và còn tiếp xúc với hộp xử lý. Sau bốn tuần xử lý, mẫu MB trong phân trộn được nhẹ nhàng rửa sạch trong tất ni lông. Sau đó, điều kiện thoái biến tương ứng có thể được quan sát sau khi rửa và làm khô. Nước sông được sử dụng cho vải MB theo cách

giống với cách của dung dịch làm sạch khăn lau sạch. Sau đó vải MB được đặt trong thùng thép rỗng trong hộp xử lý đầy nắp đến khi mẫu 100% MB PLA, 85% PLA-15% PHB, và 75% PLA-25% PHB được loại bỏ khỏi hộp xử lý ở khoảng cách 4 tuần tăng lên tới tổng số 20 tuần. Trong trường hợp bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân, vải được tiếp xúc thêm được đặt trước tiên lên hộp xử lý trong khi đang được ngâm và thấm kỹ dung dịch xử lý. Sau đó, vải được cài vào tất ni lông với một nửa mẫu 1,5m đang được đặt trong một chân và một nửa trong chân còn lại. Sau đó, tất chứa vải được kéo nhẹ lên trên mẫu và làm chìm vào hộp thích hợp chứa bùn đỏ hoặc phân trộn. Bên cạnh đó, hộp xử lý được gắn nhãn bằng dây ni lông cho từng tất. Các mẫu vải được loại bỏ mỗi 4 tuần được đặt lên hộp kim loại với sàng rây ở đáy. Trong trường hợp này, vải dệt kim ni lông được đặt lên đầu của lưới thép, và vải đã xử lý được giặt nhẹ nhàng bằng cách sử dụng nước áp xuất thấp vào lòng bàn tay. Sau đó, vải dệt kim ni lông thứ hai được đặt lên đỉnh của mẫu rửa và vải được lật nhẹ nhàng để rửa mặt khác. Cuối cùng, tất cả vải đã rửa và xử lý được đặt lên bàn giặt khô và làm khô trong hai ngày đến khi khô trước khi đem đến phòng thí nghiệm để kiểm tra. Một phần của mỗi vải được xử lý và làm khô được gửi đến phòng thí nghiệm bên ngoài để phân tích hiển vi điện tử quét để xác định kích thước rách làm kết quả thí nghiệm của quy trình xử lý. Ngoài ra, sắc kí thẩm thấu qua gel được chấp nhận để xác định nếu có vải sự thay đổi và có thể đoán được sự hao hụt trọng lượng phân tử polyme xuất hiện trong suốt quá trình tiếp xúc với sự xử lý khác; và phân tích nhiệt sai được thực hiện để xác định bất kỳ sự thay đổi nào trong pha tinh thể. Sau bốn tuần xử lý, kết quả thử nghiệm đối với đặc tính vật lý của vải được thể hiện trong các bảng. Ở đây, bảng 6A là đặc trưng cho vải 100% 2002D PLA MB, bảng 7A cho mẫu 85% PLA 2002D/15% PHB MB, và bảng 8A cho vải 75% 2002D/25% PHB. Mẫu 100% MB PLA mất 6% độ bền kéo đứt theo hướng máy (machine direction - MD) sau khi tiếp xúc trong dung dịch làm sạch khăn lau sạch trong 4 tuần, trong khi vải 85%PLA/15% PHB và 75%PLA/PHB lần lượt chỉ mất 4% và 1% độ bền kéo đứt theo hướng máy (MD), trong dung dịch làm sạch khăn lau sạch. Tuy nhiên, tất cả 100% PLA, 85% PLA/15% PHB và 75% PLA/25% PHB lần lượt mất 50%, 32% và 65% độ bền kéo rách hình thang theo hướng máy ngang (cross machine direction - CD). Sau 4 tuần trong nước sông, 100% MB PLA mất 26% độ bền kéo đứt MD và 64% độ bền kéo rách CD, và 85% PLA/15%

