

Bài báo khoa học

Đánh giá tiềm năng về sự phát triển và khả năng ứng dụng sợi cellulose tự nhiên của Việt Nam theo hướng kinh tế tuần hoàn

Nguyễn Vũ Việt Linh¹, Đoàn Văn Huy¹, Đặng Trương Nhân¹, Trần Thanh Tâm^{2*}

¹Khoa Khoa học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh
17130017@student.hcmute.edu.vn; 17130030@student.hcmute.edu.vn;
linhnvv@hcmute.edu.vn

²Trường Đại học Tài Nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh;
tttam@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ttam@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-862386805

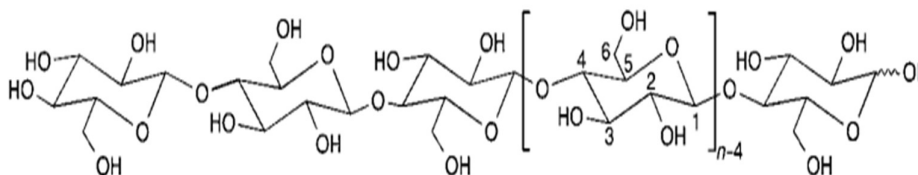
Ban Biên tập nhận bài: 8/12/2021; Ngày phản biện xong: 1/4/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Sợi cellulose là một nguồn nguyên liệu phổ biến nhất trong tự nhiên và dồi dào ở Việt Nam. Tính đến thời điểm hiện tại, sợi cellulose đã được sử dụng trong rất nhiều ứng dụng trong đời sống. Sợi cellulose có các đặc tính quan trọng như cấu trúc dạng sợi tự nhiên, cơ tính tốt, phân hủy sinh học và thân thiện với môi trường. Các nghiên cứu về ứng dụng của sợi cellulose được tổng quan và đánh giá trong bài viết này. Ngoài các ứng dụng thông thường, sợi cellulose với cấu trúc sợi nano cellulose còn được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực như y học, dược phẩm, mỹ phẩm, xử lý chất thải và vv. Các ứng dụng và đánh giá tiềm năng phát triển của sợi cellulose tự nhiên của Việt Nam được đề cập tới trong bài viết này. Việt Nam nằm ở vùng nhiệt đới tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển các nguồn nguyên liệu có chứa hàm lượng sợi cellulose lớn và đa dạng. Bài viết đánh giá tiềm năng phát triển ứng dụng trong tương lai của nguồn sợi cellulose tại Việt Nam là rất lớn. Tiềm năng này sẽ góp phần vào việc định hướng nghiên cứu, phát triển ứng dụng của sợi cellulose theo hướng kinh tế tuần hoàn trong tương lai.

Từ khóa: Cellulose tự nhiên; Tiềm năng; Kinh tế tuần hoàn.

1. Đặt vấn đề

Sợi cellulose là nguyên liệu thô tự nhiên phong phú nhất với tổng sản lượng từ 10^{11} – 10^{12} tấn/năm [1]. Nó là một loại polymer tự nhiên có sẵn, có thể phân hủy sinh học và tái tạo, cấu trúc dạng sợi, dài, không tan trong nước và giúp duy trì cấu trúc của thành tế bào của thực vật, tế bào trứng và tảo [2]. Các sản phẩm dựa trên Cellulose được phân loại thành ba nhóm khác nhau dựa trên các dạng của Cellulose, bao gồm: monomer có nguồn gốc từ Cellulose để sản xuất chất tạo màng sinh học; sản phẩm dựa trên sợi Cellulose và các dẫn xuất của Cellulose; và các sản phẩm dựa trên Nanocellulose [3].



Hình 1. Cấu trúc phân tử của sợi cellulose [4].

Cellulose được tạo thành từ hàng nghìn đơn vị D-glucose. Các đơn vị này liên kết với nhau thông qua liên kết β -1,4-glicozit [5]. Cellulose là chuỗi polymer tự nhiên với cấu trúc phân tử không phân nhánh. Các chuỗi cao phân tử của glucozơ được sắp xếp theo một mô hình tuyến tính. Không giống như tinh bột hoặc glycogen, các chuỗi này không trải qua bất kỳ quá trình cuộn, xoắn hoặc phân nhánh nào. Các chuỗi này được sắp xếp song song với nhau. Các liên kết hydro được hình thành giữa các chuỗi này do các nguyên tử hydro và nhóm hydroxyl giữ chặt các chuỗi lại với nhau. Điều này dẫn đến sự hình thành các sợi nhỏ cellulose chắc và bền. Cellulose có mạch thẳng và cellulose thường gặp có dạng sợi. Sợi bông gòn, bông vải hay sợi xơ dừa cấu thành từ sự xoắn hay chập vào nhau của vô số các đại phân tử cellulose chung quanh một trục chung [5].

