



DOI:10.22144/ctu.jos.2025.142

BIẾN ĐỔI HÀM LƯỢNG POLYPHENOL VÀ HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA (DPPH) TRONG QUÁ TRÌNH TRỮ ĐÔNG THỊT QUẢ, THANH TRÙNG NHIỆT VÀ BẢO QUẢN DỊCH CHIẾT TRÁI QUÁCH (*Limonia acidissima* L.)

Châu Thanh Tuấn*, Hà Thị Hồng Hạnh, Trần Bach Long, Trần Thanh Trúc và Trần Chí Nhân

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

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

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 21/02/2025

Sửa bài (Revised): 22/03/2025

Duyệt đăng (Accepted): 15/08/2025

Title: Changes in total polyphenol content and antioxidant activity during freezing preservation, heat pasteurization, and storage of *Limonia acidissima* L. fruit pulp and its extract

Author(s): Chau Thanh Tuan*, Ha Thi Hong Hanh, Tran Bach Long, Tran Thanh Truc and Tran Chi Nhan¹

Affiliation(s): Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Cây quách được trồng hoặc mọc tự nhiên ở vùng khô, cần, trái thơm nhẹ, vị chua ngọt, giá trị kinh tế thấp. Trái quách được tách vỏ, thu thịt quả, phối trộn với nước (1:4 m:w) thu dịch chiết rồi theo dõi biến đổi hàm lượng polyphenol (TPC) và hoạt tính chống oxy hóa (DPPH). Sau 1 tháng trữ đông thịt quả ở -18°C , acid tổng, màu sắc, TPC và DPPH đều giảm. Sau khi thanh trùng dịch chiết 3, 6 và 9 phút ở 90°C , TPC lần lượt giảm còn 65,61; 55,21 và 45,60%, DPPH lần lượt là 66,43; 59,68 và 45,75%. Sau 30 ngày bảo quản ở 40°C , TPC và DPPH giảm lần lượt 65 – 74% và 53 – 60% so với lượng ban đầu. TPC có thời gian bán rã $t_{1/2\ 90^{\circ}\text{C}}=8,224$ phút và $t_{1/2\ 40^{\circ}\text{C}}=2,576 \times 10^4$ phút và các hệ số trên của DPPH lần lượt là 8,476 phút và $3,864 \times 10^4$ phút. Kết quả cho thấy các hợp chất chống oxy hóa trong trái quách dễ bị phân hủy bởi nhiệt. Đây là cơ sở để nghiên cứu về các hợp chất chống oxy hóa của trái quách và chế biến sản phẩm từ trái quách.

Từ khóa: *Limonia acidissima* L., polyphenol, thanh trùng, trái quách

ABSTRACT

Limonia acidissima L. (wood apple) grows naturally or is cultivated in certain sandy, arid, or coastal regions. The fruit possesses an aroma and sweet and sour flavors. However, its economic significance is limited. In this study, the fruit was processed to extract pulp, which was subsequently mixed with water (1:4 m:w). This study examined the changes in total polyphenol content (TPC) and antioxidant activity (DPPH). After a month of frozen storage at -18°C , reductions were observed in total acid content, color, TPC, and DPPH. After pasteurizing the extract at 90°C for 3, 6, and 9 min, the TPC ratios were 65.61, 55.21, and 45.60%, and those of DPPH were 66.43, 59.68, and 45.75%, respectively. After 30 days of storage at 40°C , the TPC and DPPH decreased by 65 – 74% and 53 – 60%, respectively. The TPC exhibited half-life values of $t_{1/2\ 90^{\circ}\text{C}} = 8.224$ and $t_{1/2\ 40^{\circ}\text{C}} = 2.576 \times 10^4$ min. The corresponding DPPH values were 8.476 and 3.864×10^4 min, respectively. These findings indicate that polyphenol compounds in fruit pulp are heat-sensitive and can be degraded under high temperatures. This study provides a foundation for further investigation of the antioxidant compounds present in the fruit and potential strategies to enhance their value.