PHB và 75% PLA/25% PHB lần lượt mất 19% và 22% độ bền kéo đứt MD và 77% và 80% độ bền kéo rách CD. Sau 4 tuần trong bùn đỏ, vải 100% PLA mất 91% độ bền kéo đứt MD và 98% độ bền kéo rách CD, và 85% PLA/15% và 75% PLA/25% PHB lần lượt mất 76% và 75% độ bền kéo đứt MD và 96% và 87% độ bền kéo rách CD. Sau 4 tuần trong phân trộn phù sa/cát/phân bò, 100% PLA mất 94% độ bền kéo đứt MD và 99% độ bền kéo rách CD, và 85% PLA/15% PHB và 75% PLA/25% PHB lần lượt mất 76% và 86% độ bền kéo đứt MD và 99% và 83% độ bền kéo rách CD. Tính thấm khí của tất cả các mẫu tiếp xúc với bùn đỏ và phân trộn tăng, điều này tạo ra giá trị tính thấm khí cao hơn và chỉ ra nhiều cấu trúc khe hở với việc tăng tính thoái biến sinh học. Ít tăng trong tính thấm khí gây ra cho vải MB 100% PLA khi so với vải pha PLA-PHB trong sự xử lý khác. Bên cạnh đó, không có vải nào mất trọng lượng và trên thực tế tăng trọng lượng vì khó để loại bỏ tất cả mảnh vụn xử lý khỏi mẫu mà không gây hư hỏng cho vải.

Hiệu quả tiếp xúc trong các xử lý khác nhau trong 12 tuần của vải 100% 2002D PLA MB, 85% PLA/15% PHB, và 75% PLA/25% PHB lần lượt được thể hiện trong các bảng 6B, 7B, và 8B. Sau khi các vải này được bảo quản trong cuộn bọc nhựa trong 16 tuần, 85% PLA/15% PHB thấp không đáng chú ý trong tính dai bền MB và CD sau 16 tuần bảo quản, trong khi 75% PLA/25% PHB thể hiện 22% hao hụt trong tính dai bền MD và 33% hao hụt trong tính dai bền CD. Như những gì được phát hiện sau 4 tuần tiếp xúc với sự xử lý khác nhau, sau 12 tuần tiếp xúc, tính dai bền MD và CD so với tính dai bền của vải trong nước tương ứng là cao hơn trong dung dịch lau sạch với 100% PLA khi được so sánh với hai hỗn hợp của PLA và PHB. Tất cả các mẫu thể hiện tính thoái biến đáng kể trong nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân sau 12 tuần.

Bảng 1: Công thức dung dịch làm sạch khăn lau sạch nạp vào hai hộp khác nhau

Thành phần	Phần trăm trọng lượng (%)	Trọng lượng (Kg)
Nước tinh khiết	97,56	390,24
Propylen Glycol	1,2	4,8
Lanolin	0,6	2,4
Cocoamphodixetat	0,3	1,2

Polysocbat-20	0,1	0,4
Etylparaben	0,0167	0,0668
Metylparaben	0,0167	0,0668
Propylparaben	0,0167	0,0668
Benzalkonium Clorua	0,075	0,3
Dinatri EDTA	0,075	0,3
Axit xitric	0,01	0,04
Hydrocacbon thơm	0,03	0,120
Tổng	100,0	400 kg (xấp xỉ 400 L)

Bảng 2: Hỗn hợp nước sông trong từng hộp trong số hai hộp

Thành phần	Trọng lượng (Kg)
Nước sông	380
Bùn đỏ	20
Tổng	400 kg

Bảng 3: Hỗn hợp bùn đỏ trong từng hộp trong số hai hộp

Thành phần	Trọng lượng (Kg)
Bùn đỏ	300
Nước sông	100
Tổng	400

Bảng 4: Trọng lượng hỗn hợp phù sa, cát, phân bò và nước cất trong từng hộp trong số hai hộp

Thành phần	Phần trăm trọng lượng (%)	Trọng lượng (Kg)
Phù sa	23	69
Cát	23	69
Phân bò	23	69
Nước cất	31	93

