

Tổng quan ứng dụng đầu lọc thuốc lá trong xử lý kim loại nặng và phẩm màu nhuộm

Cigarette butt recycling: A review of heavy metal and dye treatment applications

Trần Thị Kiều Ngân^a, Lê Văn Thuận^{a,b*}, Nguyễn Thị Kim Yến^a
Tran Thi Kieu Ngan^a, Le Van Thuan^{a,b*}, Nguyen Thi Kim Yen^a

^aKhoa Môi Trường và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aFaculty of Environment and Natural Science, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

^bViện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bInstitute of Research and Development, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

(Ngày nhận bài: 08/5/2023, ngày phản biện xong: 20/5/2023, ngày chấp nhận đăng: 08/7/2023)

Tóm tắt

Hàng nghìn tỷ đầu lọc thuốc lá được hút hàng năm làm cho đầu lọc thuốc lá trở thành một trong những loại rác thải phổ biến nhất trên thế giới. Vì chứa các vật liệu và chất độc hại, chất thải này có thể gây nguy hiểm cho môi trường và sức khỏe con người. Hiện tại, các giải pháp để xử lý chất thải đầu lọc thuốc lá vẫn còn hạn chế và không bền vững. Do đó, việc tìm ra các giải pháp và công nghệ phù hợp và hiệu quả để tái chế loại chất thải này sẽ góp phần giảm thiểu sự xuất hiện của các vật liệu nguy hiểm trong môi trường và hệ sinh thái, đồng thời thúc đẩy việc thu hồi vật liệu phù hợp cho sự phát triển kinh tế bền vững. Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng đầu lọc thuốc lá có thể được sử dụng để loại bỏ các kim loại nặng và phẩm màu nhuộm trong nước thải. Tuy nhiên, sự ứng dụng thực tế của công nghệ này vẫn còn đang được đánh giá và cần thêm nhiều nghiên cứu để đảm bảo tính hiệu quả và bền vững của quá trình xử lý chất thải này. Mục tiêu của bài báo này là thu thập và phân tích các nghiên cứu đã được thực hiện về việc sử dụng đầu lọc thuốc lá để xử lý nước thải chứa kim loại nặng và phẩm màu nhuộm. Những kết quả từ các nghiên cứu này sẽ giúp chúng tôi đánh giá khả năng ứng dụng thực tiễn của công nghệ tái chế chất thải đầu lọc thuốc lá và đưa ra đề xuất cho các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: Đầu lọc thuốc lá, tái chế, hấp phụ, kim loại nặng, phẩm màu nhuộm, nước thải.

Abstract

Used cigarette filters constitute one of the most common types of waste worldwide, with trillions of cigarettes smoked each year, because they contain hazardous materials and toxic chemicals. This waste poses a significant threat to both the environment and human health. Despite efforts to address the issue, current solutions for disposing of cigarette filters are limited and unsustainable. Therefore, identifying appropriate solutions and efficient technologies for recycling this waste can reduce the presence of hazardous materials in the environment and promote sustainable economic development. Recent studies have shown that cigarette filters can be used to remove heavy metals and dye compounds from wastewater. However, the practical application of this technology is still being evaluated and requires further research to ensure its effectiveness and sustainability. The aim of this paper is to review and analyze existing studies on using cigarette filters to treat wastewater containing heavy metals and dye compounds. The results of these

*Tác giả liên hệ: Lê Văn Thuận

Email: levanthuan3@duytan.edu.vn

studies will help us evaluate the practical application of recycling cigarette filter waste and make recommendations for future research.

Keywords: Cigarette butts, recycling, heavy metals, dyes, wastewater.