Keywords: *Limonia acidissima* L., pasteurization, polyphenol, wood apple

1. GIỚI THIỆU

Quách, còn được gọi là trái gáo (*Limonia acidissima* L.), họ *Rutaceae*, chi *Citrus*. Quách phân bố chủ yếu ở vùng nhiệt đới và Á nhiệt đới như: Ấn Độ, Sri Lanka, Myanmar, Thái Lan, Campuchia, Lào và Việt Nam. Ở Việt Nam, cây mọc chủ yếu ở vùng đất khô, cát pha cồn như Trà Vinh, Sóc Trăng, Cà Mau, Bạc Liêu, Bến Tre, Vĩnh Long, An Giang, Tây Ninh,... (Kim, 2023), khu vực có đông đồng bào dân tộc Khmer. Thân cây cao từ 7 đến 8 m, lá nhỏ và thân tương tự cây cần thăng, trồng khoảng 7 năm thì cho trái. Lá dài 25 – 35 mm và rộng 10 – 20 mm. Cây quách dù năng suất thu hoạch rất cao và có giá trị dinh dưỡng, nhưng giá trị kinh tế thấp.

Trái có đường kính từ 5 đến 9 cm, rụng sau khi chín, sản lượng cao. Thịt quả còn non có màu trắng, vị chát. Khi chín, trái màu nâu đỏ hoặc vàng nhạt, mùi thơm dịu, có vị chua và ngọt nhẹ hơi chát, ruột càng sậm màu. Sau khi rụng khoảng 2 – 3 ngày, thịt quả chuyển dần sang màu nâu đen, trái quách vừa có tác dụng làm thuốc vừa chứa nhiều chất dinh dưỡng cần thiết như: carotene, thiamine, vitamin C, polyphenol, alkaloid, flavonoid, terpenoid và tannin, do có vỏ cứng nên nó khó đập vỡ khi rụng (Nguyen et al., 2009; Wikipedia, 2015). Trái quách chín được sử dụng ở dạng tươi, ăn với nước đá, đường để sử dụng trong gia đình. Ở một số nơi xuất hiện dạng rượu quách nhưng chủ yếu là sản phẩm trái ngâm rượu, sản phẩm quách lên men vẫn còn rất hạn chế, chủ yếu theo kinh nghiệm, chưa có nhiều nghiên cứu về thành phần và các hợp chất có hoạt tính sinh học cũng như các tác dụng khác đối với sức khỏe.

Nghiên cứu về trái quách hiện nay còn hạn chế. Nguyen et al. (2009) đã xác định khối lượng trung bình của trái quách, tỉ lệ thịt quả, hàm lượng đường tổng, acid tổng, vitamin C và độ ẩm. Đồng thời tác giả cũng đã lên men thịt quả trái quách bổ sung nấm men, nồng độ cồn đạt 5 – 6%. Các nhà nghiên cứu trên thế giới chỉ khảo sát các đặc tính chống oxy hóa, thành phần của dầu từ hạt trái quách (Lamani et al., 2021), thành phần dinh dưỡng, thành phần hóa học của thịt quả, tác dụng kháng khuẩn, khảo sát in vitro đối với một số bệnh (Ilango & Chitra, 2010).

Để khai thác giá trị của trái quách cần duy trì thành phần polyphenol trong trái. Cho đến thời điểm

này, các công trình nghiên cứu về thành phần dinh dưỡng và các hợp chất tự nhiên có trong trái quách vẫn chưa được công bố. Vì vậy, việc nghiên cứu về thành phần dinh dưỡng, đặc biệt là các hợp chất sinh học, đồng thời nghiên cứu các thông số và điều kiện phù hợp để chế biến nhằm phẩm nâng cao giá trị trái quách là cần thiết. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích khảo sát một số biến đổi của trái quách trong quá trình trữ đông, khảo sát ảnh hưởng của công đoạn gia nhiệt và bảo quản đến sự biến đổi các hợp chất polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa và là cơ sở ban đầu cho việc thiết lập quy trình và các thông số công nghệ phù hợp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

