

ẢNH HƯỞNG THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN TÍNH CHẤT GIẤY BAO GÓI TỪ BỘT GIẤY TÁI CHẾ OCC VÀ CELLULOSE VI KHUẨN TỪ THẠCH DỪA

Tăng Thị Kim Hồng, Đặng Thị Thanh Nhân
Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến tính chất giấy bao gói sản xuất từ hỗn hợp bột giấy tái chế OCC và cellulose vi khuẩn từ thạch dừa. Phương pháp đáp ứng bề mặt được áp dụng xác định ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn cellulose vi khuẩn và thời gian nghiền đến chỉ số độ bục và chiều dài đứt của giấy. Kết quả cho thấy, giấy bao gói sản xuất trong điều kiện nghiên cứu đáp ứng được các tiêu chí về chỉ số độ bục và chiều dài đứt theo Tiêu chuẩn TCVN 7063:2002 đối với giấy bao gói cấp B, định lượng 125 g/m². Ngoài ra, mô hình hồi quy bậc hai thu được có hệ số tương quan cao, phản ánh sự phù hợp tốt với dữ liệu thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu góp phần xác định thông số công nghệ phù hợp nhằm ứng dụng hiệu quả nguồn cellulose vi khuẩn từ thạch dừa vào sản xuất giấy bao gói từ nguyên liệu tái chế OCC.

Từ khóa: Cellulose vi khuẩn từ thạch dừa, bột giấy OCC, giấy bao gói, độ chịu bục, độ bền kéo.

EFFECT OF PROCESSING PARAMETERS ON WRAPPING PAPER PROPERTIES FROM OCC PULP AND BACTERIAL CELLULOSE FROM NATA DE COCO

Tang Thi Kim Hong, Dang Thi Thanh Nhan
Nong Lam University, Ho Chi Minh city

ABSTRACT

This study presents an evaluation of the effects of paper making parameters on the properties of wrapping paper produced from a mixture of recycled OCC pulp and bacterial cellulose derived from nata de coco. The response surface methodology was applied to investigate how the mixing ratio of bacterial cellulose and refining time affect the burst index and break length of the paper. The results indicate that the wrapping paper manufactured under the studied conditions met the criteria of burst index and breaking length according to the Vietnamese standard TCVN 7063:2002 for type B wrapping paper with a basic weight of 125 g/m². Moreover, the quadratic regression model established showed a high correlation coefficient, reflecting strong agreement with experimental data. The findings contribute to identifying suitable processing parameters for effectively utilizing bacterial cellulose from nata de coco in combination with recycled OCC pulp in wrapping paper production.

Keywords: Bacterial cellulose from nata de coco, OCC pulp, packaging paper, burst strength, tensile strength.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Hiệp hội Giấy và Bột giấy Việt Nam (VPPA, 2023; 2024), sản lượng giấy bao bì trong tháng 10/2024 tăng 44,2% so với cùng kỳ năm 2023, cho thấy, tiềm năng tăng trưởng mạnh mẽ của ngành trong bối cảnh thương mại điện tử và nhu cầu đóng gói ngày càng gia tăng. Trước yêu cầu phát triển bền vững và xu hướng kinh tế tuần hoàn, ngành bao bì giấy Việt Nam đang đẩy mạnh ứng dụng công nghệ tái chế và sử dụng nguyên liệu thân thiện với môi trường. Các doanh nghiệp ưu tiên nguyên liệu có khả năng tái chế cao, chất lượng ổn định và ít tác động tiêu cực đến môi trường (VIRAC, 2024). Trong đó, bột giấy tái chế từ thùng carton cũ (OCC - Old Corrugated Containers) hiện là nguyên liệu chủ lực, góp phần giảm áp lực lên nguồn gỗ tự nhiên (Nguyễn Thị Ngọc Bích, 2010).

Song song với đó, cellulose vi khuẩn (BC - bacterial cellulose) thu nhận từ thạch dừa (nata de coco) đang thu hút sự quan tâm nhờ cấu trúc mạng tinh thể bền, độ tinh khiết cao và khả năng phân hủy sinh học. Các nghiên cứu cho thấy, BC có thể cải thiện đáng kể tính chất cơ lý của giấy như độ bền kéo, độ bền xé và khả năng hút nước (Halib *et al.*, 2012; Hoàng Xuân Niên, 2024).

