



DOI:10.22144/ctujos.2024.245

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KIỆN TIỀN XỬ LÝ THU NHẬN CHẤT XƠ TỪ VỎ BƯỞI DA XANH (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.)

Nguyễn Cẩm Hương^{1,3}, Huỳnh Thị Ngọc Bình¹, Trần Thanh Trúc² và Trần Chí Nhân^{3*}¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh²Khoa Sau đại học, Trường Đại học Cần Thơ³Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): tcnhan@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 11/08/2023

Sửa bài (Revised): 29/08/2023

Duyệt đăng (Accepted): 30/08/2023

Title: A study on pretreatment conditions to obtain dietary fiber from da xanh pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.)

Author(s): Nguyen Cam Huong^{1,3}, Huynh Thi Ngoc Binh¹, Tran Thanh Truc² and Tran Chi Nhan^{3*}

Affiliation(s): ¹Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, ^{2,3}Can tho University

TÓM TẮT

Nhằm tăng cường hiệu suất thu hồi chất xơ từ vỏ bưởi da xanh (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.), nghiên cứu đã được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của quá trình tiền xử lý ethanol 96° đến hiệu quả làm giàu chất xơ trong vỏ bưởi da xanh, thể hiện qua hàm lượng chất xơ tổng (TDF), chất xơ tan (SDF) và chất xơ không tan (IDF). Điều kiện khảo sát bao gồm (i) thời gian ngâm (10 - 25 phút); (ii) nhiệt độ ngâm (50 - 78,3°C); (iii) tỷ lệ nguyên liệu/ethanol (1/1,25 - 1/5 g/mL), (iv) nhiệt độ sấy (50 - 70°C). Thông qua đó, tiền xử lý mang lại hiệu quả vượt trội hơn về hàm lượng TDF và SDF thu nhận lần lượt là 15,02% và 49,04% so với không qua tiền xử lý. Kết quả khảo sát điều kiện tiền xử lý vỏ bưởi da xanh bằng ethanol 96° cho thấy ngâm qua đêm (12 giờ) ở nhiệt độ phòng (30°C) với tỷ lệ nguyên liệu:ethanol 1:2,5 g/mL, sau đó sấy ở 70°C trong 5 giờ đạt được giá trị cao nhất của IDF (42,39 ± 0,10%), TDF (74,68 ± 0,56%) và SDF (32,29 ± 0,54%).

Từ khóa: Bưởi da xanh, chất xơ hòa tan, chất xơ không tan, chất xơ tổng số, tiền xử lý

ABSTRACT

To improve the recovery yield of dietary fiber obtained from da xanh pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.), the study was conducted to evaluate the pretreatment process with ethanol 96° on the efficiency of fiber enrichment, expressed in terms of total dietary fiber (TDF), soluble dietary fiber (SDF) and insoluble dietary fiber (IDF) content. The investigated conditions consisted of (i) soaking time (10 - 25 minutes), (ii) soaking temperature (50 - 78.3°C), (iii) materials/ethanol ratio (1/1.25 - 1/5 g/mL) and drying temperature (50 - 70°C). Thereby, pretreatment revealed a greater efficiency of 15.02%, and 49.04 % at TDF, and SDF content than those without pretreatment. The results of the investigation of pretreatment conditions of pomelo's albedo with ethanol 96° illustrated that soaking overnight (12 hours) at room temperature (30°C) and raw material:ethanol ratio of 1:2.5 g/mL followed by drying at 70°C in 5 hours reached the highest level of IDF (42.39 ± 0.10%), TDF (74.68 ± 0.56%) and SDF (32.29 ± 0.54%).

Keywords: Da xanh pomelo, insoluble dietary fiber, pretreatment, soluble dietary fiber, total dietary fiber