1. Giới thiệu

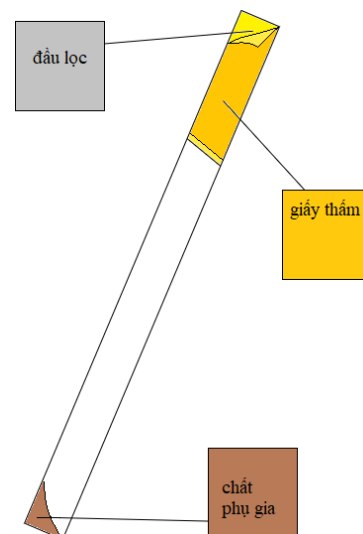
Hiện nay, hoạt động trồng trọt, thu hoạch và chế biến thuốc lá chỉ diễn ra ở một số khu vực đặc biệt trên thế giới. Tuy nhiên, việc tiêu thụ thuốc lá ngày càng gia tăng đã gây ra nhiều vấn đề có tác động đáng kể đến đời sống và sức khỏe cộng đồng cần được xử lý một cách hiệu quả. Chất thải đầu lọc thuốc lá (cigarette butt, CB) có thể tìm thấy ở khắp mọi nơi, thường khó thu gom và rất khó để xử lý [1]. Ước tính chất thải bị loại bỏ hàng năm từ việc tiêu thụ thuốc lá toàn cầu có thể vào khoảng 340–680 triệu kg, bên cạnh gần hai triệu tấn giấy, mực, giấy bóng kính, giấy bạc và keo được sử dụng trong bao bì sản phẩm thuốc lá. Ngoài việc phân tán tự do trong môi trường với số lượng lớn, CB còn không thể phân hủy sinh học và chứa hơn 7000 hóa chất độc hại [2]. Do đó, việc tìm ra một phương pháp tái chế hợp lý đối CB sẽ làm giảm phát thải các vật liệu nguy hiểm vào môi trường và hệ sinh thái, đồng thời sẽ thúc đẩy việc thu hồi vật liệu phù hợp với nền kinh tế tuần hoàn và phát triển bền vững.

Một số nghiên cứu đã đề xuất các phương pháp xử lý CB để làm cho chúng ít gây hại hơn và mang lại hiệu quả kinh tế thông qua việc tái chế và tận dụng CB để sản xuất các nguyên liệu thô thứ cấp như vật liệu xây dựng, đồ thủ công mỹ nghệ, và nhiều đồ gia dụng khác [3]. Trong những năm gần đây, nghiên cứu về ứng dụng CB trong xử lý các chất độc hại đã thu hút sự quan tâm của đông đảo các nhà khoa học và nhà quản lý môi trường. Các phương pháp xử lý CB được đề xuất như đốt cháy, tái chế và tái sử dụng, đều có tiềm năng để giải quyết vấn đề chất thải CB. Trong đó, phương pháp tái chế CB đang được xem là một giải pháp khả thi và hiệu quả nhất.

Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng, CB có khả năng hấp phụ kim loại nặng và phẩm màu nhuộm, hai chất độc hại thường gặp trong môi trường sản xuất công nghiệp và thải ra từ các công trình xử lý nước thải. Việc sử dụng CB để xử lý các chất độc hại này đã được chứng minh là hiệu quả và tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả cao nhất, việc lựa chọn các điều kiện xử lý và kỹ thuật xử lý CB cần phải được nghiên cứu kỹ lưỡng. Trong bối cảnh đó, mục đích của bài báo này nhằm tổng hợp các nghiên cứu mới nhất về ứng dụng CB trong xử lý kim loại nặng và phẩm màu nhuộm. Bằng việc tập trung vào các nghiên cứu trên CB, bài báo sẽ đưa ra những kiến thức cơ bản về tính chất và ứng dụng của CB trong xử lý các chất độc hại, từ đó đề xuất các phương pháp xử lý CB hiệu quả và tiết kiệm chi phí. Hy vọng rằng bài báo này sẽ đóng góp vào việc giải quyết vấn đề chất thải CB và đem lại lợi ích cho sức khỏe con người và môi trường

2. Cấu tạo của đầu thuốc lá

Cấu tạo của đầu thuốc bao gồm đầu lọc, giấy thấm, thuốc lá, và các chất phụ gia (Hình 1)



Hình 1. Cấu tạo thuốc lá điều

Giấy thấm giúp ổn định ống ngậm khỏi nước bọt, được quấn quanh bộ lọc và chứa các lỗ thông gió nhỏ cho phép không khí trong lành trộn lẫn với khói, do đó làm loãng hỗn hợp độc hại của hóa chất hít phải. Giấy cuộn thuốc lá nằm dưới giấy thấm và giữ hỗn hợp thuốc, như hình minh họa (Hình 1). Tuy nhiên, thuốc lá sau khi sử dụng được thải ra môi trường thì thuốc lá và giấy cuộn vẫn còn sót lại. Thành phần này mất tới 3-5 tháng để có thể phân hủy sinh học trong điều kiện môi trường xung quanh.