Việc phối trộn cellulose vi khuẩn với bột OCC mở ra hướng tiếp cận mới trong sản xuất giấy bao gói chất lượng cao, góp phần tận dụng phụ phẩm nông nghiệp, giảm phụ thuộc vào nguyên liệu gỗ và hạn chế tác động môi trường. BC có cấu trúc nano sợi ba chiều, khả năng liên kết tốt với sợi cellulose từ gỗ (Lin *et al.*, 2013) và đã được chứng minh là giúp cải thiện các đặc tính cơ lý quan trọng của giấy (Jozala *et al.*, 2016; Shanmugasundaram *et al.*, 2018).

Từ những cơ sở trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm khai thác hiệu quả nguồn cellulose vi khuẩn từ thạch dừa thông qua việc đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn BC và thời gian nghiền đến một số đặc tính cơ lý quan trọng của giấy bao gói, bao gồm chỉ số độ bền và chiều dài đứt. Đồng thời, nghiên cứu hướng đến xác

định các thông số công nghệ phù hợp cho sản xuất giấy bao gói từ hỗn hợp BC và bột OCC.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Bột cellulose vi khuẩn từ thạch dừa và bột giấy tái chế OCC

Bột cellulose vi khuẩn được thu nhận thông qua quá trình ngâm mềm thạch dừa khô và đánh toi. Nguyên liệu thạch dừa khô trong nghiên cứu được cung cấp bởi một cơ sở sản xuất thạch dừa tại Bến Tre.

Bột giấy tái chế OCC được tạo từ các mảnh giấy của thùng carton cũ cũng thông qua quá trình ngâm, đánh toi và xử lý sàng lọc tương tự.

2.1.2. Hỗn hợp bột cellulose vi khuẩn và bột giấy tái chế OCC

Hỗn hợp được tạo ra bằng cách phối trộn bột cellulose vi khuẩn và bột giấy tái chế OCC theo các tỷ lệ tương ứng với từng nghiệm thức khảo nghiệm. Sau đó, hỗn hợp được nghiền bằng máy nghiền Hà Lan Valley Beater, với thời gian nghiền thay đổi tương ứng theo từng nghiệm thức khảo sát.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp đáp ứng bề mặt và phương án cấu trúc có tâm

Trong nghiên cứu này, phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM) với thiết kế cấu trúc tâm (CCD) được áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của hai thông số đầu vào, bao gồm tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (%) và thời gian nghiền (phút), đến hai đặc tính của giấy là chỉ số độ bền (BI) và chiều dài đứt (BL). Thiết kế thí nghiệm bao gồm 9 nghiệm thức khảo nghiệm, được xây dựng bằng phần mềm Minitab phiên bản 21.2. Phạm vi khảo sát cho tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (BC) dao động từ 21,7% đến 78,3%, trong khi thời gian nghiền được điều chỉnh từ 24 - 66 phút, và được trình bày chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn và thời gian nghiền áp dụng trong RSM

Thông số nghiên cứu	Giá trị thực và giá trị mã hóa				
	-α	-1	0	+1	+α
Tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (%)	21,7	30	50	70	78,3
Thời gian nghiền (phút)	24	30	45	60	66

2.2.2. Xeo giấy thủ công (*handsheet*)

Giấy xeo thủ công (*handsheet*) được thực hiện từ huyền phù bột của hỗn hợp cellulose vi khuẩn thạch dừa và bột giấy tái chế OCC, theo các nghiệm thức khảo nghiệm, với định lượng giấy là 125 g/m².

2.2.3. Chỉ số độ đục và chiều dài đứt của giấy bao gói

Chỉ số độ đục của giấy được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7631:2019 (TCVN, 2019). Chiều dài đứt được tính toán từ độ bền kéo dựa trên hệ số chuyển đổi theo tiêu chuẩn

TAPPI/ANSI T 494 om-22 (TAPPI, 2022). Xác định độ bền kéo được thực hiện theo Tiêu chuẩn TCVN 1862 - 2:2010 (TCVN, 2010). Các giá trị chỉ số độ đục và chiều dài đứt thu được được đối sánh với yêu cầu kỹ thuật của Tiêu chuẩn giấy bao gói TCVN 7063:2002, cấp độ B, với định lượng 125 g/m² (TCVN, 2002).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Tính chất về chỉ số độ đục và chiều dài đứt của giấy phối trộn giữa bột cellulose vi khuẩn thạch dừa và bột giấy thu hồi OCC qua các nghiệm thức khảo nghiệm được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Chỉ số độ đục và chiều dài đứt của giấy của giấy tại các nghiệm thức thực hiện