Cellulose và nhiều sản phẩm cellulose thân thiện đối với môi trường vì có khả năng phân hủy sinh học. Cellulose cho thấy các tính chất đặc trưng như tính ưa nước, tiềm năng như một chất hấp thụ, không độc hại, biến đổi hóa học dễ dàng, tính chất cơ học tốt, và cuối cùng nhưng không kém phần quan trọng, khả năng vứt bỏ sau khi sử dụng mà vẫn an toàn [6]. Có thể sử dụng một lượng lớn nguyên liệu thô từ các nguồn khác nhau để làm chất hấp thụ ở nhiều dạng khác nhau như cellulose thô, cellulose biến tính hoặc ACs, nhằm loại bỏ các chất ô nhiễm như thuốc nhuộm, phenol, kim loại, thuốc trừ sâu, v.v. từ nước [7].

Sợi tự nhiên gần đây đã thu hút sự chú ý của các nhà khoa học và công nghệ vì những ưu điểm mà sợi này mang lại nhằm phát triển để thay thế cho các loại vật liệu như kim loại, nhựa, sợi tổng hợp,... và ứng dụng với nhiều ngành nghề, lĩnh vực khác như cách âm, xử lý nước thải, hấp thụ dầu loang,... (Bảng 1–4). Gần đây, sợi nano-cellulose được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như hấp thụ kim loại, cảm biến, composite (Bảng 2). Ngoài ra, chiết suất hoặc monomer từ cellulose cũng được nghiên cứu nhiều cho các ứng dụng khác (Bảng 3 và 4). Sợi tự nhiên có lợi thế về nguồn nguyên liệu dồi dào, giá thành rẻ, có khả năng phân hủy sinh học, chịu mài mòn tốt, dễ xử lý. Tuy nhiên, một số hạn chế gặp phải như tính thấm nước, không tương thích với nền polymer kỵ nước, khả năng chống âm kém làm giảm đáng kể tiềm năng phát triển của sợi thiên nhiên [8]. Sợi thiên nhiên có khả năng ứng dụng cao sản xuất ra các sản phẩm đa dạng, phong phú.

Bảng 1. Thống kê các ứng dụng của sợi cellulose.

Ứng dụng	Nguồn	Dẫn chứng
Ô tô	Lanh, day, xơ dừa	[9]
Hydrogel	Lanh, bông, ...	[10]
Hấp thụ dầu	Bông...	[11]
May mặc	Bông, lanh ,day..	[12]
Cách âm	Bông, xơ dừa...	[13]
Xử lý nước thải	Xơ dừa	[14]
Gỗ nhân tạo	Xơ dừa, lanh, day...	[8]

Bảng 2. Ứng dụng của sợi cellulose có cấu trúc nano mét.

Loại nano cellulose	Kết quả	Ứng dụng
CNF – Cellulose Nano Fiber	Cho thấy độ ổn định cơ học và hóa học cao. Phục hồi 94% hình dạng của nó trong nước.	Bọt biển/ hấp phụ đồng [15]
CNC – Cellulose Nanocrystals	Biến đổi màu sắc khi tiếp xúc với NH_3 , H_2O , HCl , H_2O , acid acetic	Phù/ cảm biến hóa học [16]
BC – Bacterial Cellulose	Mang lại nhiều đặc tính cơ học, mức độ dị hướng cao	Nanocomposites [17]

Bảng 3. Ứng dụng của các vật liệu tổng hợp dựa trên cellulose.

Vật liệu tổng hợp dựa trên cellulose	Kết quả	Ứng dụng
Carbon nanotube/ cellulose fibers composite papers	Tăng cường tính chất điện và tính ổn định nhiệt. Khả năng hấp thụ vi sóng trong phạm vi 10,5 GHz	Lá chắn điện từ và các ứng dụng công nghệ sinh học [18]
Cellulose diacetate/ màng cellulose nanocomposite	Tăng độ bền kéo, mô-đun young và độ căng khi đứt.	Vật liệu tổng hợp nano hiệu suất cao [19]
Cellulose lyocell fibers/ cellulose acetate butyrate composite	Tăng mô đun Young, Tăng cường độ kéo, độ hút nước và khả năng phân hủy sinh học.	Hấp thụ nước [20]

Bảng 4. Thống kê về quy trình tổng hợp monomer từ sợi cellulose.