1. GIỚI THIỆU

Bưởi da xanh (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) được trồng phổ biến ở Việt Nam, đặc biệt là vùng đồng bằng sông Cửu Long (Tươi và ctv., 2021), điển hình ở Bến Tre, Vĩnh Long, Đồng Tháp và Sóc Trăng. Bên cạnh được sử dụng như trái cây, quả bưởi còn được chế biến thành các sản phẩm nước ép, nước uống và đóng hộp (Weng, 2011; Liu et al., 2016). Việc tiêu thụ những loại sản phẩm này dẫn đến một lượng lớn phụ phẩm vỏ (35% khối lượng quả) (Tươi và ctv., 2021), ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe con người nếu không được xử lý thích hợp (Chavan et al., 2018). Thành phần chính của vỏ bưởi là chất xơ, ngoài ra trong vỏ bưởi rất giàu các loại chất béo thiết yếu và phytochemical (Methacanon et al., 2014; Huang et al., 2014; Liew et al., 2016; Xiao et al., 2021). Thành phần chất xơ hiện diện với tỷ lệ lớn trong vỏ trắng và mang nhiều đặc tính hóa lý hữu ích như khả năng hòa tan, giữ nước, giữ dầu, trương nở,... (Chau & Huang, 2003; Tươi và ctv., 2021). Chất xơ tồn tại ở 2 dạng là hòa tan (pectin, gum, β -glucan) và không hòa tan (cellulose, hemicellulose, lignin), khác nhau về khả năng hòa tan trong nước và chức năng sinh lý trong cơ thể; trong đó, SDF thường dễ tan trong nước và bị kết tủa trong ethanol 78° và IDF không tan cả trong nước và ethanol 78° (Galanakis et al., 2019).

Ngoài ra, chất xơ cũng đã được chứng minh là mang đến nhiều lợi ích sức khỏe như kiểm soát hàm lượng đường huyết, giảm cholesterol máu, tăng độ nhớt dịch dạ dày, tăng cường nhu động ruột, chống táo bón và ngăn ngừa ung thư ruột kết (Abirami et al., 2014; Galanakis et al., 2019). Do đó, nhiều nỗ lực đã được thực hiện nhằm thu hồi hiệu quả các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi để khai thác tác dụng có lợi của nó đối với sức khỏe (Qin et al., 2017; Wandee et al., 2018; Tuan et al., 2019). Các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào việc sử dụng các công nghệ khác nhau để quá trình trích ly trở nên xanh (ít tác động đến môi trường) và hiệu quả hơn; trong khi các điều kiện tiền xử lý chưa được quan tâm nên ít nhiều cũng ảnh hưởng đến hiệu quả của quy trình trích ly. Trong quy trình trích ly chất xơ; thông thường, các loại nguyên liệu thực vật được tiền xử lý với ethanol chủ yếu nhằm loại bỏ các thành phần hòa tan khác và bảo tồn lượng chất xơ, giúp cải thiện hàm lượng và hiệu quả trích ly chất xơ về sau. Chẳng hạn, Peerajit et al. (2012) và Calvache et al. (2015) đã chỉ ra việc ngâm ethanol-chanh đã ảnh hưởng đáng kể đến thành phần, đặc tính lý hóa và chức năng của chất xơ. Tuy nhiên, các công trình khoa học liên quan đến các yếu tố ảnh hưởng trực

tiếp chất lượng, hiệu quả thu hồi của chất xơ còn hạn chế.

Hiện nay, chất xơ đã và đang được sản xuất và thương mại dưới dạng thực phẩm bổ sung với giá thành tương đối cao. Bên cạnh đó, trữ lượng vỏ bưởi nước ta rất lớn, nếu khai thác tốt nguồn nguyên liệu này sẽ góp phần làm giảm giá thành và giải quyết được lượng lớn chất thải từ quy trình chế biến các sản phẩm từ bưởi. Vì vậy, việc nghiên cứu điều kiện tiền xử lý để thu nhận chất xơ từ vỏ bưởi là cần thiết để tạo ra sản phẩm giá thành rẻ tạo điều kiện cho người dân chăm sóc sức khỏe; đồng thời, tránh lãng phí nguồn phụ phẩm giúp nâng cao giá trị kinh tế cho người canh tác.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Vỏ bưởi da xanh được thu nhận tại Hợp tác xã bưởi Mỹ Hòa (Thị xã Bình Minh, Vĩnh Long). Vỏ bưởi được thu nhận sau mỗi ca sản xuất (4 - 6 giờ), đóng gói trong bao nhựa PA (10 kg), vận chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 2 giờ trong điều kiện nhiệt độ môi trường. Vỏ bưởi được tiến hành ngay công đoạn tiền xử lý, sấy và nghiền thành bột.

Các hóa chất cơ bản: bộ kit phân tích chất xơ (Megazyme, Ireland), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Đức), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Đức), acetone (Merck, Đức), ethanol (Việt Nam).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Vỏ bưởi không xử lý ethanol (đối chứng): Phần trắng của vỏ bưởi được cắt lát mỏng và sấy ở 70°C trong 5 giờ để đạt độ ẩm khoảng 4%. Vỏ bưởi sau sấy được nghiền mịn, rây qua sàng 80 mesh, trữ ở nhiệt độ phòng để xác định thành phần chất xơ (TDF, SDF, IDF).