NT	Tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (%)	Thời gian nghiền t (phút)	Chỉ số độ đục BI (kPa·m ² /g)	Chiều dài đứt BL (m)
NT1	30	30	2,39 ^d (0,05)	4.561 ^e (82)
NT2	70	30	2,77 ^b (0,05)	5.084 ^c (57)
NT3	30	60	2,27 ^d (0,1)	5.092 ^c (57)
NT4	70	60	2,59 ^c (0,08)	4.969 ^{cd} (147)
NT5	21,7	45	2,57 ^c (0,05)	5.100 ^{bc} (49)
NT6	78,3	45	3,04 ^a (0,02)	5.328 ^a (90)
NT7	50	24	2,6 ^c (0,04)	4.480 ^e (147)
NT8	50	66	2,12 ^e (0,08)	4.880 ^d (33)
NT9	50	45	2,86 ^b (0,08)	5.280 ^{ab} (41)

Ghi chú: Các giá trị trung bình có cùng chữ cái không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo kiểm định Tukey ($p < 0,05$). Số trong ngoặc đơn là độ lệch chuẩn.

3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn và thời gian nghiền đến chỉ số độ đục của giấy

Tác động riêng lẻ và tương tác của tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (BC) và thời gian nghiền (t) đối với chỉ số độ đục được phân tích thông qua biểu đồ Pareto (Hình 1). Trong biểu đồ này, đường đứt nét thể hiện ngưỡng ý nghĩa thống kê tại mức tin cậy 95%. Kết quả thực nghiệm về chỉ số độ đục được trình bày ở hình

3, với các giá trị trung bình được xử lý thống kê bằng phân tích phương sai một chiều (ANOVA) và so sánh bằng kiểm định Tukey tại mức ý nghĩa $p < 0,05$.

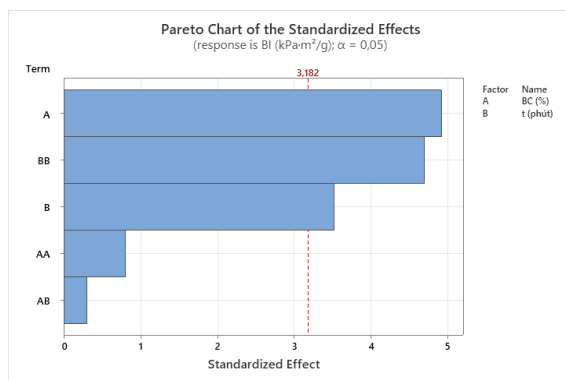
Phân tích kết quả cho thấy, cả hai thông số đầu vào đều ảnh hưởng đáng kể đến chỉ số độ đục của giấy. Cụ thể, khi tăng các mức của hai thông số này, chỉ số độ đục có xu hướng tăng và đạt giá trị cực đại 3,04 kPa·m²/g tại mức 78,3% BC và 45 phút nghiền (Hình 2). Trong số các

nghiệm thức khảo sát, có sáu nghiệm thức đạt yêu cầu về chỉ số độ bền đối với giấy bao gói cấp B ($BI \geq 2,5 \text{ kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$), theo quy định tại TCVN 7063:2002 (TCVN, 2002).

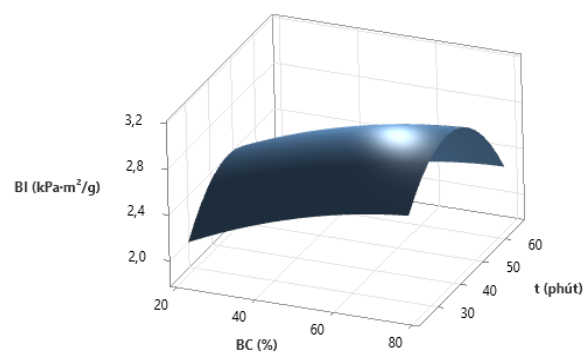
Sự gia tăng này được cho là do khả năng cải thiện liên kết giữa các xơ sợi nhờ sự hiện diện của cellulose vi khuẩn, vốn có thể lấp đầy các lỗ hổng và tăng cường khả năng liên kết giữa các sợi (Boufi *et al.*, 2016; Bharimalla *et al.*, 2017).

