

ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP TIỀN XỬ LÝ ĐẾN NARINGIN VÀ CÁC HỢP CHẤT CÓ HOẠT TÍNH SINH HỌC TRONG HẠT QUẢ TẮC (*FORTUNELLA JAPONICA*)

NGUYỄN HOÀNG PHÚC THIÊN¹ - LÊ TRẦN DIỄM QUỲNH¹ - TRẦN HỮU LUÂN¹
- PHẠM HỮU BẰNG² - PHẠM KIM NGÂN³ - PHAN THỊ THANH QUẾ^{3*}

*Tác giả liên hệ - Email: pttque@ctu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2026

Ngày sửa bài: 25/8/2026

Ngày duyệt đăng bài: 8/9/2026

Tóm tắt:

Hạt quả tắc (*Fortunella japonica*) là nguồn nguyên liệu có giá trị cao, đặc biệt giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học. Tuy nhiên, điểm hạn chế lớn nhất là vị đắng đặc trưng nên hạt tắc vẫn chưa được khai thác hiệu quả trong chế biến thực phẩm. Do đó, việc áp dụng các phương pháp tiền xử lý thích hợp nhằm giảm hợp chất gây đắng naringin và hạn chế tổn thất các hợp chất có hoạt tính sinh học là cần thiết. Trong nghiên cứu này, các phương pháp tiền xử lý bao gồm: dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút; nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút; dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút kết hợp với naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút kết hợp với naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; kết hợp cellulase 10%, 50°C, 2 giờ và naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút; dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút; cùng với mẫu đối chứng (không xử lý). Kết quả cho thấy tiền xử lý trong nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút giúp giảm naringin và duy trì hàm lượng hợp chất có hoạt tính sinh học ở mức cao.

Từ khóa: hạt tắc, phụ phẩm, tiền xử lý, naringin, hoạt tính sinh học

Effect of pretreatment methods on naringin and bioactive compounds in kumquat seeds (*Fortunella japonica*)

Abstract:

Kumquat seeds (*Fortunella japonica*) are a valuable raw material, particularly rich in bioactive compounds. However, their characteristic bitterness remains a major limitation, hindering the effective utilization of kumquat seeds in food processing. Therefore, appropriate pretreatment methods are necessary to reduce the bitter compound naringin while minimizing the loss of bioactive compounds. In this study, the pretreatment methods included: NaOH solution at pH 8.5, 90°C for 2 min; electrolyzed water at pH 8.5, 90°C for 2 min; NaOH solution at pH 8.5, 90°C for 2 min combined with 3% naringinase at 50°C for 3 h; electrolyzed water at pH 8.5, 90°C for 2 min combined with 3% naringinase at 50°C for 3 h; a combination of 10% cellulase at 50°C for 2 h and 3% naringinase at 50°C for 3 h; electrolyzed water at pH 8.5 combined with ultrasound treatment at 40 kHz and 80°C for 2 min; and 4% NaCl solution combined with ultrasound treatment at 40 kHz and 80°C for 2 min, along with an untreated control. The results showed that pretreatment with electrolyzed water at pH 8.5 combined with ultrasound treatment at 40 kHz and 80°C for 2 min effectively reduced the naringin content while maintaining a high level of bioactive compounds.

Keywords: bioactive activity, by-product, kumquat seeds, naringin, pre-treatment

1. Đặt vấn đề

Quả tắc được biết đến là một loại cây ăn quả thuộc họ Rutaceae được trồng phổ biến tại Việt Nam, một trong những loại quả có mùi được sử dụng phổ biến nhờ có giá trị dinh dưỡng cao, hàm lượng phenolic và flavonoid cũng được tìm thấy trong quả tắc thuộc họ Citrus (Yu et al., 2005). Đặc biệt, trong hạt quả tắc chứa rất nhiều hợp chất chức năng có hoạt tính sinh học cao như tocopherol, phenolic, flavonoid (hesperidin, naringin và naringenin) và limonoids (limonin, nomilin, obacunone) có tác dụng chống oxy hóa, kháng viêm, chống ung thư tiềm năng, hỗ trợ giảm cholesterol,... Các hợp chất trong hạt tắc có khả năng thể hiện hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng bắt giữ gốc tự do DPPH. Ngoài ra, dầu hạt được chiết xuất từ hạt họ Citrus giàu các acid béo không no tốt cho tim mạch (Liu et al., 2022).