Cây thuốc lá được biết đến với hai phân chi chính của chi thực vật *Nicotiana* là *N. Rustica* và *N. Tabacum*, là những loại cây thương mại chính [4]. *N. Tabacum* được trồng làm cây thuốc lá chính, có thể sấy khô bằng khói (thuốc lá Virginia), sấy khô bằng không khí (thuốc lá Burley), sấy khô bằng không khí nhẹ, sấy khô bằng không khí đậm và thuốc lá phơi nắng (thuốc lá phương Đông) [3]. Thành phần của hỗn hợp thuốc lá thay đổi tùy theo sở thích của quốc gia. Quá trình sản xuất thuốc lá gồm nhiều công đoạn gồm trồng cây thuốc lá, thu hoạch, xử lý lá, làm ẩm, tước bỏ, phân loại, điều hòa, lão hóa và cuối cùng là trộn lá [5]. Quy trình chế biến thuốc lá có tạo ra một số sản phẩm phụ, các sản phẩm này được chế biến riêng và sau đó được trộn lại và thêm vào hỗn hợp thuốc lá. Ngoài ra, các chất phụ gia được kết hợp vào hỗn hợp thuốc lá bao gồm chất giữ ẩm và phụ gia hương vị. Các chất giữ ẩm chính trong thuốc lá điều là glycerol và propylene glycol. Chức năng của chúng là bảo quản độ dẻo và độ ẩm trong điều thuốc đồng thời ngăn ngừa hoặc làm chậm quá trình làm khô thuốc lá. Trong khi đó, các chất phụ gia hương vị phổ biến gồm cam thảo, ca cao rắn và các loại đường khác nhau. Những chất phụ gia này có tác dụng che giấu hương vị khó chịu của khói.

Đầu lọc có thành phần chính là cellulose acetate. Cellulose là polyme tự nhiên của

glucose, có nguồn gốc chủ yếu từ bột gỗ và xơ bông. Mỗi đơn vị glucose bao gồm ba nhóm hydroxyl (OH), có thể liên kết hydro với các chuỗi liên kề. Kết quả là tạo ra một loại vật liệu khó có thể xâm nhập. Do các chuỗi cellulose mở rộng nên nó ngăn chặn dung môi xâm nhập vào bên trong. Do đó, cách thức để có thể xử lý cellulose là loại các nhóm OH (liên kết hydro) với các nhóm acetate. Vì vậy, việc este hóa cellulose tự nhiên với axetic axit đã tạo ra cellulose acetate. Vì mức độ thay thế acetate cao nên sẽ ngăn không cho các cellulose trong đầu lọc rải rác tiếp cận với các vi sinh vật trong môi trường để phân hủy sinh học [6]. Bức xạ tia cực tím từ mặt trời cũng thúc đẩy quá trình phân hủy cellulose acetate, tuy nhiên phần giấy còn lại trên đầu lọc đã ức chế bức xạ tia cực tím của ánh sáng mặt trời chiếu xuống các sợi celluloseo acetate. Cuối cùng, giấy bị phân hủy sinh học còn thành phần cellulose acetate vẫn hạn chế sự tiếp xúc của bức xạ mặt trời đến diện tích bề mặt của các sợi. Bên cạnh đó, các vi sinh vật trong môi trường không sử dụng cellulose acetate làm thức ăn nên quá trình khử axetyl diễn ra chậm trong quá trình thủy phân, tuy nhiên quá trình này xảy ra rất chậm trong điều kiện yếm khí, có thể mất 1-2 tháng trong đất hoặc 6-9 tháng trong môi trường nước ngọt hoặc có thể hơn nữa.

3. Độ tính của chất thải thuốc lá

Khi một điều thuốc được hút, các chất trong điều thuốc chuyển thành các pha dạng hạt và dễ bay hơi. Pha hạt bao gồm các hóa chất không bay hơi và bán bay hơi và pha hơi bao gồm các hóa chất dễ bay hơi. Pha hơi là phần khói đi qua bộ lọc và 95% trọng lượng của nó được tạo thành từ 400-500 hợp chất khí riêng lẻ, bao gồm nitơ, oxy, cacbon dioxide, cacbon monoxide, argon, hydro, acetone, oxit nitơ và các hợp chất lưu huỳnh dễ bay hơi [1].

Những người hút thuốc và không hút thuốc có thể không hiểu biết về mức độ độc hại của

thuốc lá đã qua sử dụng và nguy cơ tiềm ẩn mà chất thải có thể gây ra đến môi trường và động vật hoang dã. Khi các điều thuốc đã qua sử dụng thải ra môi trường với một lượng đáng kể các chất độc hại bị rò rỉ và có thể tích tụ trong các kênh nước, đường phố và lối đi bộ, có khả năng đe dọa nghiêm trọng đối với các sinh vật và loài thủy sinh địa phương. Trẻ em có nhiều khả năng tiếp xúc với CB đã qua sử dụng bằng miệng vì chúng thường thích khám phá môi trường xung quanh. Nghiên cứu cho biết chỉ cần 1-2 mg nicotin đủ để gây buồn nôn do độc tính của thuốc lá đã qua sử dụng [5].