Độ pH được điều chỉnh đến 7,5 bằng 10% Kali hydroxit. (Trọng lượng KOH có trong hỗn hợp với nước cất.)		
Tổng	100	300 kg

Minh họa bảng 4:

69kg phù sa khô (thu được từ sông bởi người làm vườn USP) được bổ sung vào đồ chứa trộn lớn;

69kg phân bò khô được bổ sung, là loại đã được làm vụn thành các mảnh nhỏ bằng máy trộn điện lớn;

69kg cát khô được bổ sung từ từ trong suốt hoạt động trộn;

83kg nước cất được bổ sung từ từ trong suốt hoạt động khuấy;

Trong trường hợp hoàn thành việc trộn, độ pH được phát hiện bằng giấy quỳ hoặc đồng hồ đo pH. Kali hydroxit 10% (được điều chế trong nước cất) được bổ sung từ từ đến khi độ pH đạt 7,5.

Lượng còn lại của nước cất được bổ sung sao cho nước chứa lượng canxi hydroxit là 93kg tổng số. Độ pH được kiểm tra và được điều chỉnh đến 7,5.

Bảng 5: Độ pH và tỷ lệ phần trăm chất rắn trong hộp xử lý cho Biax MB PLA (2002D) and MB PLA (2002D) được trộn với PHB 15% và 25%

Xử lý	Độ pH			Tỷ lệ phần trăm chất rắn		
	Thứ nhất	Lặp lại	Trung bình	Thứ nhất	Lặp lại	Trung bình
Dung dịch làm sạch khăn lau sạch	3,92	3,94	3,93	1,30	1,32	1,31
Nước sông	6,89	6,98	6,94	0,13	0,14	0,14
Bùn đỏ	7,19	7,18	7,18	51,8	50,4	51,1
Phân trộn phù sa/cát/phân	7,36	7,51	7,44	52,4	54,6	53,5

Bảng 6A: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 100% PLA (2002D) sau sản xuất và sau khi tiếp xúc trong bốn tuần với dung dịch làm sạch khăn lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

100% PLA 2002D sau 4 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)		Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)	
				MD	CD	MD	CD		
									% mất
Sau sản xuất	46,4	0,400	2122	31,8	14,0	10,1	57,2	22,1	
Dung dịch làm sạch khăn lau sạch	47,2	0,366	2298	29,9	12,8	6,8	29,8	11,0	50
Nước sông	45,8	0,384	2260	23,6	9,8	3,2	3,8	8,0	64
Bùn đỏ	49,2	0,394	2672	3,0	1,2	3,0	1,2	0,4	98
Phân trộn phù sa/cát/phân	56,8	0,472	2506	1,8	0,6	0,7	0,4	0,2	99

Bảng 7A: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 85% PLA (2002D)/15% PHB sau sản xuất và sau khi tiếp xúc trong bốn tuần trong dung dịch làm sạch khăn lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

85% PLA/15% PHB sau 4 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)		Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)	
				MD	CD	MD	CD		CD
									% mất
Sau sản xuất	57,8	0,455	3134	14,4		9,7	19,8	7,9	
Dung dịch làm sạch khăn lau sạch	52,5	0,536	3876	13,8	4	9,4	13,5	3,4	57
Nước sông	58,8	0,460	3024	11,6	19	7,2	4,2	1,8	77
Bùn đỏ	63,2	0,531	3639	3,4	76	2,2	2,7	0,3	96
Phân trộn phù sa/cát/phân	59,8	0,508	3916	3,5	76	1,4	3,6	0,1	99

Bảng 8A: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 75% PLA (2002D)/25% PHB sau sản xuất và sau khi tiếp xúc trong bốn tuần trong dung dịch làm sạch khăn lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