Vỏ bưởi có xử lý ethanol: Phần trắng của vỏ bưởi da xanh (100 g) được cắt lát mỏng và tiến hành xử lý với cồn 96° (250 mL) ở các điều kiện khảo sát của thí nghiệm.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Mục đích của thí nghiệm là khảo sát ảnh hưởng của thời gian ngâm hoàn lưu mẫu trong ethanol ở nhiệt độ sôi đến thành phần chất xơ được thu nhận từ vỏ bưởi. Hệ thống ngâm hoàn lưu được mô tả cụ thể như sau: vỏ bưởi da xanh và ethanol được cho vào bình cầu 2 cổ 500 mL. Hệ thống chung hoàn lưu được tiến hành lắp với ống sinh hàn ruột gà 40 cm và nhiệt kế, tương ứng vào 2 cổ của bình cầu.

Nguyên liệu được chuẩn bị tương tự 2.2.1 và được tiến hành ngâm trong 10, 15, 20 và 25 phút ở nhiệt độ 78,3°C. Sau khi ngâm, vỏ bưởi được rửa lại với cồn 70° và sấy ở 70°C đến khối lượng không đổi (độ ẩm khoảng 4%). Vỏ bưởi sau sấy được nghiền mịn, rây qua sàng 80 mesh, trữ ở nhiệt độ phòng để xác định thành phần chất xơ (TDF, SDF và IDF).

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Thí nghiệm được thực hiện với mục đích là khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm ethanol đến thành phần chất xơ. Vỏ bưởi được tiến hành xử lý tương tự 2.2.1 và ngâm hoàn lưu. Thời gian ngâm là thông số được chọn từ nội dung 2.2.2. ở 30, 50, 60, 70 và 78,3°C. Sau đó, vỏ bưởi được tiến hành xử lý ở các bước tiếp theo tương tự như mô tả ở 2.2.2.

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Thí nghiệm được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả của phương pháp ngâm được chọn ở 2.2.3 và phương pháp ngâm dầm ở nhiệt độ phòng qua đêm (12 giờ). Sau khi ngâm, vỏ bưởi tiếp tục được xử lý tương tự như mô tả ở 2.2.2.

2.2.5. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu: ethanol đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Vỏ bưởi (100 g) được cắt lát mỏng ngâm vào ethanol 96° với tỷ lệ mẫu và dung môi là 1:1,25; 1:2,5; 1:3,75 và 1:5 (w/v) với thời gian và nhiệt độ được chọn ở nội dung 2.2.4. Sau đó, vỏ bưởi được lấy ra và tiến hành các bước tiếp theo như mô tả ở nội dung 2.2.2.

2.2.6. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Vỏ bưởi được xử lý tương tự 2.2.1 và được ngâm với thông số phù hợp được chọn từ nội dung 2.2.5. Sau khi ngâm, vỏ bưởi được rửa lại với cồn 70° và sấy lần lượt ở nhiệt độ 50, 60 và 70°C trong thời gian 1, 2, 3, 4, 5, 6 giờ. Vỏ bưởi sau sấy được nghiền mịn, rây qua sàng 80 mesh, trữ ở nhiệt độ phòng để xác định thành phần chất xơ (TDF, SDF, IDF).

2.3. Phương pháp phân tích

Bột vỏ bưởi (1 g) được thu nhận ở các thí nghiệm, thêm 50 mL đệm phosphate, lần lượt thêm các loại enzyme khác nhau từ bộ kit phân tích chất xơ: 100 µL α-amylase (pH 6,0±0,2) ở 100°C trong 15 phút, 100 µL protease (pH 7,5±0,1, điều chỉnh bằng NaOH 0,275M) ở 60°C 30 phút, 300 µL amyloglucosidase (pH 4,0-4,6, điều chỉnh bằng HCl 0,325M) ở 60°C 30 phút. Sau đó, được lọc và rửa

lần lượt với nước, ethanol và acetone thu được xơ không tan (IDF) theo AOAC 991.42 (năm 1994). Phần dịch thu nhận được trộn với cồn 96° (tỷ lệ dịch:cồn là 1:2) ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ và rửa lần lượt với ethanol và acetone thu được xơ tan (SDF) theo AOAC 993.19. Chất xơ tổng số (TDF) được tính theo công thức: TDF = SDF + IDF.