4. Các phương pháp hiện tại để xử lý chất thải thuốc lá đã qua sử dụng

Một số phương pháp được đề nghị trong việc xử lý chất thải này được biết đến như sử dụng CB làm nguyên liệu tạo ra than hoạt tính và than sinh học, làm vật liệu tiêu âm, sản xuất chất hấp thụ siêu kỵ nước hoặc sử dụng làm chất mang màng lọc sinh học, làm thành phần của tinh thể nano cellulose hoặc làm chất kiểm soát vecto.

Hamzah và Umar (2017) đã nghiên cứu tiềm năng điều chế than hoạt tính từ chất thải CB bằng KOH cảm ứng vi sóng kích hoạt. Phương pháp gia nhiệt bằng lò vi sóng đã được áp dụng để điều chế than hoạt tính do khả năng gia nhiệt nhanh và đồng đều của phương pháp này. Quá trình kích hoạt là 20 phút ở công suất 630 W và tần suất 2.45 GHz. Theo tác giả, thì than hoạt tính ở nghiên cứu này có thể được sử dụng làm vật liệu hấp phụ thay thế để tách dầu – nước, siêu tụ điện và xanh methylen do tính đa dạng và điện tích bề mặt lớn của nó [7].

CB cũng được sử dụng để làm vật liệu tiêu âm nhờ vào tính chất xốp của chất thải này. Trong nghiên cứu của Escobar và Madereulo-Sanz (2017), kết quả cho thấy hệ số hấp thụ âm thanh cao <math><0.90</math> từ tần số trung bình (>2000Hz), cho thấy CB có thể được sử dụng thay thế cho các sản phẩm thương mại nhân

tạo. Hiệu suất tiêu âm của vật liệu mới thể hiện khá tốt [8].

Một nghiên cứu của Ou cũng sử dụng sợi cellulose acetate từ CB để thủy phân trong môi trường kiềm NaOH và dung dịch hexadecyltrimethoxysilane trong etanol để sản xuất sợi siêu kỵ nước/ siêu ưa dầu (SF). SF được sử dụng để làm sạch dầu tràn do tính chất của nó. Nghiên cứu cho thấy, SF có khả năng hấp phụ dầu hỏa lên tới 96% [9]. Trong nghiên cứu tương tự, Liu cũng sử dụng lưới bọc bộ lọc thuốc lá (CFCM) thông qua phương pháp quay điện. Các CFCM đã đạt hiệu suất siêu kỵ khí dưới nước và đạt hiệu suất tách đặc biệt với 99.9% với hỗn hợp dầu nước sau nhiều chu kỳ tái sử dụng [10].

Chất thải CB có thể được sử dụng để chuyển thành chất mang màng sinh học cố định tích hợp trong quy trình bùn hoạt tính. Chúng có thể giúp xử lý nitơ và carbon hữu cơ trong xử lý nước thải. Nghiên cứu nhằm mục đích phát triển chất mang mới, hiệu quả và rẻ tiền với việc sử dụng CB. CB có thể được sử dụng làm chất mang màng sinh học trong hệ thống xử lý nước thải bùn hoạt tính IFAS (Integrated Fixed-Film Activated Sludge) hoặc trong lò phản ứng màng sinh học kỵ khí AMBBR (Anaerobic Moving Bed Biofilm Reactor) [11].

Trong một nghiên cứu gần đây, Abu-Danso đã sử dụng CB để loại bỏ diclofenac (DFC) ra khỏi môi trường nước. Để có được chất mong muốn, ion photphat (HPO)- sợi nano cellulose (CNF) có thể hấp phụ DFC thì các nhóm axetyl được tách ra thông qua việc xử lý kiềm và ăn mòn bằng HPO từ axit photphoric. Các thí nghiệm đã cho thấy khả năng loại bỏ DFC bằng ion HPO-CNF lên đến 107.9 mg/g [12].