75% PLA/25% PHB sau 4 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)		Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)	
				MD	CD	MD	CD		CD
				% mất					% mất
Sau sản xuất	53,8	0,387	3740	8,5		5,2	12,0	3,7	
Dung dịch làm sạch khăn lau sạch	56,2	0,344	3708	8,4	1	2,5	4,4	1,3	65
Nước sông	53,6	0,338	3627	6,6	22	1,6	1,8	0,74	80
Bùn đỏ	53,7	0,403	4502	2,1	75	2,6	2,6	0,48	87
Phân trộn phù sa/cát/phân	61,5	0,460	5448	1,2	86	3,6	9,1	0,62	83

Bảng 6B: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 100% PLA (2002D) MB Wet Wipes sau sản xuất sau 3 và 16 tuần và sau khi tiếp xúc trong 12 tuần trong dung dịch lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

100% PLA 2002D sau 12 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)				Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)
				MD	CD		MD	CD		
						% mất				
Sau sản xuất sau 3 tuần	46,4	0,400	2122	31,8		14,0		10,1	57,2	22,1
Sau sản xuất sau 16 tuần	44,8	0,396	2079	32,2	0	12,7	9	7,0	45,4	9,8
Dung dịch lau sạch	46,7	0,41	2328	14,5	54	3,8	73	1,2	1,0	2,3
Nước sông	46,6	0,392	2272	4,9	85	2,4	83	0,6	0,7	0,8
Bùn đỏ	49,2	0,408	2652	0,6	98	0,2	99	0,9	0,2	0,3
Phân trộn phù sa/cát/phân	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*Các mẫu bị phá hủy quá để tiến hành thử nghiệm hóa học.

Bảng 7B: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 85% PLA (2002D)/15% PHB sau sản xuất sau 3 và 16 tuần và sau tiếp xúc 12 tuần trong dung dịch lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

85% PLA/15% PHB sau 12 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)				Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)
				MD		CD		MD	CD	
					% mất		% mất			
										% mất
Sau sản xuất sau 3 tuần	57,8	0,455	3134	14,4		9,7	19,8	32,9	7,9	
Sau sản xuất trong 16 tuần	54,9	0,441	3049	15,0	0	9,5	19,2	31,5	7,1	10
Dung dịch lau sạch	60,6	0,576	3418	10,0	31	5,4	4,2	8,0	2,3	71
Nước sông	61,4	0,506	2853	8,5	41	6,3	5,6	11,4	2,2	72
Bùn đỏ	66,9	0,522	3020	2,5	83	1,9	2,1	2,7	0,6	92
Phân trộn phù sa/cát/phân	62,6	0,490	3152	2,5	83	3,2	2,4	4,8	1,1	86

*Các mẫu bị phá hủy quá để tiến hành thử nghiệm hóa học.

Bảng 8B: Trọng lượng, độ dày, tính thấm khí và đặc tính bền của 75% PLA (2002D)/25% PHB sau sản xuất sau 3 tuần và 16 tuần và sau khi tiếp xúc trong 12 tuần trong dung dịch lau sạch, nước sông, bùn đỏ và phân trộn phù sa/cát/phân

75% PLA/25% PHB sau 12 tuần	Trọng lượng (g/m ²)	Độ dày (mm)	Tính thấm khí (l/m ² .s)	Tính dai bền (N)				Độ giãn (%)		Độ bền kéo rách (N)
				MD		CD		MD	CD	
					% mất		% mất			
Sau sản xuất sau 3 tuần	53,8	0,387	3740	8,5		3,6		5,2	12,0	3,7
Sau sản xuất sau 16 tuần	55,5	0,383	3339	6,6	22	2,4	33	1,5	1,6	1,5
Dung dịch lau sạch	56,8	0,376	3838	4,6	46	1,9	47	1,4	2,2	0,7
Nước sông	46,8	0,346	3182	4,4	48	1,4	61	0,9	0,6	0,5
Bùn đỏ	57,4	0,440	5129	1,1	87	1,1	69	2,0	2,9	0,7
Phân trộn phù sa/cát/phân	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*Các mẫu bị phá hủy quá để tiến hành thử nghiệm hóa học.