Monomer chiết từ cellulose	Quá trình	Polymer/hóa chất	Quá trình
Ethanol	Chuyển đổi ethanol bằng cách lên men	Etylen, Polyetylen, polyetylen oxit, polyvinyl clorua, polystyren	Sản xuất etylen bằng cách khử nước etanol ở nhiệt độ cao
LA (lactic acid)	Lên men đường	(1) Acrylic acid, 2,3-pentanedione, acetaldehyde, and propionic acid (2) propylene glycol, polycarbonates, polyurethanes, and polypropylene oxide) or pyruvic acid (3) alkyl lactates (4) PLA	1) Sự khử nước của LA kết hợp với các phản ứng khác (2) Khử và oxy hóa (3) Este hóa (4) Trùng hợp trực tiếp, trùng hợp mở vòng
Sorbitol	Hydro hóa hoặc thủy phân trực tiếp	Sorbitol, Isosorbide (base of polymers such as polyesters, polyamides, polycarbonates, polyurethanes, etc.), glycerol, propylene, ethylene glycol	Phản ứng thủy phân khử nước hoặc hydrodeoxy hóa

2. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng của sợi thiên nhiên trên thế giới

Trên thế giới, thị trường về các sản phẩm xuất phát từ nguồn sợi cellulose tập trung chủ yếu ở các nước trong vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới – vùng có điều kiện tự nhiên phù hợp với sự phát triển của sợi cellulose. Các nước có nguồn nguyên liệu từ sợi cellulose dồi dào như: Trung Quốc, Ấn Độ, các nước Đông Nam Á, Mỹ, Mexico, các nước Tây Âu (Bảng 5). Các sản phẩm trên thị trường từ nguồn nguyên liệu sợi tự nhiên rất đa dạng và phong phú như sợi chỉ, thảm, giấy, vải,... (Bảng 5).

Bảng 5. Sợi thiên nhiên và thị trường sản xuất chính trên thế giới [10].

Sợi tự nhiên	Những nhà sản xuất chính	Sản phẩm trên thị trường	Nguyên liệu	Hình ảnh sản phẩm minh họa
Cotton	China, USA, India, Pakistan	Vải dệt: thảm định, đồ nội thất gia đình, bọc, không dệt, giấy đặc sản, cellulose, y tế và vệ sinh, vật tư (chất hấp thụ ưa nước)	Linter, hạt bông, thân cây	
Kapok	Indonesia	Gối, nệm	Hạt giống, gỗ	

Sợi tự nhiên	Những nhà sản xuất chính	Sản phẩm trên thị trường	Nguyên liệu	Hình ảnh sản phẩm minh họa
Jute	India, Bangladesh	Thảm sợi, vải bố, thảm lau	Thân cây (gây)	
Kenaf	China, India, Thailand			
Flax	China, France, Belgium, Belarus, Ukraine	Vải dệt, vật liệu tổng hợp không dệt, thảm cách nhiệt, giấy chuyên dụng	Hạt giống, mùn	
Hemp	China			
Ramie	China	Vải dệt	Lá, thân	
Abaca	Philippines, Ecuador	Giấy specialty, túi trà	Lá, trái	
Sisal	Brazil, China, Tanzania, Kenya	Chỉ và dây thừng	Chất xơ ngắn, trái, thân cây	
Henequen	Mexico			
Coir	India, Sri Lanka	Chỉ, dây thừng, thảm, bàn chải, nệm, vải địa kỹ thuật, sản phẩm làm vườn	Copra, nước, vỏ, pith, gỗ, lá	
Wood	Australia, China, New Zealand	Mặc dệt kim	Phụ phẩm từ cừ, phô mai	
Silk	China, India	Quần áo đẹp, veis, khăn tay	Giun, kén, trái cây, gỗ	