Chất thải CB được một số các nghiên cứu sử dụng như chất kiểm soát vecto gây bệnh. Để tìm kiếm một phương pháp kiểm soát vecto trong vùng dịch sốt xuất huyết bằng hóa chất diệt côn trùng, Dieng (2011) và Mondal

(2015) nhận ra chất thải CB là nguồn tiềm năng để quản lý các bệnh do muỗi truyền. Nghiên cứu của Dieng (2013) đã đánh giá tính dễ bị tổn thương của *Aedes aegypti* đối với CB trong quá trình phát triển của loài côn trùng này và nhận thấy ấu trùng của chúng có sự phát triển gián đoạn. Việc này thể hiện ở những thay đổi trong việc nở trứng, tuổi thọ, khả năng sinh sản và hành vi đẻ trứng. Dựa trên nghiên cứu này, Dieng năm 2014 đã phát triển về tác động của việc phơi nhiễm CB đối với vecto sốt xuất huyết *Aedes aegypti* để kiểm tra xem chất thải có làm thay đổi bất kỳ một thông số sinh học nào của bố mẹ và thế hệ con cháu của chúng hay không. Kết quả chỉ ra rằng chất thải CB có thể được phát triển như một chiến lược kiểm soát vecto mới vì nó có tác động trực tiếp đến đặc điểm của con trưởng thành [13, 14]. Tuy nhiên, vẫn còn tồn tại nhiều yếu tố chưa biết trong lĩnh vực này cần phải nghiên cứu thêm.

5. Ứng dụng CB trong xử lý kim loại nặng và thuốc nhuộm

Đã có nhiều nghiên cứu sử dụng CB để xử lý kim loại nặng. Điển hình như trong một nghiên cứu vào năm 2021, Jescica đã tạo than hoạt tính và than sinh học từ CB để hấp phụ kim loại chì. Than hoạt tính và than sinh học trong nghiên cứu này có diện tích bề mặt lần lượt là

46.97m²/g và 83.60m²/g. Điều kiện hấp phụ Pb(II) tối ưu là ở pH 5.0, liều lượng chất hấp phụ 4g/L, thời gian đạt trạng thái cân bằng hấp phụ là 45 phút (than sinh học) và 10 phút (than hoạt tính). Động học giả kiến bậc hai và phương trình Langmuir được xem là mô tả tốt nhất cho quá trình hấp phụ Pb(II) đối với cả hai dạng vật liệu trên [15]. Trong một nghiên cứu của Xing Zhang, than hoạt tính tạo ra từ CB được kích hoạt ở 500°C, có sự cân bằng thuận lợi về diện tích bề mặt riêng cao, các nhóm chức có chứa oxy dồi dào tạo điều kiện thuận lợi cho việc hấp phụ các kim loại nặng. Các thí nghiệm hấp phụ cho thấy độ pH của dung dịch đóng vai trò then chốt trong quá trình hấp phụ kim loại nặng bằng than hoạt tính có nguồn gốc từ CB và độ pH tối ưu cho quá trình hấp phụ là khoảng 5. Các vật liệu tổng hợp có thể hấp phụ Pb(II) trong vòng mười phút và quá trình hấp phụ có thể được mô tả tốt bằng mô hình bậc hai giả kiến, cho thấy rằng hấp phụ hóa học là bước quyết định tốc độ của quá trình hấp phụ. Dữ liệu cân bằng tuân theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir và khả năng hấp phụ cực đại tương ứng đối với Pb(II) là 249.3mg/g [16]. Một vài các nghiên cứu khác thể hiện khả năng hấp phụ kim loại nặng từ vật liệu CB được thống kê ở Bảng 1.

Bảng 1. Thống kê một vài chất hấp phụ kim loại nặng được điều chế từ CB

Chất hấp phụ	Chất bị hấp phụ	Dung lượng hấp phụ (mg/g) /Hiệu suất (%)	Tài liệu tham khảo
Chất hấp phụ cacbon có nguồn gốc từ CB	Pb(II)	249.3mg/g	[16]
Than hoạt tính từ CB	Uranium	106mg/g	[10]
Màng cellulose acetate từ CB	Pb(II)	85.2%	[17]
	Cr(VI)	88.4%	
	Cd(II)	85.3%	
CB hoạt hóa với amidoxine	Cu(II)	26.65mg/g	[18]
	Pb(II)	26.16mg/g	
	Cd(II)	2.15mg/g	
Tro đốt từ CB	As(III)	33.33mg/g	[19]