Bổ sung vào các nghiên cứu thoái biến sinh học được mô tả trên đây, màng PBAT tinh khiết có độ dày 9 micron (μm) với hoặc không với 20% canxi cacbonat thu được từ người bán ở Trung Quốc. Vistamaxx® thổi nóng chảy (MB) chứa 20% PP thu được từ Biax-Fiberfilm Corporation ở Neenah, WI, USA. PLA liên kết xoắn (SB) có màu đen với màu đen cacbon với trọng lượng không đáng kể 80g/m^2 thu được từ Saxon Textile Research Institute ở Đức. Màng PBAT và PBAT tinh khiết với 20% canxi cacbonat được dát mỏng trong các thử nghiệm riêng biệt thành Vistamaxx MB chứa 20% PP và PLA SA đen sử dụng chất dính nóng chảy với lượng $5\text{-}13\text{ g/m}^2$. Ở điểm này, chất dính nóng chảy thường là $0,5\text{-}12\text{ g/m}^2$ và tốt hơn nếu là $1\text{-}7\text{ g/m}^2$. Ngoài ra, hai lớp SB PLA được dát mỏng và được dính bằng cách sử dụng chất dính nóng chảy. Tất cả nguyên liệu thô và tấm mỏng được kiểm tra như được thể hiện trong bảng 9 về trọng lượng, độ dày, tính dai bền, độ giãn đến đứt gãy, độ bền kéo rách, độ bền xé, tốc độ truyền hơi nước (water vapor transmission rate - WVTR) và không thấm nước. Nên lưu ý rằng đây chỉ là một số mẫu của các phương án khác nhau của sáng chế và ngoài việc sử dụng công nghệ nóng chảy để dính các lớp khác nhau của nguyên liệu dưới đây với nhau, màng PBAT hoặc màng thoái biến sinh học/có thể tạo phân trộn có thể trực tiếp được sử dụng làm nền bằng sự phủ ép mà không cần chất dính. Tấm mỏng có thể tham gia vào hoặc được liên kết với nhau bằng một phần các công nghệ được liệt kê sau như cán láng điểm nhiệt, cán láng toàn bộ hoặc hàn siêu âm. Ngoài ra, thay cho chất kết dính nóng chảy, keo, hoặc chất kết dính có chất nền là nước hoặc dung môi hoặc latec có thể được sử dụng để dính các tấm mỏng với nhau.

Như được thể hiện trong bảng 9, màng PBAT tinh khiết (100%) $9\text{ }\mu\text{m}$ (mẫu 1) có độ giãn tốt theo hướng MD và độ giãn rất cao 300% theo CD. Thử nghiệm về độ bền xé có thể được tiến hành trên các mẫu 1 đến 5 vì tất cả các mẫu rất đàn hồi mà màng và tấm mỏng không gãy vỡ trong suốt thử nghiệm và không xuất hiện biến dạng sau thử nghiệm. Tốc độ truyền hơi nước của mẫu 1 khá cao ở $3380\text{g/m}^2/24$ giờ và không thấm nước ở 549 mm . Màng PBAT chứa 20% canxi cacbonat (CaCO_3) (mẫu 2) có đặc tính giống mẫu 1 với WVTR như vậy và tính không thấm nước thấp hơn. Màng PBAT giống với mẫu 1 và 2 với độ dày nhỏ hơn $6\text{ }\mu\text{m}$ hoặc ít hơn cũng có thể được mong đợi có độ giãn tốt và WVTR cao hơn, mặc dù tính không thấm nước của nó có