3. Đánh giá về tiềm năng phát triển sợi thiên nhiên ở Việt Nam

3.1. Đánh giá tiềm năng

Theo thống kê số liệu từ bảng cho thấy Việt Nam có nguồn nguyên vật liệu từ sợi thiên nhiên rất đa dạng và phong phú. Diện tích trồng trọt cũng như phân bố nguồn nguyên liệu có sợi tự nhiên ở hầu hết các tỉnh thành ở Việt Nam theo như chuối, dừa, đay, lanh, bông gòn, mía, lúa, bông.... Tuy vậy, nguồn nguyên liệu hiện tại đang phân bố rải rác với lượng nhỏ. Ngoài ra, các công trình nghiên cứu về sợi tự nhiên còn ít. Với tiềm năng về nguồn nguyên liệu dồi dào, Việt Nam có khả năng phát triển các sản phẩm từ sợi tự nhiên rất lớn trong tương lai. *Bảng 7* nêu ra các ứng dụng và tiềm năng của sợi tự nhiên trong các sản phẩm có khả năng sản xuất thương mại trên thị trường.

Bảng 6. Nguồn nguyên liệu sợi tự nhiên của Việt Nam rất phong phú và đa dạng từ các loại cây trồng nông nghiệp khác nhau như chuối, dừa, đay, lanh, bông gòn, mía, lúa, bông.... Tuy vậy, nguồn nguyên liệu hiện tại đang phân bố rải rác với lượng nhỏ. Ngoài ra, các công trình nghiên cứu về sợi tự nhiên còn ít. Với tiềm năng về nguồn nguyên liệu dồi dào, Việt Nam có khả năng phát triển các sản phẩm từ sợi tự nhiên rất lớn trong tương lai. *Bảng 7* nêu ra các ứng dụng và tiềm năng của sợi tự nhiên trong các sản phẩm có khả năng sản xuất thương mại trên thị trường.

Bảng 6. Thống kê về loại, diện tích và sản lượng nguyên liệu sợi cellulose tại Việt Nam.

Loại sợi	Diện tích, sản lượng	Khu vực trồng chủ yếu
Sợi chuối	200.000 ha (ước tính có thể cung cấp lượng sợi khoảng 200.000 tấn/năm)	Đồng Nai, Sóc Trăng, Cà Mau,...
Sợi xơ dừa	168.646 ha (sản lượng dừa 1,5 triệu tấn năm 2020)	Các tỉnh miền Tây (Bến Tre, Trà Vinh, Tiền Giang,...)
Tơ sen	>3000 ha	Hưng Yên, Hải Dương, Thái Bình, Nghệ An, đồng bằng sông Cửu Long,...
Sợi gai dầu	—	Vùng núi phía bắc
Sợi đay	—	Đồng bằng sông Hồng
Sợi tre	1.5 triệu ha (350–380 triệu cây hàng năm)	Thanh Hóa, Nghệ An, Đắk Nông, Đắk Lắk, Đồng Nai,...
Sợi lanh	—	Phía Tây bắc
Rơm rạ	42–43 triệu tấn	Đông Nam Bộ, đồng bằng sông Cửu Long, sông Hồng...
Sợi bông gòn	—	Các tỉnh miền bắc và bắc trung bộ
Bã mía	127.446 ha (7,5 triệu tấn) năm 2020	Trung du miền núi phía bắc, Duyên hải nam trung bộ, Tây nguyên, đb sông cửu long...
Sợi bông (cotton)	<300 ha (0.1 nghìn tấn) năm 2020	Tây Nguyên (Đắk Lắk, Đắk Nông, Gia Lai,...), Tây Bắc, Bình Thuận,...

Bảng 7. Đánh giá ứng dụng và tiềm năng của các loại sợi cellulose phổ biến tại Việt Nam.

Loại sợi	Ứng dụng hiện tại	Tiềm năng
Sợi chuối	Cây chuối chủ yếu dùng để lấy quả, một số ít tận dụng được lá khô, lá tươi, hoa tươi, bẹ chuối,... Thân chuối gần như 100% là chất bỏ, gây lãng phí và ô nhiễm môi trường.	Thủ công mỹ nghệ, làm giấy, phân bón hữu cơ làm từ chuối,...
Sợi xơ dừa	Trang trí, ngăn xói mòn, chất độn chống sốc, cách nhiệt,...	Làm vật liệu composite, thay thế cho gạch men,...
Tơ sen	Sử dụng trong làm vải may mặc thay thế lụa tơ tằm	Vải
Sợi tre	Thời trang và may mặc, chống xói mòn đất, kháng khuẩn, thủ công mỹ nghệ,...	Vải
Rơm rạ	Làm phân bón, làm môi trường để trồng nấm, nguyên liệu cho các ngành công nghiệp,...	Sản xuất dầu diesel, làm vật liệu composite, ...
Bã mía	Nguyên liệu đốt, phân bón, thức ăn chăn nuôi, bao bì phân hủy sinh học, ...	Than sinh học, giấy