Hiện nay, các nhà máy chế biến trái cây họ Citrus như nhà máy chế biến nước tắc cô đặc đã tạo ra một lượng lớn phụ phẩm gồm vỏ, cùi, hạt là một vấn đề đáng lo ngại do tỷ lệ chất thải chiếm gần 50% khối lượng quả tươi (Andrade et al., 2022). Điều này cho thấy, tiềm năng ứng dụng của hạt tắc trong ngành công nghiệp thực phẩm là rất lớn. Tuy giàu hợp chất sinh học, hạt tắc vẫn bị hạn chế ứng dụng do vị đắng đặc trưng từ limonin và naringin. Một số phương pháp khử vị đắng như sử dụng muối và kiểm soát thấy khả năng làm giảm các hợp chất gây đắng trên các bộ phận của quả thuộc họ citrus. Nguyễn Đức Tùng và cộng sự (2023) cho thấy, việc ngâm và chần trong dung dịch NaOH nồng độ 100ppm giúp giảm hàm lượng naringin, từ đó giảm được vị đắng trong vỏ cam sành. Kailaje et al. (2025) cũng đã báo cáo phương pháp xử lý đắng lát chanh ngọt bằng NaCl ở nồng độ 4% kết hợp với siêu âm có khả năng làm giảm đáng kể các hợp chất gây đắng. Đồng thời, pectinase và cellulase cũng được sử dụng để phân giải thành tế bào, nhằm tạo điều kiện cho naringinase (pH 4,5, 50°C) tiếp cận và thủy phân naringin, qua đó góp phần giảm vị đắng bột quả họ citrus (Zhang et al., 2026). Tuy nhiên, các nghiên cứu về giảm vị đắng trên hạt tắc vẫn còn hạn chế. Do vậy, việc nghiên cứu các phương pháp xử lý giảm vị đắng hiệu quả là cần thiết nhằm nâng cao giá trị sử dụng và khai thác tiềm năng của hạt tắc như một nguồn nguyên liệu có giá trị ứng dụng chế biến sản phẩm thực phẩm như snack hạt tắc, bột hạt tắc.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nội dung nghiên cứu

Hạt tắc được thu gom từ nhà máy chế biến nước tắc cô đặc tại thành phố Cần Thơ và được vận chuyển về phòng thí nghiệm, sau đó hạt tắc được rửa sạch và loại bỏ những hạt hư hỏng, hạt được đóng gói trong bao bì PA/PE hút chân không bảo quản ở nhiệt độ -18°C sử dụng trong nghiên cứu. Khi tiến hành thí nghiệm, tan giá hạt ở điều kiện nhiệt độ 4-5°C và cố định khối lượng mẫu là 30g hạt/phương pháp xử lý, tỷ lệ nguyên liệu/dung dịch chần cố định là 1:10 (w/v), nguyên liệu/dung dịch đậm là 1:2 (w/v). Tiếp đến, hạt được tiền xử lý bằng các phương pháp tiền xử lý khác nhau bao gồm (i) mẫu đối chứng (không xử lý); (ii) dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút; (iii) nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút; (iv) dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút kết hợp với naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; (v) nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút kết hợp với naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; (vi) kết hợp cellulase 10%, 50°C, 2 giờ và naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; (vii) nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút và (viii) dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút. Hiệu quả giảm đắng được đánh giá thông qua hàm lượng naringin, đồng thời các hợp chất có hoạt tính sinh học hàm lượng polyphenol tổng số (TPC), flavonoid tổng số (TFC) và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH cũng được sử dụng để đánh giá khả năng duy trì các hợp chất có hoạt tính sinh học có trong hạt tắc.