Bên cạnh đó, quá trình nghiền giúp xơ sợi được phân tơ và chổi hóa, làm tăng độ linh hoạt và diện tích bề mặt tiếp xúc giữa các sợi (Zeng *et*

al., 2012), qua đó góp phần cải thiện toàn diện các tính chất cơ lý như độ bền kéo, độ bền xé và độ chịu bụi. Tuy nhiên, khi thời gian nghiền vượt quá 45 phút, chỉ số độ bền bắt đầu giảm. Kết quả này được lý giải là do ở giai đoạn đầu, quá trình nghiền chủ yếu phân tơ và chổi hóa xơ sợi, nhưng về sau, tác động cắt làm ngắn xơ sợi diễn ra mạnh hơn, khiến độ bền cơ lý của giấy suy giảm. Độ bền cơ lý của giấy phụ thuộc không chỉ vào khả năng liên kết giữa các xơ sợi mà còn vào chiều dài của chúng (Chen *et al.*, 2016; Hailemariam & Woldeyes, 2024).



Hình 1. Biểu đồ Pareto cho chỉ số độ chịu bụi (BI)



Hình 2. Đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn BC và thời gian nghiền đến BI

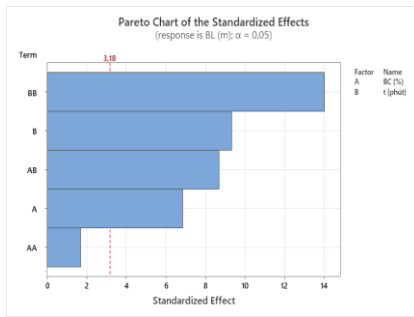
3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn và thời gian nghiền đến chiều dài đứt của giấy

Tương tự, ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn (BC) và thời gian nghiền (t) đến chiều dài đứt cũng được đánh giá bằng biểu đồ Pareto (Hình 3), cho thấy, cả hai yếu tố đều có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến chiều dài đứt của giấy. Các giá trị trung bình của chiều dài đứt được thể hiện trong hình 6 và được phân tích bằng ANOVA, kết hợp với kiểm định Tukey ở mức ý nghĩa $p < 0,05$ để xác định sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

Kết quả cho thấy, chiều dài đứt có xu hướng tăng khi tăng tỷ lệ phối trộn BC và thời gian nghiền, đạt đỉnh tại 5.328 m với 78,3% BC và 45 phút nghiền (Hình 4). Sự gia tăng này phản

ánh tính hiệu quả của việc bổ sung cellulose vi khuẩn và tối ưu hóa điều kiện nghiền, giúp cải thiện liên kết sợi và tăng độ bền kéo trong cấu trúc giấy. Đáng chú ý, tất cả các nghiệm thức khảo sát đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật về chiều dài đứt đối với giấy bao gói cấp B ($BL \geq 4.200 \text{ m}$), theo quy định tại TCVN 7063:2002 (TCVN, 2002).

Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian nghiền, chiều dài đứt có xu hướng giảm, nguyên nhân là do tác động cắt ngắn đã diễn ra nhiều hơn, làm suy giảm khả năng hình thành liên kết bền vững giữa các sợi (Motamedian *et al.*, 2019). Kết quả này nhất quán với các nghiên cứu trước đó của Hailemariam và Woldeyes (2024), Lipkiewicz và đồng tác giả (2021), Park và đồng tác giả (2025), cùng với Mandlez và đồng tác giả (2022).



Hình 3. Biểu đồ Pareto cho chiều dài đứt (BL)

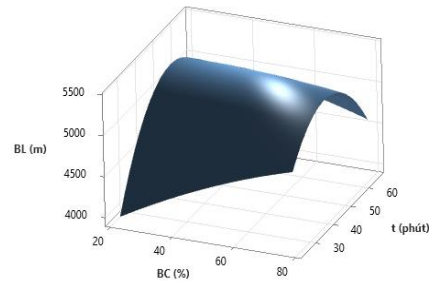
3.3. Phân tích hồi quy và độ phù hợp của mô hình

Mức độ phù hợp giữa mô hình hồi quy và dữ liệu thực nghiệm được đánh giá thông qua hệ số tương quan (R^2), một chỉ số thống kê phản ánh tỷ lệ biến thiên trong dữ liệu được mô hình giải thích. Giá trị R^2 lần lượt đạt 95,68 % đối với chỉ số độ bền (BI) và 99,39 % đối với chiều dài đứt (BL), cho thấy, mức độ tương thích cao giữa mô hình và dữ liệu quan sát. Điều này cho thấy, mô hình có khả năng giải thích phần lớn sự biến động trong dữ liệu, với sai số còn lại không đáng kể.