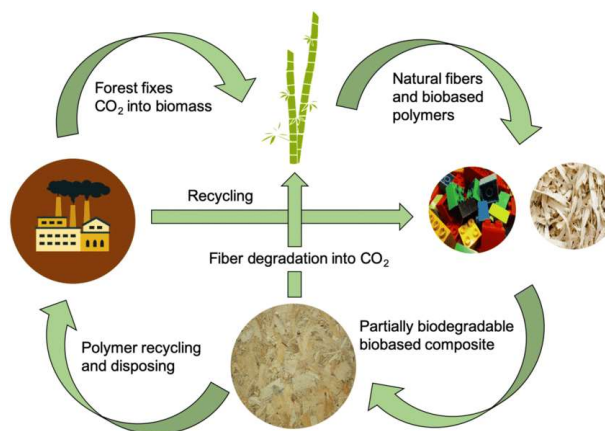
Sợi bông
(cotton)

Làm vải, thấm hút dầu, ...

Vải

3.2. Tổng quan về kinh tế tuần hoàn

Kinh tế tuần hoàn (*KTTH–Circular Economy*) là cách tiếp cận phát triển kinh tế mới hơn, hướng tới việc kết nối điểm cuối của quá trình ấy trở lại với điểm đầu, thậm chí khôi phục và tái tạo các vật chất ở cuối mỗi vòng khai thác, sản xuất, phân phối và tiêu dùng, giữ cho vật chất được sử dụng lâu nhất có thể. Trên thực tế, khái niệm KTTH đã sớm được đưa ra từ những năm 60 và 70 của thế kỷ XX bởi các nhà kinh tế như Boulding năm 1966 [22], các kiến trúc sư và nhà phân tích công nghiệp như Stahel & Reday–Mulvey năm 1976, sau đó đã trải qua nhiều năm phát triển và hoàn thiện. Tới nay, khái niệm KTTH được thừa nhận rộng rãi nhất là do tổ chức Ellen MacArthur Foundation đưa ra tại Hội nghị Kinh tế toàn cầu năm 2012 [23]: “Kinh tế tuần hoàn là một hệ thống có tính khôi phục và tái tạo thông qua các kế hoạch và thiết kế chủ động. Nó thay thế khái niệm “kết thúc vòng đời” của vật liệu bằng khái niệm khôi phục, chuyển dịch theo hướng sử dụng năng lượng tái tạo, không dùng các hóa chất độc hại gây tổn hại tới việc tái sử dụng và hướng tới giảm thiểu chất thải thông qua việc thiết kế vật liệu, sản phẩm, hệ thống kỹ thuật và cả các mô hình kinh doanh trong phạm vi của hệ thống đó.”



Hình 2. Sơ đồ nền kinh tế tuần hoàn sản xuất vật liệu tổng hợp từ sợi dừa [21].

Để phát triển nhanh và bền vững, giải quyết hài hòa mối quan hệ giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường. Với sự phát triển kinh tế ngày càng tăng kéo theo nguồn nguyên vật liệu ngày càng khan hiếm, khả năng tái tạo giảm. Việt Nam đang tiếp cận để thay thế những nguyên vật liệu vừa mang tính ứng dụng, thân thiện với môi trường. Sự phát triển của một nền kinh tế bền vững, cho phép cải thiện mức sống mà không làm cạn kiệt tài nguyên trong tương lai. Với khả năng phân hủy sinh học sợi thiên nhiên được xem là nguồn nguyên, vật liệu được sử dụng hướng đến sự phát triển bền vững. Với khả năng ưu điểm của sợi thiên nhiên hiện nay đã có những ứng dụng trong việc làm vật liệu gia cường thay thế cho cốt thép; sợi tổng hợp (sợi thủy tinh), ứng dụng trong ngành lâm nghiệp thay thế gỗ, tấm vách ngăn [20–21].