2.2. Phương pháp phân tích

Hàm lượng naringin được xác định bằng phương pháp của Davis (1947). Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) được xác định theo phương pháp của Bassey et al. (2022). Hàm lượng flavonoid tổng số (TFC) được xác định theo phương pháp của Syahdam et al. (2024). Khả năng loại gốc tự do DPPH được xác định theo phương pháp của Bedawey et al. (2010).

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

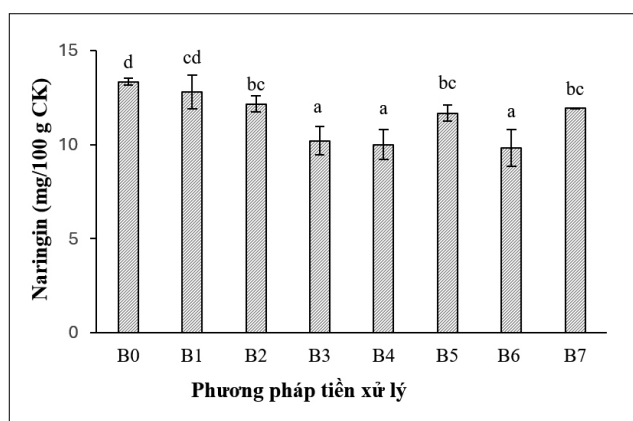
Số liệu được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA), kiểm định sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức thông qua LSD (Least Significant Difference). Toàn bộ quá trình xử lý thống kê được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV. Đồ thị được xây dựng bằng chương trình Microsoft Excel 2021.

3. Kết quả và thảo luận

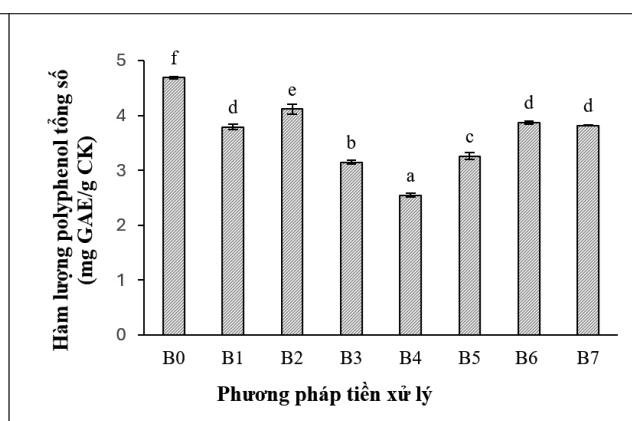
Phương pháp tiền xử lý có ảnh hưởng đến hiệu quả giảm đắng và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong hạt tắc. Kết quả ảnh hưởng đến hàm lượng naringin, polyphenol, flavonoid và khả năng loại bỏ gốc tự do được trình bày ở Hình 1, 2 và Bảng 1.

Trong các loại trái cây thuộc chi citrus, naringin là một flavanone glycoside gồm aglycone naringenin và disaccharide neohesperidose, góp phần tạo vị đắng đặc trưng (Chen et al., 2016). Thông qua các phương pháp tiền xử lý, hàm lượng naringin trong hạt tắc đều có xu hướng giảm. Hình 1 cho thấy hiệu quả của phương pháp xử lý đến sự giảm hàm lượng naringin với nghiệm thức B6 (xử lý với nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz ở 80°C trong 2 phút) ở mức cao nhất ($9,83 \pm 0,96$ mg/100 g CK), giảm 26,4% so với mẫu đối chứng ($13,35 \pm 0,17$ mg/100 g CK). Theo Phan Thị Thanh Quế và ctv. (2021) đã chỉ ra, naringin là một hợp chất thuộc nhóm glycoside có khả năng hòa tan trong nước và độ hòa tan tăng khi nhiệt độ tăng, cùng với kết hợp với tác động của siêu âm nhờ sự hình thành các vi bọt khí làm tăng

Hình 1. Ảnh hưởng của phương pháp tiền xử lý đến hàm lượng naringin trong hạt tắc



Hình 2. Ảnh hưởng của phương pháp tiền xử lý đến hàm lượng polyphenol tổng số trong hạt tắc