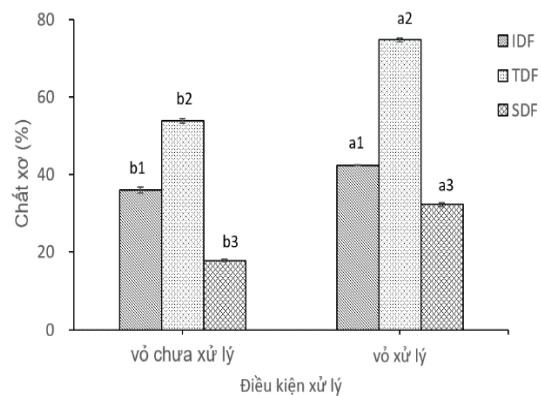
2.4. Xử lý số liệu

Thí nghiệm được bố trí với 3 lần lặp lại. Các kết quả được thể hiện dưới dạng trung bình của 3 lần lặp lại ± độ lệch chuẩn. Kết quả được thống kê, phân tích phương sai, kiểm định LSD ở mức ý nghĩa 5% bằng chương trình Statgraphics Centurion 16.1.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tiền xử lý ethanol đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Hàm lượng IDF, TDF và SDF của vỏ bưởi da xanh chưa qua xử lý tương ứng là 36,05 ± 0,74; 53,84 ± 0,57 và 17,81 ± 0,31% (Hình 1). Tươi và ctv. (2021) cũng cho thấy chất xơ phân bố nhiều nhất ở phần vỏ trắng của quả bưởi da xanh với hàm lượng khoảng 54%. Tuy nhiên, vỏ bưởi da xanh sau khi được ngâm trong ethanol 96° ở 78,3°C trong thời gian 10 phút cho thấy sự cải thiện rõ rệt ở tỷ lệ các thành phần chất xơ (35,41 ± 0,34% IDF; 61,95 ± 0,44 TDF; 26,54 ± 0,43% SDF) (Hình 1), cho thấy tác động tích cực của việc tiền xử lý với ethanol đến các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh. Kết quả này tương tự với nghiên cứu tiền xử lý bằng UHP của Ouyang et al. (2023).



Hình 1. Ảnh hưởng của điều kiện tiền xử lý vỏ bưởi da xanh đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

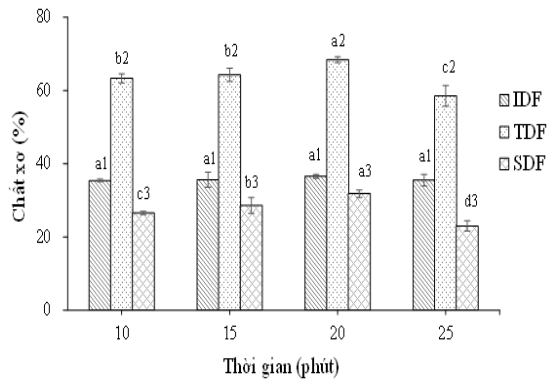
Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các thí nghiệm (p > 0,05), số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