thể thấp hơn. Mẫu (MB) thổi nóng chảy 3, chứa 80% Vistamaxx® (polyme có chất nền là polyolefin Vistamaxx cao trong tính đàn hồi và được sản xuất bởi ExxonMobil) và 20% PP có MD rất cao và CD độ giãn khoảng 300% và WVTR rất cao là 8816 g/m²/24 giờ khi vải khá hở. Tuy nhiên, tính không thấm nước của mẫu 3 khá cao ở 1043 mm, điều này chỉ ra nó vẫn có đặc tính ngăn cản tốt. Nên lưu ý rằng 20% PP được bổ sung vào viên polyme Vistamaxx và được trộn cơ học trước khi việc trộn được đưa vào máy đùn MB và được làm nóng chảy sao cho vải Vistamaxx MB sẽ không quá dính. Nếu Vistamaxx 100% là thổi nóng chảy, nó sẽ rất dính, tạo khối trên cuộn và khó khăn để tháo cuộn cho việc cán mỏng hoặc sử dụng sau đó. Tuy nhiên, khả thi nhất để thổi nóng chảy 100% Vistamaxx nếu MB Vistamaxx được cán mỏng theo đường kẻ với màng như PBAT hoặc PBS với hoặc không với CaCO₃ hoặc với vải lót hoặc vải không dệt khác. Trên thực tế có thể không cần thiết để sử dụng chất kết dính vì 100% Vistamaxx hoặc nồng độ cao hơn của Vistamaxx đã rất dính sẵn.

So sánh với việc áp dụng duy nhất Vistamaxx, sự cán mỏng PBAT tinh khiết và PBAT chứa 20% CaCO₃ với Vistamaxx sử dụng chất dính nóng chảy đặc biệt tăng tính dai bền MD và tính dai bền CD. Các mẫu này cũng có độ giãn MB rất cao và độ giãn CD đặc biệt cao (390% đối với mẫu 4 và 542% đối với mẫu 5). Ngoài ra, các mẫu 4 và 5 có giá trị MVTR đặc biệt cao là 1671 và 1189 g/m²/24 giờ và tính chống thấm cao lần lượt là 339 và 926 mm H₂O. Nên lưu ý rằng màng PBAT có thể được phủ ép đùn trực tiếp lên MB 100% Vistamaxx hoặc lên MB Vistamaxx với một ít PP với hoặc không sử dụng chất dính nóng chảy, và quy trình phủ ép đùn có thể cho phép màng PBAT mỏng hơn nhiều được sử dụng, có thể thấp nhất là 4 hoặc 5 μ m, với MVTR tạo ra cao hơn như có thể tính chống thấm thấp hơn.

SB PLA đen với trọng lượng đích là 80 g/m² có tính dai bền MD là 104 N và tính dai bền CD 31 N, trong khi độ giãn MD của nó thấp đến 3,6% và độ giãn CD cao đến 30,7%. Độ bền xé của nó là 177 KN/m², WVTR khá cao ở 8322 g/m²/24 giờ và tính chống thấm đáng kể là 109 mm. Tính dai bền MD và tính dai bền CD của SB PLA 80 g/m² đen, mà được cán mỏng thành PBAT tinh khiết với chất dính nóng chảy, cao hơn so với chỉ có SB PLA lần lượt là 107 và 39 N, nhưng độ giãn CD của nó chỉ là 9,8%. Tuy nhiên, PBAT cán mỏng từ SB PLA có độ bền xé cao hơn ở 220 KN/m².

Tính thoáng khí vẫn tốt với WVTR là $2459 \text{ g/m}^2/24 \text{ giờ}$ và tính chống thấm rất cao là $3115 \text{ mm H}_2\text{O}$. SB PLA được cán mỏng với PBAT chứa 20% CaCO_3 có đặc tính tương tự mẫu 8, mong đợi rằng tính chống thấm vẫn cao ở $2600 \text{ mm H}_2\text{O}$ trở nên thấp hơn. Sự cán mỏng SB PLA với màng PBAT mỏng hơn, và đặc biệt với màng PBAT mỏng hơn được lắng xuống bởi sự phủ đùn ép, tấm phủ bảo vệ sản phẩm dùng trong dược phẩm, công nghiệp hoặc thể thao. Về vấn đề này, sự cán mỏng có MVTR cao để mặc thoải mái và tính chống thấm cao để bảo vệ ngăn cách. Sự bảo vệ ngăn cách còn có thể được tăng cường bằng cách sử dụng hồ vải chống thấm (silicon flo hóa học hoặc loại khác của chất hồ vải chống thấm) cho hoặc mặt màng PBAT hoặc SB PLA trên mặt kia trước hoặc sau khi dát mỏng với màng. Sự tăng cường khác là sự cán mỏng của MB PLA với SB PLA trước hoặc sau khi dát mỏng với màng. Chất hồ vải không thấm nước còn có thể có khả năng được bổ sung vào polyme nóng chảy được sử dụng để sản xuất ví dụ, màng PBAT, SB hoặc MB PLA.