Trái quách (*Limonia acidissima* L.) được thu hoạch tại phường Đông Thuận, thị xã Bình Minh, tỉnh Vĩnh Long và xã Loan Mỹ, huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long. Sau khi trái quách chín và rụng xuống đất, những quả còn nguyên vẹn, không nứt vỡ vỏ, không bám bùn đất, màu sáng vàng tự nhiên, cuống trái màu trắng sáng, trọng lượng trên 250 g được thu nhận.

Các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: Folin-Ciocalteu (Merck, Đức), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Merck, Đức), Na_2CO_3 , NaOH, Phenolphthalein (Trung Quốc). Tất cả hóa chất sử dụng đều đạt tiêu chuẩn dùng cho phòng thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tiền xử lý trái quách

Dựa vào các thí nghiệm thăm dò, trái quách sau khi thu hoạch được rửa sạch rồi tách thịt quả. Sau đó được pha loãng với nước ấm (40°C) với tỉ lệ 1:1 (m:v) rồi tiến hành lọc thu nhận phần dịch quả. Sau đó, dịch quả được phối chế với tỉ lệ 1:3 (dịch quả:nước), đo pH, độ Brix và acid tổng.

2.2.2. Phân tích các chỉ tiêu hóa học

Các chỉ tiêu hóa học thông thường của trái quách được phân tích: acid tổng số, pH, độ Brix, độ ẩm (%) theo TCVN, AOAC (Horwitz, 2010) hoặc ISO (Bảng 1).

Bảng 1. Chỉ tiêu và phương pháp phân tích

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
Độ ẩm (%)	TCVN 9706:2013 (ISO 711:1985) (VINASTAQ, 2013; Tran et al., 2024)
Màu sắc (L^* , a^* , b^*)	Xác định bằng máy đo màu CR20 (Konica Minolta, Nhật bản) và ΔE (Mokrzycki & Tatol, 2011)
TPC (mg GAE/g chất khô (CK))	Phương pháp so màu với acid galic làm chất chuẩn, thuốc thử Folin-Ciocalteu như chất oxy hóa, xác định màu tại bước sóng 738 nm (Singleton & Rossi, 1965; Dai et al., 2024)
DPPH (mg TE/g CK)	Phương pháp xác định hoạt tính chống oxy hóa DPPH (Sharma & Bhat, 2009; Dai et al., 2024)
Acid tổng (%)	Dùng dung dịch kiềm NaOH 0,1N để trung hòa hết acid trong thực phẩm với phenoltalein làm chỉ thị màu TCVN 5483:2007 (ISO 750:1998) (VINASTAQ, 2007)

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của bảo quản đông đến chất lượng thịt trái quách

Mỗi 200 g thịt trái quách được chứa trong túi polyethylene hàn kín miệng và bảo quản trong tủ đông (Sanaky, Việt Nam) ở nhiệt độ -18°C . Định kỳ, thịt quả được rã đông tự nhiên ở nhiệt độ phòng rồi phân tích các chỉ tiêu hàm lượng acid tổng, độ màu $L^*a^*b^*$, hàm lượng polyphenol tổng (TPC) và hoạt tính chống oxy hóa (DPPH).