Bên cạnh đó, hệ số R^2 điều chỉnh cũng được sử dụng để phản ánh độ phù hợp của mô hình trong trường hợp có nhiều biến độc lập. Giá trị R^2 điều chỉnh đạt 88,48% cho BI và 98,38% cho BL, tiếp tục khẳng định tính tin cậy và ổn định của mô hình hồi quy trong bối cảnh thực nghiệm. Các giá trị này cũng cho thấy, mô hình có tiềm năng ứng dụng thực tiễn trong kiểm soát và tối ưu hóa quy trình sản xuất.

Để kiểm tra giả định phân phối chuẩn của phần dư, một điều kiện cần thiết để áp dụng ANOVA và các kiểm định thống kê liên quan, phép kiểm định Ryan-Joiner đã được áp dụng cho cả hai thông số đầu ra. Kết quả thể hiện giá trị p đều lớn hơn 0,1, cho thấy phần dư phân bố xấp xỉ chuẩn và không có sai lệch đáng kể so với phân phối kỳ vọng. Điều này củng cố tính hợp lệ của mô hình hồi quy trong việc mô tả mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra.

Sau khi loại bỏ các hệ số không có ý nghĩa thống kê, phương trình hồi quy được xây dựng nhằm mô tả ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn cellulose vi khuẩn (BC, %) và thời gian nghiền (t, phút) đến hai thông số chất lượng giấy là BI ($\text{kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$) và BL (m) như sau:



Hình 4. Đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn BC và thời gian nghiền đến BL

$$BI = 0,533 + 0,00853BC + 0,0897t - 0,001088t^2$$

$$BL = 843 + 28,74BC + 149,65t - 1,2725t^2 - 0,5383BC \times t$$

3.4. Điều kiện xử lý tối ưu

Dựa trên phân tích RSM, điều kiện xử lý tối ưu được xác định thông qua chỉ số tổng mức độ mong muốn (composite desirability), với giá trị đạt 0,9942, phản ánh mức tối ưu cao trong tổng thể các tiêu chí. Theo đó, tỷ lệ phối trộn bột cellulose vi khuẩn tối ưu là 78,3 %, kết hợp với thời gian nghiền 41 phút. Trong điều kiện này, mô hình dự đoán chỉ số độ bền đạt $3,03 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ và chiều dài đứt đạt 5.341 m. Kết quả này cho thấy, việc sử dụng bột cellulose vi khuẩn từ thạch dừa là hoàn toàn khả thi trong sản xuất bao bì khi áp dụng tỷ lệ phối trộn cao.

IV. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỷ lệ phối trộn cellulose vi khuẩn từ thạch dừa và thời gian nghiền là hai yếu tố công nghệ ảnh hưởng rõ rệt đến chỉ số độ bền và chiều dài đứt của giấy bao gói. Hầu hết các mẫu giấy thử nghiệm trong các nghiệm thức khảo sát đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với giấy bao gói cấp B theo TCVN 7063:2002. Việc ứng dụng cellulose vi khuẩn từ thạch dừa phối trộn với bột giấy OCC cho thấy, tiềm năng phát triển nguồn nguyên liệu bột giấy từ phụ phẩm nông nghiệp, góp phần thúc đẩy sản xuất giấy theo hướng thân thiện với môi trường, tiết kiệm tài nguyên và phù hợp với định hướng kinh tế tuần hoàn.