Khi hai lớp SB PLA được tạo liên kết dính nóng chảy cùng nhau để sản xuất mẫu 9, tính bền MD và CD và độ bền xé về cơ bản là gấp hai lần so với một lớp của mẫu 6. Tính dai bền MD và CD đích và giá trị độ giãn đến đứt gãy (% độ giãn) tương ứng của băng đeo nâng bệnh nhân được sản xuất từ SB PP 110 g/m^2 ít nhất lần lượt là 200 và 140 N/5cm . Như được thể hiện trong bảng 9, tính dai bền MD của hai lớp kết dính của SB PLA là 215 N nhưng tính dai bền CD của nó chỉ khoảng 50% mức độ yêu cầu. Ngoài ra giá trị % độ giãn MD và CD thấp hơn nhiều so với mức tối thiểu yêu cầu là 40%. Độ giãn MD và CD của SB PLA có thể được cải thiện bằng cách trộn PBAT từ 5 đến 60% (tốt hơn là từ 20 đến 50% PBAT) với PLA trước sự đùn ép của vải SB. Ngoài ra, PBAT và PBS có thể được trộn với PLA để đạt được vải có tính dai bền MD và tính dai bền CD và giá trị độ giãn cũng như là tính ổn định tiếp xúc nhiệt. Ngoài ra, mạng sợi tơ SB có thể được liên kết bằng quy trình khác sự cán lắng điểm nhiệt để đạt được độ bền và độ giãn đa hướng lớn hơn để bao gồm phương pháp làm rối bằng tia nước và phương pháp sản xuất xuyên kim. SB PLA xuyên kim được sản xuất ở trọng lượng lớn hơn so với 110 g/m^2 mà không cần cán mỏng và liên kết hai hoặc nhiều vải SB PLA cùng với nhau để đạt được độ bền và giá trị độ giãn yêu cầu.

Bảng 9: Độ bền và đặc tính ngăn cản của tấm mỏng của màng PBAT với Vistamaxx® thổi nóng chảy (MB) và PLA liên kết xoắn (SB) và của tấm mỏng hai lớp SB PLA

Mẫu số, mô tả	Trọng lượng g/m ²	Độ dày mm	Tính dai bền N/5 cm		Độ giãn %		Độ bền dai Trapzoid, N		Độ bền rách KN/m ²	WVTR g/m ² 24 hr	Tính chống thấm mm H ₂ O
			MD	CD	MD	CD	MD	CD			
1/Màng PBAT tinh khiết, 9 µm	8,9	0,009	10,0	5,1	67,7	307,6	1,5	14,6	*DNB	3380	549
2/ Màng PBAT với 20% CaCO ₃	9,3	0,010	8,9	4,1	48,1	296,3	1,8	8,0	DNB	2803	415
3/MB Vistamaxx & 20% PP	42,1	0,229	17,2	11,6	304,0	295,8	16,0	8,6	DNB	8816	1043
4/ Màng PBAT + Vistamaxx	63,9	0,242	31,4	16,0	179,5	390,0	24,6	8,5	DNB	1671	339
5/ Màng PBAT + 20% CaCO ₃ + Vistamaxx	65,3	0,249	25	17,7	116,6	541,9	22,0	10	DNB	1189	926
6/ 80 gsm SB PLA đen	81,3	0,580	102,4	30,7	3,6	30,7	6,2	12,0	177	8322	109
7/ 80 gsm SB PLA đen + màng PBAT tinh khiết	101,3	0,584	107,0	39,2	4,6	9,8	8,5	20,7	220	2459	3115