Kết quả cho thấy vỏ bưởi da xanh qua tiền xử lý giàu chất xơ, hàm lượng TDF cao hơn so với những loại phụ phẩm nông nghiệp khác như bã đào (6,2%) (Calvache et al., 2015), bã táo (51%) (Sudham et al., 2007) và vỏ cam (57%) (Chau & Huang, 2003). Ngoài ra, tỷ lệ IDF và SDF của chất xơ từ vỏ bưởi cũng cân bằng (1,33), điều này tốt trên khía cạnh về lợi ích sức khỏe và đặc tính chức năng (Galanakis et al., 2019). Calvache et al. (2015) cũng cho thấy tiền xử lý bã đào với ethanol 96° với tỷ lệ 1:4,6 g/mL ở 20°C trong 15 phút cho hiệu suất thu nhận chất xơ cao nhất (6,2%). Tuy nhiên, Wuttipalakorn et al. (2009) lại cho thấy việc ngâm với ethanol ở các nồng độ khác nhau ảnh hưởng không đáng kể đến các thành phần chất xơ từ bã chanh. Sự khác biệt giữa 2 nghiên cứu là do Wuttipalakorn et al. (2009) đã ngâm bã chanh ở 95°C trong 5 phút trước khi ngâm ethanol nên đã dẫn đến sự thất thoát chất xơ, đặc biệt là SDF.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Tỷ lệ của các thành phần chất xơ thu nhận khi ngâm trong dung môi ethanol 96°, sôi ở điều kiện khí quyển (78,3°C) trong khoảng thời gian là 10, 15, 20 và 25 phút được thể hiện ở Hình 2. Tỷ lệ của các thành phần chất xơ thu nhận được cao nhất khi ngâm ở 20 phút là 31,81 ± 1,04% SDF; 36,56 ± 0,53% IDF và 68,37 ± 0,81% TDF. Trong đó, tỷ lệ IDF thu nhận khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p>0,05) khi ngâm ở điều kiện thời gian khác nhau. Nhìn chung, thời gian ngâm càng dài thì chất xơ thu được càng nhiều, từ đó thấy được thời gian ngâm ảnh hưởng rất lớn đến việc thu nhận xơ. Động lực quá trình này là do sự khuếch tán chất tan từ trong tế bào ra ngoài dung môi, ethanol hòa tan một số chất hữu cơ như cồn, tinh dầu,... (Zhang et al., 2019) làm giảm sự cản trở quá trình thu nhận chất xơ.

Tuy nhiên, sau một thời gian thì hàm lượng chất xơ giảm, sự tiếp xúc liên tục trong dung môi nóng tạo ra sự cô lập thành tế bào của vỏ bưởi (Renard, 2005). Đồng thời, giai đoạn sấy tiếp theo làm cho vỏ bưởi có cấu trúc giòn, cứng gây trở ngại cho quá trình chiết kéo theo hàm lượng thu nhận thấp.

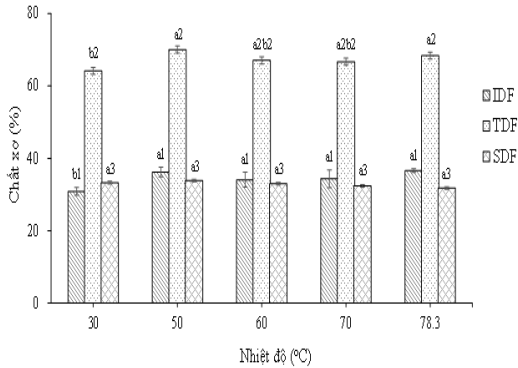


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, p > 0,05, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Hình 3 thể hiện tỷ lệ của các thành phần chất xơ khi ngâm vỏ bưởi trong ethanol 96° ở nhiệt độ 30-78,3°C trong 20 phút. Kết quả cho thấy khoảng nhiệt độ 50-78,3°C ảnh hưởng không đáng kể đến thành phần chất xơ của vỏ bưởi da xanh, nhưng vỏ bưởi được ngâm ethanol ở khoảng nhiệt độ này có thành phần chất xơ cao hơn đáng kể so với ở nhiệt độ phòng, đặc biệt là thành phần IDF và TDF. Điều này có thể được giải thích do sự gia tăng nhiệt độ ban đầu làm tăng tốc độ khuếch tán của các chất tan vào ethanol nên dẫn đến sự gia tăng IDF và TDF được quan sát thấy ở nhiệt độ 30-50°C; hơn nữa, nhiệt độ thấp không cung cấp đủ năng lượng để cắt đứt liên kết giữa hợp chất hợp thành vật liệu. Chẳng hạn, vỏ bưởi có chứa thành phần proanthocyanidins (chất đắng) tạo phức chất không tan với protein và polysaccharide ở nhiệt độ thường nên gây cản trở quá trình tiền xử lý ở nhiệt độ này (Reed, 2001; Calvache et al., 2015). Tuy nhiên, thời gian ngâm ngắn (chỉ 20 phút) không tạo nên sự khác biệt về thành phần chất xơ giữa các mẫu khi tiếp tục gia tăng nhiệt độ. Do đó, tiền xử lý vỏ bưởi trong ethanol 96° ở 50°C trong 20 phút được chọn làm điều kiện cố định cho thí nghiệm sau.