Bên cạnh khả năng hấp phụ kim loại nặng, CB còn có khả năng loại bỏ phẩm màu nhuộm. Một nghiên cứu của nhóm tác giả Lê Văn Thuận cùng cộng sự (2023) đã sử dụng các CB thô được xử lý bằng NaOH (CB-B) và được tích hợp với chitosan (Cs), và tiếp tục được sử dụng làm chất hấp phụ để loại bỏ thuốc nhuộm tổng hợp. Hai thuốc nhuộm cation phổ biến là xanh metylen (MB) và tím pha lê (CV) và một thuốc nhuộm anion là Reactive Blue 19 (RB 19) đã được chọn làm chất hấp phụ mô hình. Kết quả nghiên cứu cho thấy CB-B thể hiện khả năng hấp phụ cao đối với thuốc nhuộm cation, trong khi hỗn hợp CB-B/Cs thể hiện ái lực mạnh hơn với phẩm màu anion RB 19. Sự hấp phụ của tất cả các thuốc nhuộm trên CB-B và CB-B/Cs là một quá trình tỏa nhiệt tự phát, phù hợp với các mô hình đẳng nhiệt Langmuir và động học bậc nhất. Khả năng hấp phụ tối đa MB, CV và RB 19 của CB-B và CB-B/Cs ở pH 7, liều lượng chất hấp phụ 4g/L và nhiệt độ 25°C lần lượt là 89.85, 82.41 và 304.49mg/g. Cơ chế hấp phụ chính là hấp phụ vật lý có sự tham gia của lực hút tĩnh điện. Các chất hấp

phụ dựa trên CB thể hiện khả năng tái sử dụng cao, duy trì hơn 75% sau bốn chu kỳ tái sử dụng liên tiếp. Nghiên cứu này cho thấy tiềm năng ứng dụng đầy hứa hẹn của chất hấp phụ dựa trên CB để xử lý thuốc nhuộm tổng hợp trong nước thải. Việc chuyển đổi CB thành vật liệu hữu ích có giá trị cao có ý nghĩa đặc biệt đối với kỹ thuật môi trường [20]. Một nghiên cứu của Darama vào năm 2022 đã khảo sát khả năng sử dụng của CB như là một chất thay thế rẻ tiền cho than hoạt tính thương mại. CB ở dạng tự nhiên và than sinh học được sử dụng để loại bỏ malachite green. Hiệu quả loại bỏ thuốc nhuộm đạt được trong nghiên cứu, lên tới 96%. Theo kết quả của thực nghiệm, yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến quá trình hấp phụ là loại chất hấp phụ, cụ thể là than sinh học cho hiệu quả cao hơn so với dạng CB thô ban đầu. Trong khi đó, liều lượng chất hấp phụ là yếu tố có ảnh hưởng thấp nhất đến hiệu suất hấp phụ [21]. Một vài dạng vật liệu khác từ CB sử dụng để hấp phụ phẩm màu nhuộm cũng được nghiên cứu thống kê ở Bảng 2.

Bảng 2. Thống kê một vài chất hấp phụ được điều chế từ CB dùng để loại bỏ phẩm màu nhuộm

Chất hấp phụ	Chất bị hấp phụ	Dung lượng (mg/g) /Hiệu suất (%)	Tài liệu tham khảo
Than sinh học từ CB	Malachite Green	96%	[21]
CB hoạt hóa với acid citric	MB	168.81mg/g	[22]
Than hoạt tính từ CB đồng pha tạp phốt pho và nito	MB	303mg/g	[23]
Hydrochar từ CB	MB	635.21mg/g	[24]
CB xử lý với NaOH tích hợp chitosan	MB	88.95mg/g	[20]
	RB 19	304.49mg/g	
	CV	82.41mg/g	
Than hoạt tính từ CB	MB	123.46mg/g	[25]

6. Những thách thức và triển vọng

Xác định các giải pháp phương pháp và công nghệ tốt nhất để tái chế loại chất thải này xét về kết quả và khả năng áp dụng vào bối cảnh thực tế sẽ làm giảm sự hiện diện của các vật liệu

nguy hiểm trong môi trường và hệ sinh thái, đồng thời sẽ thúc đẩy việc thu hồi vật liệu phù hợp với nền kinh tế tuần hoàn và phát triển bền vững. Một trong những thách thức chính là hiệu suất của quá trình xử lý, đặc biệt là trong việc