Phương pháp tiền xử lý: B0: đối chứng (không xử lý); B1: dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút; B2: nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút; B3: dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; B4: nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; B5: cellulase 10%, 50°C, 2 giờ + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ; B6: nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút; B7: dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút. Sai số thể hiện trên đồ thị là độ lệch chuẩn của giá trị trung bình ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 1. Ảnh hưởng của phương pháp tiền xử lý hạt tắc đến hàm lượng flavonoid tổng số (TFC) và khả năng loại bỏ gốc tự do (DPPH)

Phương pháp tiền xử lý	TFC (mg QE/g CK)	DPPH (μ M TE/g CK)
B ₀ : đối chứng (không xử lý)	1,07 $\pm$ 0,01 ^e	22,03 $\pm$ 0,18 ^f
B ₁ : dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút	0,95 $\pm$ 0,01 ^d	7,45 $\pm$ 0,04 ^a
B ₂ : nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút	1,06 $\pm$ 0,05 ^e	19,28 $\pm$ 0,33 ^e
B ₃ : dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ	0,78 $\pm$ 0,01 ^c	8,10 $\pm$ 0,52 ^b
B ₄ : nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ	0,67 $\pm$ 0,004 ^a	10,33 $\pm$ 0,22 ^c
B ₅ : cellulase 10%, 50°C, 2 giờ + naringinase 3%, 50°C	0,74 $\pm$ 0,02 ^b	11,81 $\pm$ 0,53 ^d
B ₆ : nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút	0,94 $\pm$ 0,01 ^d	8,20 $\pm$ 0,32 ^b
B ₇ : dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút.	0,95 $\pm$ 0,01 ^d	8,66 $\pm$ 0,02 ^b

Chữ cái a, b, c trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

cường quá trình truyền khối và góp phần phá vỡ thành tế bào dẫn tới thay đổi cấu trúc mô tạo điều kiện thuận lợi cho naringin khuếch tán từ bên trong tế bào ra môi trường xử lý. Hàm lượng naringin ở các mẫu B₄ và B₃ lần lượt là 10,00 $\pm$ 0,80 mg/100 g CK và 10,21 $\pm$ 0,74 mg/100 g CK cho thấy sự ảnh hưởng rõ rệt của phương pháp chần nguyên liệu với nước điện giải hoặc dung dịch kiềm sau đó xử lý với naringinase. Naringinase gồm hai hoạt tính là α -L-rhamnosidase và β -D-glucosidase, có khả năng thủy phân naringin thành prunin và tiếp tục chuyển hóa thành naringenin qua đó làm giảm hàm lượng naringin trong nguyên liệu (Zhu et al., 2017). Đáng chú ý, hàm lượng naringin của các nghiệm thức B₃ và B₄ khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với B₆ ($p > 0,05$), cho thấy hiệu quả giảm naringin của các phương pháp này tương đương nhau trong điều kiện khảo sát.

Các hợp chất phenolic là những hợp chất có một hoặc nhiều vòng thơm với một hoặc nhiều nhóm hydroxyl và có tiềm năng bảo vệ tế bào trước stress oxy hóa (Dai & Mumper, 2010). Kết quả ở hình 2 chỉ ra, phương pháp tiền xử lý ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến hàm lượng polyphenol ($p < 0,05$). Trong các mẫu qua tiền xử lý, mẫu xử lý với nước điện giải pH 8,5 ở 90°C trong 2 phút duy trì hàm lượng polyphenol ở mức cao nhất (4,12 $\pm$ 0,09 mg GAE/g CK), tương đương 87,8% so với mẫu đối chứng (không xử lý), trong khi mẫu xử lý nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút + naringinase 3%, 50°C, 3 giờ có giá trị thấp nhất (2,55 $\pm$ 0,03 mg GAE/g CK), giảm 45,6% so với đối chứng.