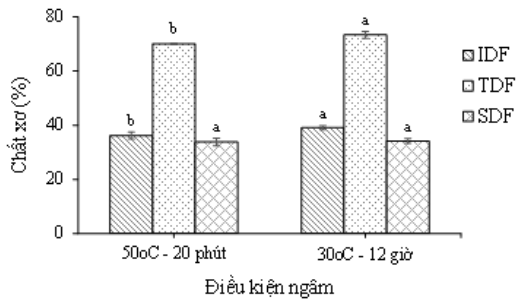


Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

3.4. Ảnh hưởng của điều kiện ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Hình 3 cho thấy khi ngâm vỏ bưởi trong thời gian kéo dài dường như đã trích ly triệt để các thành phần chất tan vào ethanol và cải thiện đáng kể các thành phần chất xơ, đặc biệt là IDF và TDF, từ $36,20 \pm 1,31$ và $70,06 \pm 0,27\%$ tăng lên đến $39,12 \pm 0,75$ và $73,37 \pm 1,27\%$, tương ứng. Tuy nhiên, hàm lượng SDF khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa 2 điều kiện tiền xử lý, có thể được dễ dàng giải thích do SDF vốn bền và không tan trong môi trường ethanol $>78^\circ$ (Galanakis et al., 2019). Do đó, tiền xử lý ở nhiệt độ phòng trong thời gian kéo dài (12 giờ) được chọn làm nhân tố cố định cho thí nghiệm tiếp theo nhằm tối ưu hóa hàm lượng chất xơ thu nhận từ vỏ bưởi.

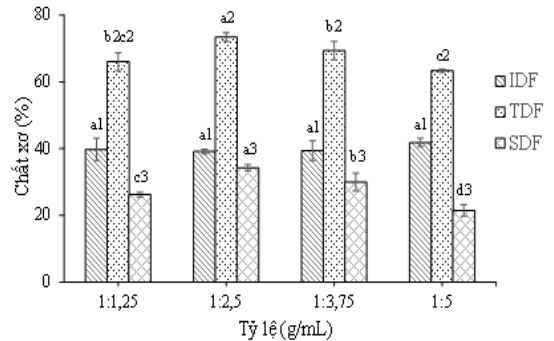


Hình 4. Ảnh hưởng của điều kiện ngâm đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

3.5. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/ethanol đến tỷ lệ các thành phần chất xơ

Tỷ lệ SDF và TDF được thu nhận ở các tỷ lệ nguyên liệu/ethanol khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) và đạt tỷ lệ lớn nhất ở tỷ lệ 1:2,5 với $34,25 \pm 0,91\%$ SDF và $73,37 \pm 0,91\%$ TDF (Hình 5). Điều này có thể giải thích khi ngâm mẫu với lượng dung môi thấp đồng nghĩa với việc chiết xuất khó do chênh lệch gradient nồng độ của chất tan bên trong và bên ngoài tế bào thấp; nhưng khi gia tăng tỷ lệ nguyên liệu:ethanol thì TDF và SDF lại giảm (Hình 5). Nhận thấy rằng khi tiếp xúc thời gian dài với dung môi ethanol làm cô lập thành tế bào thực vật, tỷ lệ nguyên liệu:ethanol càng cao thì hiệu suất càng giảm. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Calvache et al. (2015).

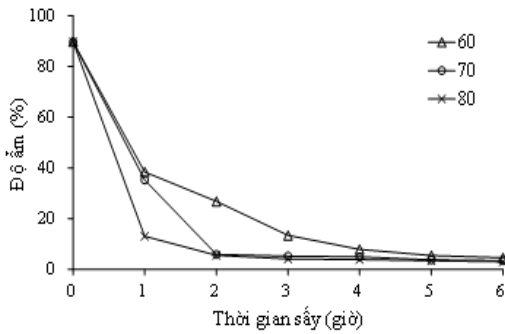


Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/ethanol đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

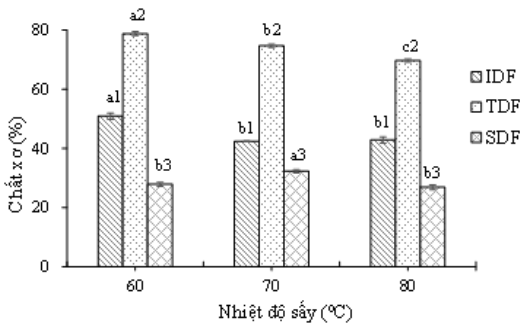
3.6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến đường cong sấy và tỷ lệ các thành phần chất xơ