loại bỏ các chất độc hại khỏi nước thải. Mặc dù CB đã được chứng minh là có khả năng loại bỏ nhiều chất độc hại khác nhau, nhưng hiệu suất xử lý vẫn còn hạn chế và cần được nghiên cứu để tối ưu hóa. Ngoài ra, một thách thức khác là chi phí đầu tư ban đầu để thiết lập hệ thống xử lý nước thải bằng CB. Các công nghệ mới và cải tiến sẽ được phát triển để giảm chi phí đầu tư ban đầu và đảm bảo tính bền vững của hệ thống. Tuy nhiên, triển vọng của việc ứng dụng CB trong xử lý kim loại nặng và phẩm màu nhuộm là rất lớn. Sử dụng CB sẽ giúp giảm thiểu sự rò rỉ các chất độc hại vào môi trường và bảo vệ sức khỏe của con người và động vật. Ngoài ra, việc sử dụng công nghệ này còn giúp tăng hiệu quả trong việc tách các kim loại nặng và phẩm màu nhuộm khác nhau từ nước thải, giúp cho quá trình tái chế và tái sử dụng các tài nguyên trở nên dễ dàng hơn.

7. Kết luận

CB sau khi sử dụng cần được tái chế hiệu quả để giải quyết một thảm họa chất thải CB toàn cầu. Các chiến lược xử lý hiện tại đối với chất thải CB đã thu gom bao gồm đốt và chôn lấp. Tuy nhiên, cả hai kỹ thuật được coi là không bền vững và không hiệu quả do những lo ngại về môi trường và kinh tế. Do đó, nghiên cứu này đã xem xét công nghệ khả thi về bình ổn hóa chất thải CB có thể được biết đến như sử dụng CB bên cạnh mục đích làm vật liệu tiêu âm, sản xuất chất hấp thụ siêu kỵ nước hoặc sử dụng làm chất mang màng lọc sinh học, làm thành phần của tinh thể nano cellulose hoặc làm chất kiểm soát vectơ thì còn là nguồn nguyên liệu tạo ra than hoạt tính và than sinh học rất có triển vọng cho việc xử lý môi trường. Cụ thể, bài báo cũng cung cấp tổng quan về một số các nghiên cứu mới nhất sử dụng CB như là một chất hấp phụ hiệu quả phẩm màu nhuộm và kim loại nặng cũng như lợi ích về kinh tế và môi trường khi thực hiện tái chế rác thải CB.

Tài liệu tham khảo

- [1] Araújo, M. C. B., & Costa, M. F. (2019). A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental Research*, 172(1), 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>
- [2] Marinello, S., Lolli, F., Gamberini, R., & Rimini, B. (2020). A second life for cigarette butts? A review of recycling solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 384, 121245. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121245>
- [3] Kurmus, H., & Mohajerani, A. (2020). Leachate analysis of heavy metals in cigarette butts and bricks incorporated with cigarette butts. *Materials (Basel)*, 13(12), 2843. <https://doi.org/10.3390/ma13122843>
- [4] Hoffmann, D., Djordjevic, M. V., & Brunnemann, K. D. (1995). Chances in cigarette design and composition over time and how they influence the yields of smoke constituents. *Journal of Smoking-Related Disorders*, 6(1), 9–23.
- [5] Kurmus, H., & Mohajerani, A. (2020). The toxicity and valorization options of cigarette butts. *Waste Management*, 104, 104–118. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.011>
- [6] Petre, M., Zarnea, G., Adrian, P., & Gheorghiu, E. (1999). Biodegradation and bioconversion of cellulose wastes using bacterial and fungal cells immobilized in radiopolymerized hydrogels. *Resources, Conservation and Recycling*, 27(4), 309–332. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(99\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(99)00028-2)
- [7] Hamzah, Y., & Umar, L. (2017). Preparation of creating active carbon from cigarette filter waste using microwave-induced KOH activation. *Journal of Physics: Conference Series*, 853(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/853/1/012027>
- [8] Gómez Escobar, V., & Maderuelo-Sanz, R. (2017). Acoustical performance of samples prepared with cigarette butts. *Applied Acoustics*, 125, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.05.001>
- [9] Liu, C., Chen, B., Yang, J., & Li, C. (2015). One-step fabrication of superhydrophobic and superoleophilic cigarette filters for oil-water separation. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29(22), 2399–2407. <https://doi.org/10.1080/01694243.2015.1062653>
- [10] Pu, D., Kou, Y., Zhang, L., Liu, B., Zhu, W., Zhu, L., & Duan, T. (2019). Waste cigarette filters: activated carbon as a novel sorbent for uranium removal. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 320(3), 725–731. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06502-z>
- [11] Sabzali, A., Nikaeen, M., & Bina, B. (2012). Performance evaluation of cigarette filter rods as a biofilm carrier in an anaerobic moving bed biofilm reactor. *Environmental Technology*, 33(15), 1803–1810. doi: 10.1080/09593330.2011.646317.