Theo Nambi et al. (2016), chần trong thời gian ngắn cũng làm giảm đáng kể hàm lượng tổng phenolic và sự hao hụt này có thể bắt nguồn từ sự khuếch tán các hợp chất phenolic tan trong nước vào môi trường chần, đồng thời do sự phân hủy nhiệt của các hợp chất này. Đối với hạt tắc tiền xử lý trong dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C, 2 phút (B₁); nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút (B₆) và dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút (B₇), hàm lượng polyphenol tổng số khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Xử lý trong môi trường kiềm với dung dịch NaOH pH 8,5, 90°C và nước điện giải pH 8,5, 90°C, 2 phút có thể làm giảm độ ổn định của một số hợp chất phenolic.

Theo Friedman & Jürgens (2000) ghi nhận một số phenolic có độ ổn định thấp ở pH cao và có thể bị biến đổi trong điều kiện kiềm. Trong khi đó, với hai phương pháp xử lý nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút và dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút là sự kết hợp giữa nhiệt và siêu âm có thể làm tăng quá trình truyền khối, từ đó góp phần thúc đẩy sự thất thoát các hợp chất phenolic khỏi mô nguyên liệu. Từ kết quả hình 1 và Bảng 1 cho thấy mẫu xử lý với nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút vừa có khả năng giảm hàm lượng naringin hiệu quả, đồng thời duy trì hàm lượng polyphenol tổng số tương đối cao.

Flavonoid là nhóm hợp chất polyphenol thứ cấp phổ biến ở thực vật, có cấu trúc cơ bản C6-C3-C6 và được chia thành nhiều phân nhóm (Ullah et al., 2022). Hàm lượng flavonoid của các mẫu (Bảng 1) dao động từ 0,67-1,07 mg QE/g CK cho thấy phương pháp tiền xử lý ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng flavonoid trong nguyên liệu. Mẫu xử lý chần với nước điện giải 90°C, 2 phút ($1,06 \pm 0,005$ mg QE/CK) khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với mẫu đối chứng ($1,07 \pm 0,004$ mg QE/g CK).

Ngược lại, các nghiệm thức có sử dụng naringinase (B₃, B₄ và B₅) làm giảm hàm lượng flavonoid là do naringinase có khả năng thủy phân glycoside của flavonoid bao gồm naringin, rutin, quercitrin, hesperidin, diosgene và terphenyl glycoside, chứa α -rhamnose và β -glucose ở đầu mạch từ đó làm thay đổi thành phần flavonoid và đó có thể là nguyên nhân gây suy giảm hàm lượng flavonoid trong mẫu nguyên liệu (Ribeiro, 2011). Tuy nhiên, sự giảm TFC đo bằng phương pháp $AlCl_3$ không nhất thiết phản ánh sự phân hủy hoàn toàn flavonoid, do đáp ứng của phép đo phụ thuộc vào cấu trúc của từng flavonoid (Pekal & Pyrzynska, 2014). Mẫu xử lý trong nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút (B₆); hoặc xử lý với dung dịch NaCl 4% kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút (B₇) duy trì hàm lượng flavonoid khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Các giá trị này cao hơn các mẫu xử lý ở các phương pháp B₃ đến B₅ và chỉ thấp hơn B₀ đến B₂ khoảng 11-12%.

DPPH là gốc tự do ổn định, được sử dụng để đánh giá khả năng bắt gốc tự do của các chất chống oxy hóa. Kết quả Bảng 1 cho thấy mẫu đối chứng B₀ có giá trị DPPH cao nhất ($22,03 \pm 0,18$ μ M TE/g CK), trong khi các phương pháp tiền xử lý làm giảm giá trị này ở những mức độ khác nhau. Trong số các nghiệm thức khảo sát, B₂ chần bằng nước điện giải ở pH 8,5, 90°C, 2 phút đã duy trì giá trị DPPH tương đối cao ($19,28 \pm 0,33$ μ M TE/g CK). Ngược lại, nghiệm thức B₁ sử dụng NaOH làm dung dịch chần cho giá trị DPPH thấp nhất ($7,45 \pm 0,04$ μ M TE/g CK). Theo nghiên cứu của Yen & Hung (2000), môi trường kiềm và nhiệt độ cao làm giảm hàm lượng phenolic tổng số có khả năng thúc đẩy quá trình oxy hóa hoặc phân hủy một số hợp chất phenolic nhạy cảm từ đó có thể làm suy giảm đáng kể khả năng loại bỏ gốc tự do của mẫu hạt tác tiền xử lý bằng các phương pháp khác nhau. Đối với các nghiệm thức có xử lý với naringinase, DPPH dao động từ 8,10 đến 11,81 μ M TE/g CK. Về mặt cơ chế, naringinase có khả năng thủy phân flavonoid glycoside và tạo thành các aglycone tương ứng. Naringenin đã được chứng minh có khả năng chống oxy hóa cao hơn naringin trong một số phép thử in vitro (Cavia-Saiz et al., 2010).