Hình 6 cho thấy đường cong sấy mẫu sau khi ngâm trong ethanol bằng sấy đối lưu ở các nhiệt độ khác nhau 60, 70, 80°C đến khi độ ẩm cân bằng đạt khoảng 4%. Theo dự đoán, nhiệt độ sấy cao hơn dẫn tới tốc độ sấy cao hơn do động lực truyền nhiệt lớn hơn (Jangam et al., 2008), do đó chỉ mất khoảng 4 giờ ở nhiệt độ 80°C để đạt độ ẩm mong đợi $3,95 \pm 0,32\%$, 5 giờ ở 70°C với độ ẩm $3,78 \pm 0,07\%$; 6 giờ ở 60°C nhưng độ ẩm chỉ đạt $4,66 \pm 0,06\%$ và kết quả này tương tự với công bố của nhóm nghiên cứu Wuttipalakovorn et al. (2009).



Hình 6. Đường cong sấy của vỏ bưởi da xanh đã qua tiền xử lý ở các nhiệt độ khác nhau

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).



Hình 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tỷ lệ các thành phần chất xơ từ vỏ bưởi da xanh

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các chữ cái giống nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$, số đi kèm trong đồ thị thể hiện thành phần chất xơ (1-IDF, 2-TDF, 3-SDF).

Tuy nhiên, nhiệt độ sấy 80°C không được chọn do ở nhiệt độ này hàm lượng chất xơ bị tổn thất đáng

kê, thể hiện qua Hình 7. Nhiệt độ sấy càng tăng thì càng tỷ lệ nghịch với hàm lượng xơ thu được. Ở 60°C, hàm lượng IDF và TDF đạt giá trị cực đại lần lượt là $50,89 \pm 1,06$, $78,78 \pm 0,67\%$, còn ở 80°C hàm lượng chất xơ đạt cực tiểu với $42,89 \pm 1,06\%$ IDF, $69,75 \pm 0,53\%$ TDF và $26,86 \pm 0,77\%$ SDF và sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Điều này có thể liên quan đến tốc độ sấy nhanh ở nồng độ ethanol cao có thể gây ra thiệt hại mô tế bào thực vật hơn ở nhiệt độ thấp nên việc thu nhận xơ bị tổn thất. Mặc dù ở nhiệt độ sấy 60°C hàm lượng IDF và TDF đạt giá trị cao nhất, nhưng thời gian sấy lâu làm tiêu hao năng lượng làm chi phí tăng cao và độ ẩm không đạt như mong muốn. Hơn nữa, hàm lượng SDF thu được lại thấp hơn ở nhiệt độ sấy 70°C đạt $32,29 \pm 0,54\%$. SDF là thành phần chất xơ có nhiều ưu điểm hơn IDF như dễ hòa tan, giúp điều hòa lượng đường huyết, giảm cholesterol trong máu, giảm cân,... (Galanakis et al., 2019) nên nhiệt độ sấy 70°C được chọn để sấy mẫu sau khi ngâm ethanol cho các quá trình sau.

4. KẾT LUẬN

Quá trình tiền xử lý để thu nhận chất xơ từ vỏ bưởi da xanh được xác định với phần vỏ trắng được cắt lát mỏng ngâm với ethanol 96° ở tỷ lệ vỏ/ethanol là 1:2,5 (w/v), nhiệt độ phòng trong thời gian 12 giờ. Vỏ bưởi đã qua tiền xử lý được rửa lại với ethanol 70° và sấy đôi lưu ở 70°C trong thời gian 5 giờ. Tỷ lệ thành phần IDF, TDF và SDF thu được sau khi xử lý ethanol lần lượt là $42,39 \pm 0,10$, $74,68 \pm 0,56$, $32,29 \pm 0,54\%$ và cao hơn so với vỏ bưởi chưa qua xử lý. Kết quả nghiên cứu cho thấy điều kiện tiền xử lý với ethanol 96° giúp cho việc thu nhận chất xơ hiệu quả hơn. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào việc đánh giá các đặc tính lý hóa và chức năng của chất ở các điều kiện tiền xử lý để đưa sản phẩm chất xơ từ vỏ bưởi đến gần với người tiêu dùng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abirami, A., Nagarani, G., & Siddhuraju, P. (2014). Measurement of functional properties and health promoting aspects-glucose retardation index of peel, pulp and peel fiber from *Citrus hystrix* and *Citrus maxima*. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4(1), 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.06.001>

Calvache, J. E. N., Fissore, E. N., Latorre, M. E., Soria, M., Pla, M. F. D. E., & Gerschenson, L. N. (2015). Obtention of dietary fibre enriched fractions from peach bagasse using ethanol pre-treatment and microwave drying. *LWT-Food*

science and technology, 62(2), 1169-1176. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.045>

Chau, C. F., & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9), 2615-2618. <https://doi.org/10.1021/jf025919b>

Chavan, P., Singh, A. K., & Kaur, G. (2018). Recent progress in the utilization of industrial waste and by-products of citrus fruits: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 41(8), e12895.