- [12] Abu-Danso, E., Bagheri, A., & Bhatnagar, A. (2019). Facile functionalization of cellulose from discarded cigarette butts for the removal of diclofenac from water. *Carbohydrate Polymers*, 219, 46-55. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.04.090.
- [13] Dieng, H., Satho, T., Kreutzer, R., Abang, F., & Ahmad, A. H. (2014). Indirect effects of cigarette butt waste on the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Acta Tropica*, 130(1), 123-130. doi: 10.1016/j.actatropica.2013.11.001.
- [14] Mondal, N. K., Hajra, A., Chakraborty, D., Medda, S., Dey, U., & Kumar, J. (2015). Cigarette Butt Waste and Its Effective Utilization towards Larvicidal Activity of Mosquito. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 3(1), 9-15. doi: 10.12983/ijres-2015-p0009-0015.
- [15] Manfrin, J., Gonçalves, A. C., Schwantes, D., Conradi, E., Zimmermann, J., & Ziemer, G. L. (2021). Development of biochar and activated carbon from cigarettes wastes and their applications in Pb^{2+} adsorption. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104980. doi: 10.1016/j.jece.2020.104980.
- [16] Zhang, X., Wei, M., Wang, L., Zhang, C., Zhou, H., & Du, L. (2021). Effectiveness of discarded cigarette butts derived carbonaceous adsorbent for heavy metals removal from water. *Microchemical Journal*, 168, 106474. doi: 10.1016/j.microc.2021.106474.
- [17] Torkashvand, J., Hemmati, M., Tahmasebi, E., Gholami, M., & Ghoreyshi, A. A. (2022). Preparation of a cellulose acetate membrane using cigarette butt recycling and investigation of its efficiency in removing heavy metals from aqueous solution. *Scientific Reports*, 12(1), 1-11. doi: 10.1038/s41598-022-24432-x.
- [18] Yue, Y., Liu, Y., Zhang, W., Guo, J., Gong, Y., & Yu, Y. (2022). Amidoxime functionalized low-cost cellulose-based adsorbent derived from waste cigarette filters for efficient heavy metal removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107846. doi: 10.1016/j.jece.2022.107846.
- [19] Zein Al-Salehin, P., Moeinpour, F., & Mohseni-Shahri, F. S. (2019). Adsorption isotherm and thermodynamic studies of As(III) removal from aqueous solutions using used cigarette filter ash. *Applied Water Science*, 9(8), 1-8. doi: 10.1007/s13201-019-1059-9.
- [20] Tran, T.K.N., Le, V.T., Nguyen, T.H., Doan, V.D., Vasseghian, Y., & Le, H.S. (2023). Enhanced adsorption of cationic and anionic dyes using cigarette butt-based adsorbents: Insights into mechanism, kinetics, isotherms, and thermodynamics. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 40(1), 1-11. doi: 10.1007/s11814-022-1373-z.
- [21] Darama, S.E., & Çoruh, S. (2022). Dye Removal from Aqueous Solutions Using Natural and Biochar Butt: Full Factorial Design Approach. *Chemical Methodologies*, 5(2), 67-76.
- [22] Tehrim, A., Islam, M.A., Hossain, M.F., Islam, M.A., Rahman, M.S., & Hossain, M.A. (2021). Citric acid modified waste cigarette filters for adsorptive removal of methylene blue dye from aqueous solution. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(27), 1-12. doi: 10.1002/app.50655.
- [23] Macchi, S., Erto, A., Chianese, S., & Musmarra, D. (2021). Influence of phosphorus and nitrogen co-doping of activated carbon from littered cigarette filters for adsorption of methylene blue dye from wastewater. *Sustainable Environment Research*, 31(36). doi: 10.1186/s42834-021-00108-5.
- [24] Lima, H.H.C., Santana, S.A.A., Farias, T.L., Silva, T.F., Pereira, M.G., & Melo, J.C.P. (2018). Hydrochars based on cigarette butts as a recycled material for the adsorption of pollutants. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(6), 7054-7061. doi: 10.1016/j.jece.2018.11.012.
- [25] Mudyawabikwa, B., Mungondori, H.H., Tichagwa, L., & Katwire, D.M. (2017). Methylene blue removal using a low-cost activated carbon adsorbent from tobacco stems: Kinetic and equilibrium studies. *Water Science and Technology*, 75(10), 2390-2402. doi: 10.2166/wst.2017.041.