8/ 80 gsm SB PLA đen + màng PBAT -20% CaCO ₃	96,5	0,557	97,0	36,3	4,9	8,0	9,3	19,0	151	2353	2600
9/2 các lớp của SB PLA đen được liên kết bằng 3 gsm nóng chảy	183,6	1,060	215,3	76,8	4,9	9,4	14,7	22,5	503	7886	70

*DNB – không đứt gãy do độ đàn hồi cao

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Màng có tính thoái biến sinh học bao gồm PHA (polyhydroxyalkonat) và PLA (axit polylactic) và sợi xenluloza, trong đó thành phần của PLA là từ 75% đến 85% theo phần trăm khối lượng, và PHA là PHB hoặc PHV (Poly 93-hydroxyvalerat), hoặc copolyme hoặc hỗn hợp của PHB và PHV;

trong đó PHB là P(3HB-co-4HB) được polyme hóa bằng 3HB và 4HB, và phần trăm mol của 4HB là 28%;

trong đó màng có tính thoái biến sinh học được tạo cấu hình để sản xuất màng, vật chứa chất rắn và chất lỏng, bao gói cứng hoặc mềm dẻo, vải dệt, dệt kim và vải không dệt với sợi mảnh và sợi xơ ngắn, và sản phẩm tổng hợp của vải và màng;

vải không dệt được sản xuất thông qua xe sợi nóng chảy bao gồm quy trình liên kết xoắn và nóng chảy được liên kết bằng chất dính ướt hoặc chất dính khô;

vải không dệt thu được bằng phương pháp sản xuất xuyên kim, tạo tia nước, sự cán láng nhờ nhiệt, gắn kết nhiệt không khí thông qua không khí nóng hoặc các quy trình gia nhiệt sau bao gồm vi sóng, sóng cực tím, hàn, gia nhiệt bằng tia hồng ngoại xa và gia nhiệt bằng tia hồng ngoại gần;

trong đó sản phẩm tổng hợp của vải và màng là màng hoặc vải được dát mỏng kết hợp với sự tạo lớp bằng cách xe sợi, phương pháp sản xuất xuyên kim, sự phân lớp không khí của bột giấy hoặc sợi, hoặc quy trình tạo tia nước;

trong đó màng có tính thoái biến sinh học bao gồm màng có tính thoái biến sinh học và PBAT (polybutylen adipat terephthalat), và tỷ lệ pha trộn ít tương thích nhất của PBAT và PLA của màng có tính thoái biến sinh học là 1:1 theo phần trăm khối lượng.

2. Màng có tính thoái biến sinh học theo điểm 1, trong đó màng hoặc vải được dát mỏng bao gồm loại liên kết xoắn-thối nóng chảy-liên kết xoắn nhiệt hoặc loại liên kết siêu âm, và trong đó sản phẩm tổng hợp được sử dụng cho quần áo bảo hộ công nghiệp và quần áo bảo hộ y tế.

3. Màng có tính thoái biến sinh học theo điểm 1, trong đó sản phẩm tổng hợp bao gồm lớp giữa lọc thối nóng chảy tồn tại dưới dạng lớp phủ bên ngoài và bên trong thông qua

sự liên kết kéo sợi và khâu hoặc tạo liên kết nhiệt hoặc siêu âm lên các mép.

4. Tấm mỏng có tính thoái biến sinh học bao gồm màng có tính thoái biến sinh học theo điểm 1 và PBS (poly(butylen succinat));

trong đó thành phần của PBS là từ 5% đến 20% theo phần trăm khối lượng trong tấm mỏng có tính thoái biến sinh học, và trong đó bao gồm hỗn hợp của PBS và PBAT, và màng có tính thoái biến sinh học theo điểm 1.