4. Kết luận

Bài viết đã tổng quan về cấu trúc, đặc tính và các ứng dụng của sợi cellulose có nguồn gốc tự nhiên từ các loài thực vật phổ biến. Các tổng hợp về nguồn nguyên liệu và ứng dụng đã được đề cập và thể hiện tiềm năng nghiên cứu ứng dụng lớn của sợi cellulose trên thế giới. Đặc biệt, các ứng dụng của sợi cellulose có cấu trúc nano đang được quan tâm và đầu tư nghiên cứu nhiều của các nhà khoa học trên thế giới. Tại Việt Nam, nguồn nguyên liệu có cấu trúc sợi cellulose được đánh giá là đa dạng và rất dồi dào. Điều này tạo ra tiềm năng về Hội nghị khoa học toàn quốc “Chuyển đổi số và công nghệ số trong Khoa học Trái đất, Mỏ và Môi trường” (EME 2021)

nghiên cứu và phát triển ứng dụng trong tương lai. Nhằm hướng đến phát triển bền vững, các ứng dụng của sợi cellulose theo hướng kinh tế tuần hoàn được đánh giá là tiềm năng phát triển lớn cho Việt Nam trong tương lai gần.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.T.T.; Điều tra, khảo sát, phân tích số liệu: Đ.V.H., Đ.T.N., N.V.V.L., T.T.T.; Viết bản thảo bài báo: Đ.V.H., Đ.T.N.; Chỉnh sửa bài báo: N.V.V.L., T.T.T.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các bài báo trong và ngoài nước đã tạo điều kiện cung cấp cho nhóm các số liệu cần thiết để hoàn thành bài báo này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Nechyporchuk, O.; Belgacem, M.N.; Bras, J. Production of cellulose nanofibrils: A review of recent advances. *Ind. Crops Prod.* **2016**, *93*, 2–25. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.02.016.
2. Suhas, V.K.; Gupta, P.J.M.; Carrott, R.; Singh, M.; Chaudhary, S. Kushwaha. Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent. *Bioresour. Technol.* **2016**, *216*, 1066–1076. doi: 10.1016/j.biortech.2016.05.106.
3. Shaghaleh, H.; Xu, X.; Wang, S. Current progress in production of biopolymeric materials based on cellulose, cellulose nanofibers, and cellulose derivatives. *RSC Adv.* **2018**, *8*(2). doi: 10.1039/c7ra11157f.
4. Chami Khazraji, A.; Robert, S. Self-assembly and intermolecular forces when cellulose and water interact using molecular modeling. *J. Nanomater.* **2013**, *2013*. doi: 10.1155/2013/745979.
5. Klemm, D.; Heublein, B.; Fink, H.P.; Bohn, A. Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angew. Chemie Int. Ed.* **2005**, *44* (22), 3358–3393. doi: 10.1002/anie.200460587.
6. Klemm, D.; Philipp, B.; Heinze, T.; Heinze, U.; Wagenknecht, W. Comprehensive Cellulose Chemistry. *Compr. Cellul. Chem.* **1998**, *1*, 1–4. doi: 10.1002/3527601937.
7. Lv, G.; Wu, S. Analytical pyrolysis studies of corn stalk and its three main components by TG–MS and Py–GC/MS. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2012**, *97*, 11–18. doi: 10.1016/j.jaap.2012.04.010.
8. Nabi, D.; Jog, J.P. Natural Fiber Polymer Composites: A Review. *Adv. Polym. Technol.* **1999**, *18*(4), 351–363.
9. Verma, D.; Gope, P.; Shandilya, A.G.J.M.E. Coir Fiber Reinforcement and Application in Polymer Composites: A Review. *J. Mater. Environ. Sci.* **2013**, *4*(2), 263–276.
10. Dhaliwal, J.S. Natural Fibers: Applications. *Gener. Dev. Modif. Nat. Fibers* 2019. doi: 10.5772/INTECHOPEN.86884.
11. Wang, J.; Wang, A. Acetylated modification of kapok fiber and application for oil absorption. *Fibers Polym.* **2013**, *14*(11), 1834–1840, 2013. doi: 10.1007/s12221-013-1834-4.
12. Cui, P.; Wang, F.M.; Wei, A.; Zhao, K. The Performance of Kapok/Down Blended Wadding. *Text. Res. J. Artic. Text. Res. J.* **2010**, *80*(6), 516–523. doi:

- 10.1177/0040517508097522.
13. Veerakumar, A.; Selvakumar, N. A preliminary investigation on kapok/polypropylene nonwoven composite for sound absorption. *Indian J. Fibre Text. Res.* **2012**, 37(4), 385–388.
14. Removal of Methylene Blue and Malachite Green Dye Using Different Form of Coconut Fibre as Absorbent – ProQuest.
15. Zhang, C. Copper-loaded nanocellulose sponge as a sustainable catalyst for regioselective hydroboration of alkynes. *Carbohydr. Polym.* **2018**, 191, 17–24. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.03.002.
16. Zha, Y.; Gao, G.; Liu, D.; Tian, D.; Zhu, Y.; Chang, Y. Vapor sensing with color-tunable multilayered coatings of cellulose nanocrystals. *Carbohydr. Polym.*, **2017**, 174, 39–47, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.06.059.
17. Millon, L.E.; Guhados, G.; Wan, W.K. Anisotropic polyvinyl alcohol–bacterial cellulose nanocomposite for biomedical applications. *J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater.* **2008**, 86(2), 444–452. doi: 10.1002/jbm.b.31040.
18. Maria, K.H.; Mieno, T. Production and Properties of Carbon Nanotube/Cellulose Composite Paper. *J. Nanomater.* **2017**, 2017. doi: 10.1155/2017/6745029.
19. Wang, W.; Liang, T.; Bai, H.; Dong, W.; Liu, X. All cellulose composites based on cellulose diacetate and nanofibrillated cellulose prepared by alkali treatment. *Carbohydr. Polym.* **2018**, 179, 297–304. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.09.098.
20. Carrillo, F.; Martín, G.; López–Mesas, M.; Colom, X.; Cañavate, J. High modulus regenerated cellulose fiber–reinforced cellulose acetate butyrate biocomposites. *J. Compos. Mater.* **2011**, 45(17), 1733–1740. doi: 10.1177/0021998310386261.
21. Robledo–Ortíz, J.R.; González–López, M.E.; Rodrigue, D.; Gutiérrez–Ruiz, J.F.; Prezas–Lara, F.; Pérez–Fonseca, A.A. Improving the Compatibility and Mechanical Properties of Natural Fibers/Green Polyethylene Biocomposites Produced by Rotational Molding. *J. Polym. Environ.* **2020**, 28(3), 1040–1049. doi: 10.1007/s10924-020-01667-1.
22. Cesari, G.S.; Jarrett, H. Environmental Quality in a Growing Economy,” *Technol. Cult.* **1967**, 8(4), 523. doi: 10.2307/3102137.
23. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. *J. Indus. Ecol.*, **2013**, 23–44.
24. Ayrimis, N.; Jarusombuti, S.; Fueangvivat, V.; Bauchongkol, P.; White, R.H. Coir Fiber Reinforced Polypropylene Composite Panel for Automotive Interior Applications. *Fibers Polym.* **2011**, 12(7), 919–926. doi: 10.1007/s12221-011-0919-1.
25. Majid, A.; Liu, A.; Sou, H.; Chouw, N. Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete. *Constr. Build. Mater.* **2012**, 30, 814–825, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.12.068.

Evaluation of the potential for the development and applicability of Vietnam's natural fibres in direction of a circular economy

Doan Van Huy¹, Dang Truong Nhan¹, Nguyen Vu Viet Linh¹, Tran Thanh Tam^{2*}

¹ Faculty of Applied Science, Ho Chi Minh University of Technology and Education;
17130017@student.hcmute.edu.vn; 17130030@student.hcmute.edu.vn;
linhnv@hcmute.edu.vn

² Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment;
tttam@hcmunre.edu.vn

Abstract: Cellulose fibre is one of nature's most abundant raw materials, and Vietnam has a plentiful supply. Until recently, cellulose fibres were used in a wide variety of applications. This natural fibre's natural fibrous structure, good mechanical properties, biodegradability, and environmental friendliness are all important characteristics. This article investigates and assesses cellulose fibre application studies. Aside from common applications, cellulose fibres are used in a wide range of fields, including medicine, pharmaceuticals, cosmetics, and so on, all of which benefit from the cellulose nanofiber structure. This article discusses the applications and evaluation of the development potential of natural cellulose fibres in Vietnam. Vietnam is well suited to the development of raw materials with high and diverse cellulose fibre content due to its location in the tropics. As a result, the article evaluates the potential for future application development of cellulose fibre sources. This potential will help to increase cellulose fibre research and development in Vietnam toward the circular economy. This potential will assist Vietnam's cellulose fibre research and application development toward a circular economy.

Keywords: Natural cellulose; Potential; Circular economy.