Tuy nhiên, trong điều kiện thí nghiệm hiện tại, tác động này chưa thể hiện rõ qua chỉ tiêu DPPH, có thể do hiệu suất thủy phân của enzyme, điều kiện nhiệt độ và thời gian xử lý hoặc do đồng thời xảy ra các quá trình phân hủy hợp chất chống oxy hóa. Đối với xử lý siêu âm trong nước điện giải (B₆) và muối NaCl (B₇) lần lượt đạt $8,20 \pm 0,32$ μ M TE/g CK và $8,66 \pm 0,02$ μ M TE/g CK, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), cho thấy hiệu quả của hai phương pháp tiền xử lý trên là tương đương nhau. Trong đó, mẫu xử lý với nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm 40kHz, 80°C, 2 phút (B₆) có khả

năng duy trì tương đối tốt hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học, vừa đạt hiệu quả giảm hàm lượng naringin cao nhất.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá tác động của các điều kiện tiền xử lý đến hiệu quả giảm hàm lượng naringin và khả năng duy trì các hợp chất có hoạt tính sinh học trong hạt tắc. Kết quả cho thấy điều kiện chần trong nước điện giải pH 8,5 kết hợp siêu âm ở tần số 40 kHz, nhiệt độ 80°C trong 2 phút cho hiệu quả xử lý phù hợp, thể hiện sự cân bằng giữa khả năng giảm hợp chất gây đắng naringin và giá trị sinh học của nguyên liệu. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc khai thác và sử dụng hạt tắc theo hướng gia tăng giá trị, đồng thời mở ra tiềm năng ứng dụng trong phát triển các sản phẩm thực phẩm, đặc biệt là sản phẩm snack từ nguồn phụ phẩm hạt tắc ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Nguyễn Đức Tùng, Trần Hứa Hồng Nhạn, Nguyễn Việt Thuận, Nguyễn Thị Kiều Tiên, Trần Ngọc Nhã Trân và Tống Thị Ánh Ngọc (2023). Ảnh hưởng của loại hóa chất và phương pháp xử lý đến khả năng loại bỏ vị đắng vỏ cam sành (*Citrus sinensis*) bổ sung vào sản phẩm Marmalade. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59(4), 155-163.
- Phan Thị Thanh Quế, Dương Kim Thanh, Lê Duy Nghĩa, Nguyễn Lâm Thảo Vy, Kha Chấn Tuyền, Nguyễn Văn Ấy và Dương Thị Phượng Liên (2021). Ảnh hưởng của quá trình tiền xử lý đến chất lượng cam Sành (*Citrus sinensis*) sấy dẻo. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 57 (CD Công nghệ thực phẩm), 151-160.
- Andrade, M. A., Barbosa, C. H., Shah, M. A., Ahmad, N., Vilarinho, F., Khwaldia, K., ... & Ramos, F. (2022). Citrus by-products: Valuable source of bioactive compounds for food applications. *Antioxidants*, 12(1), 38.
- Bassey, E. J., Cheng, J. H., & Sun, D. W. (2022). Thermoultrasound and microwave-assisted freeze-thaw pretreatments for improving infrared drying and quality characteristics of red dragon fruit slices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 91, 106225.
- Bedawey, A. A. E., Mansour, E. H., Zaky, M. S. & Hassan, A. A. (2010). Characteristics of antioxidant isolated from some plant sources. *Food and Nutrition Sciences*, 01(01), 5-12.
- Cavia-Saiz, M., Busto, M. D., Pilar-Izquierdo, M. C., Ortega, N., Perez-Mateos, M., & Muñoz, P. (2010). Antioxidant properties, radical scavenging activity and biomolecule protection capacity of flavonoid naringenin and its glycoside naringin: a comparative study. *Journal of the science of food and agriculture*, 90(7), 1238-1244.
- Chen, R., Qi, Q. L., Wang, M. T., & Li, Q. Y. (2016). Therapeutic potential of naringin: an overview. *Pharmaceutical biology*, 54(12), 3203-3210.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 15(10), 7313-7352.
- Eyarkai Nambi, V., Gupta, R. K., Kumar, S., & Sharma, P. C. (2016). Degradation kinetics of bioactive components, antioxidant activity, colour and textural properties of selected vegetables during blanching. *Journal of food science and technology*, 53(7), 3073-3082.
- Friedman, M., & Jürgens, H. S. (2000). Effect of pH on the stability of plant phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(6), 2101-2110.
- Kailaje, J., Chavan, R., & Annapure, U. (2025). Ultrasound assisted osmotic dehydration of sweet lime (*Citrus limetta*) slices: Process optimization and mass transfer kinetics. *Food Chemistry*, 467, 142350.