- Galanakis, C. M. (2019). *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (1st Edition). Academic Press.
- Huang, R., Cao, M., Guo, H., Qi, W., Su, R., & He, Z. (2014). Enhanced ethanol production from pomelo peel waste by integrated hydrothermal treatment, multienzyme formulation, and fed-batch operation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 4643-4651. <https://doi.org/10.1021/jf405172a>
- Jangam, S. V., Joshi, V. S., Mujumdar, A. S., & Thorat, B. N. (2008). Studies on dehydration of sapota (*Achras zapota*). *Drying Technology*, 26(3), 369-377. <https://doi.org/10.1080/07373930801898190>
- Liew, S. Q., Ngoh, G. C., Yusoff, R., & Teoh, W. H. (2016). Sequential ultrasound-microwave assisted acid extraction (UMAE) of pectin from pomelo peels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 426-435. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.08.065>
- Liu, X., Guo, M., Cai, L. N., Liu, L., & Li, Y. Y. (2016). Study on the honey pomelo tea beverage with fruit peel and fruit grain. *Food Research and Development*, 37(23), 86-89.
- Methacanon, P., Krongsin, J., & Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 383-391. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.018>
- Ouyang, H., Guo, B., Hu, Y., Li, L., Jiang, Z., Li, Q., Ni, H., Li, Z., & Zheng, M. (2023). Effect of ultra-high pressure treatment on structural and functional properties of dietary fiber from pomelo fruitlets. *Food Bioscience*, 52, 102436. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102436>
- Peerajit, P., Chiewchan, N., Davahastin, S. (2012). Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues. *Food Chemistry*, 132 (2012), 1891-1898. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.022>
- Qin, L. S., Ngoh, G. C., Yusoff, R., & Teoh, W. H. (2017). Acid and deep eutectic solvent (DES) extraction of pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 13, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.11.001>
- Reed, J. D. (2001). Effects of proanthocyanidins on digestion of fiber in forages. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 54(4), 466-473. <https://doi.org/10.2307/4003118>
- Renard, C. M. (2005). Variability in cell wall preparations: Quantification and comparison of common methods. *Carbohydrate Polymers*, 60(4), 515-522. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.03.002>
- Sudham, M. L., Baskaran, V., & Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104(2007), 686- 692. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>
- Tuan, N. T., Dang, L. N., Huong, B. T. C., & Danh, L. T. (2019). One step extraction of essential oils and pectin from pomelo (*Citrus grandis*) peels. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 142, 107550. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107550>
- Tươi, N. T. K., Nguyễn, N. H. K., Trúc., T. T., & Toàn, H. T. (2021). Tính chất hóa lý của bưởi Da Xanh và bưởi Năm Roi được trồng ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57(CĐ Công nghệ thực phẩm), 118-126. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.013>
- Wandee, Y., Uttapap, D., & Mischnick, P. (2018). Yield and structural composition of pomelo peel pectins extracted under acidic and alkaline conditions. *Food Hydrocolloids*, 87, 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.017>
- Weng, C. Z. (2011). *Study on the processing techniques of Guanxi pomelo juice and preserved peel* (Master's Dissertation). JiMei University.
- Wuttipalakovorn, P., Srichumpuang, W., & Chiewchan, N. J. D. T. (2009). Effects of pretreatment and drying on composition and bitterness of high-dietary-fiber powder from lime residues. *Drying Technology*, 27(1), 133-142. <https://doi.org/10.1080/07373930802566036>
- Xiao, L., Ye, F., Zhou, T., & Zhao, G. (2021). Utilization of pomelo peels to manufacture value-added products: A review. *Food Chemistry*, 351 (2021), 129247. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129247>
- Zhang, H., Cui, J., Tian, G., DiMarco-Crook, C., Gao, W., Zhao, C., Li, G., Lian, Y., Xiao, H., & Zheng, J. (2019). Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel. *Food Chemistry*, 289, 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.063>