LỜI CẢM ƠN: Nghiên cứu này là một phần của đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở mã số CS - CB17 - LN - 031 được cấp kinh phí bởi Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bharimalla A.K., Deshmukh S.P., Patil P.G. and Vigneshwaran N., 2017. Micro/nano-fibrillated cellulose from cotton linters as strength additive in unbleached kraft paper: Experimental, semi-empirical, and mechanistic studies. *BioResources* 12 (3): 5682 - 5696. DOI: 10.15376/biores.12.3.5682 - 5696.
2. Boufi S., González I., Delgado-Aguilar M., Tarrès Q., Pèlach M.À. and Mutjé P., 2016. Nanofibrillated cellulose as an additive in papermaking process: A review. *Carbohydrate Polymers* 154: 151 - 166. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.07.117.
3. Chen Y., Wan J., Wu Q., Ma Y. and Huang M., 2016. Effect of recycling on fundamental properties of hardwood and wheat straw pulp fibers, and of handsheets made thereof. *Cellulose Chemistry and Technology* 50 (9 - 10): 1061 - 1067.
4. Hailemariam T.T. and Woldeyes B., 2024. Production and characterization of pulp and paper from flax straw. *Scientific Reports* 14: 24300. DOI: 10.1038/s41598 - 024 - 74096 - y.
5. Halib N., Amin M.C.I.M. and Ahmad I., 2012. Physicochemical properties and characterization of nata de coco from local food industries as a source of cellulose. *Sains Malaysiana* 41 (2): 205 - 211.
6. Hoàng Xuân Niên, 2024. Nghiên cứu thông số công nghệ tạo màng cellulose sinh học từ nước quả dừa khô. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp* 13 (3): 135 - 143. DOI: 10.55250/Jo.vnuf.13.3.2024.135 - 143.
7. Jozala, A. F. *et al.*, 2016. Bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus*: An overview of production and applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 100(5), 2063 - 2072.
8. Lin, S.-P. *et al.*, 2013. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. *Cellulose*, 20(5), 2191 - 2219.
9. Lipkiewicz A., Małachowska E., Dubowik M. and Przybysz P., 2021. Impact of shredding degree on papermaking potential of recycled waste. *Scientific Reports* 11: 17528. DOI: 10.1038/s41598 - 021 - 96325 - 4.
10. Mandlez D., Koller S., Eckhart R., Kulachenko A., Bauer W. and Hirn U., 2022. Quantifying the contribution of fines production during refining to the resulting paper strength. *Cellulose* 29 (16): 8811 - 8826. DOI: 10.1007/s10570 - 022 - 04809 - x.
11. Motamedian H.R., Halilovic A.E. and Kulachenko A., 2019. Mechanisms of strength and stiffness improvement of paper after PFI refining with a focus on the effect of fines. *Cellulose* 26: 4099 - 4124. DOI: 10.1007/s10570 - 019 - 02349 - 5.
12. Nguyễn Thị Ngọc Bích, 2010. Kỹ thuật xenlulô và giấy (Tái bản lần thứ nhất). NXB Đại học Quốc gia TP. HCM. 584 trang.
13. Park S.G., Tak J.H., Lee J.Y., Shin K.S. and Park S.I., 2025. Evaluation of cellulase effect on the refining process of softwood bleached kraft pulp. *BioResources* 20 (1): 1059 - 1068. DOI: 10.15376/biores.20.1.1059 - 1068.
14. Shanmugasundaram, O. L., 2018. Impact of bacterial cellulose on strength properties of recycled paperboard. *BioResources*, 13(3), 5688 - 5700.
15. TAPPI, 2022. *TAPPI/ANSI T 494 om-22 - Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus)*. Georgia, USA.
16. TCVN (Viện Tiêu chuẩn chất lượng Việt Nam), 2002. TCVN 7063:2002 - Giấy bao gói. Hà Nội.
17. TCVN, 2010. TCVN 1862 - 2:2010 - Giấy và cactông - Xác định tính chất bền kéo - Phần 2: Phương pháp tốc độ giãn dài không đổi (20 mm/min). Hà Nội.
18. TCVN, 2019. TCVN 7631:2019 - Giấy - Xác định độ chịu bụi. Hà Nội.
19. VIRAC, 2024. Tiềm năng mở rộng và đổi mới ngành bao bì giấy Việt Nam. <https://viracresearch.com/tiem-nang-nganh-bao-bi-giay-viet-nam-dau-2024>. Ngày đăng: 22 tháng 7 năm 2024.
20. VPPA, 2023. Tình hình sản xuất - kinh doanh ngành giấy trong nước. Bản tin VPPA số 11, tháng 11/2023. 12 trang. <https://vppa.vn/wp-content/uploads/2023/12/ban-tin-VPPA-thang-11-2023.pdf>. Ngày đăng: 02 tháng 12 năm 2023.
21. VPPA, 2024. Tình hình sản xuất - kinh doanh ngành giấy trong nước. Bản tin VPPA số 10, tháng 10/2024. 13 trang. <https://vppa.vn/wp-content/uploads/2024/12/Ban-tin-VPPA-thang-10-2024.pdf>. Ngày đăng: 19 tháng 12 năm 2024.
22. Zeng, Y., Zhan, H., & Lin, H., 2012. "Effect of refining on fiber characteristics and handsheet properties of recycled pulp". *BioResources*, 7(2), 2481 - 2492.

Email tác giả liên hệ: tangkimhong@hcmuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 24/03/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 28/03/2025; 31/03/2025

Ngày duyệt đăng: 01/04/2025