- Karneng, S. (2024). Determination of Total Flavonoid Contents of The Antioxidant Herbal Beverage *Caesalpinia sappan* L. Quantitatively Using the Calorimetry Methods of The $AlCl_3$ Reaction That Forms Complex Compounds. *Hayyan Journal*, 1(1), 57-63.
- Li, M., Yi, Z., Shang, H., Zhu, C., & Huang, H. (2025). Biochemical mechanisms underlying the differences in fruit characteristics among three kumquat varieties. *Frontiers in plant science*, 16, 1640218.
- Liu, W., Mao, X., & Zhou, Z. (2022). Analysis of physicochemical properties, fatty acid composition and antioxidant activity of seed oil extracted from 12 citrus materials. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 6480-6491.
- Pekal, A., & Pyrzynska, K. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, 7, 1776-1782.
- Ribeiro M. H. (2011). Naringinases: occurrence, characteristics, and applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 90(6), 1883-1895.
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., & Jin, B. (2022). Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food chemistry*, 383, 132531.
- Yen, G. C., & Hung, C. Y. (2000). Effects of alkaline and heat treatment on antioxidative activity and total phenolics of extracts from *Hsian-tsao* (*Mesona procumbens* Hemsl.). *Food Research International*, 33(6), 487-492.
- Yu, J., Wang, L., Walzem, R. L., Miller, E. G., Pike, L. M., & Patil, B. S. (2005). Antioxidant activity of citrus limonoids, flavonoids, and coumarins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 2009-2014.
- Zhang, L., Zhang, R., Zhang, M., Xu, Z., Huang, F., Jia, X., ... & Deng, M. (2026). Optimization of multi-enzyme coupled debittering process: Effect on bitterness and bioactive components of *Shatianyu* (*Citrus grandis* L. Osbeck) whole fruit powder. *Food Chemistry*, 149066.

Thông tin tác giả:

**NGUYỄN HOÀNG PHÚC THIÊN¹ - LÊ TRẦN DIỄM QUỲNH¹ - TRẦN HỮU LUÂN¹
- PHẠM HỮU BẰNG² - PHẠM KIM NGÂN³ - PHAN THỊ THANH QUẾ^{3*}**

¹Sinh viên ngành Công nghệ thực phẩm K49, Đại học Cần Thơ, Việt Nam¹
Students of Food Technology, Cohort 49, Can Tho University, Vietnam

²Sinh viên ngành Công nghệ sau thu hoạch K50, Đại học Cần Thơ, Việt Nam
Student of Postharvest Technology, Cohort 50, Can Tho University, Vietnam

³Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam
Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Vietnam

*Tác giả liên hệ - Email: pttque@ctu.edu.vn