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian thanh trùng đến chất lượng của dịch chiết trái quách

Sau các thí nghiệm sơ bộ, dịch chiết sau khi đã đông chai thủy tinh trong suốt dung tích 250 mL ($5,2 \times 5,2 \times 13,8$ cm) được thanh trùng bằng nước nóng ở nhiệt độ $90 - 100^{\circ}\text{C}$ bằng nồi thanh trùng XFS-280A (Xinfend, Trung Quốc) với vi sinh vật mục tiêu là vi khuẩn kỵ khí sinh butyric, giá trị PU được tính toán theo công thức (1) (Holdsworth & Simpson, 2016). Nhiệt độ tâm của dịch chiết được ghi tại giữa chai (ở vị trí 1/3 chiều cao dung dịch tính từ dưới) bằng nhiệt kế loại K UT320D (UNI-T, Quảng Đông, Trung Quốc). Nhiệt độ tâm được duy trì ở 90°C , TPC và DPPH được phân tích sau 3, 6 và 9 phút đạt nhiệt độ tâm 90°C .

$$PU = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} dt \quad (1)$$

Với: PU – giá trị thanh trùng thực tế, t – thời gian thanh trùng (phút); T_{ref} , T – lần lượt là nhiệt độ thanh trùng tham chiếu (85°C) và nhiệt độ đo được ở tâm tại thời điểm t ; z – hằng số kháng nhiệt ($^{\circ}\text{C}$).

2.2.5. Khảo sát biến đổi của TPC và DPPH trong quá trình thanh trùng, bảo quản

Dịch chiết sau khi thanh trùng, làm nguội được bảo quản trong điều kiện có gia tốc ở nhiệt độ 40°C các chỉ tiêu TPC, DPPH được ghi nhận sau mỗi 10

ngày. Tại thời điểm ban đầu ban đầu tỉ lệ hàm lượng các chất chống oxy hóa là 100%. Nghiên cứu tương tự trước đây cho thấy tỉ lệ hàm lượng này giảm tuân theo quy luật phản ứng bậc 1 (Trung et al., 2023). Do vậy, tại một nhiệt độ xác định, thời gian bán rã ($t_{1/2}$) của TPC và DPPH được tính toán dựa thay đổi hàm lượng các chất theo thời gian (van Boekel, 2008; Trung et al., 2023) như sau:

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{C} = \int_0^t -k_1 dt$$
$$\Leftrightarrow \ln(C) = \ln(C_0) - kt \Leftrightarrow t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k_1} \quad (2)$$

Với: C_0 , C (%) – lần lượt là tỉ lệ hàm lượng chất chống oxy hóa tại thời điểm ban đầu và tại thời điểm t so với ban đầu (%); $t_{1/2}$ (phút) – thời gian bán rã, thời gian tỉ lệ hàm lượng chất chống oxy hóa bằng 50% ban đầu; k (phút^{-1}) – hằng số tốc độ phản ứng.

2.3. Thu thập và xử lý số liệu

Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại lấy giá trị trung bình và được phân tích thống kê theo chương trình GraphPAD Prism 9.5. Phân tích phương sai (ANOVA) được thực hiện để kết luận về sự sai khác giữa trung bình các nghiệm thức. Sự khác biệt có ý nghĩa ở độ tin cậy 95%. Kết quả tốt nhất từ thí nghiệm trước được sử dụng làm điều kiện cho các thí nghiệm tiếp theo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hóa học của trái quách

Kết quả cho thấy nước chiếm tỉ lệ cao nhất 71,22%, độ Brix 13,5 và pH 3,98, hàm lượng TPC và DPPH lần lượt là $15,10 \pm 0,85$ mg GAE/g CK và $41,71 \pm 2,04$ mg TE/g CK (Bảng 2). So với trái quách thu hoạch từ vùng khác đã được thực hiện (Nguyen et al., 2009), kết quả này gần như tương đồng. Sự khác biệt không đáng kể giữa nguyên liệu từ Trà Vinh và Vĩnh Long.

Bảng 2. Thành phần hóa học của nguyên liệu trái quách

Thành phần	Giá trị
Acid tổng (%)	0,94±0,04
pH	3,98±0,21
Độ Brix	13,50±0,20
Độ ẩm (%)	71,22±0,02
TPC (mg GAE/g CK)	15,10±0,85
DPPH (mg TE/g CK)	41,71±2,04

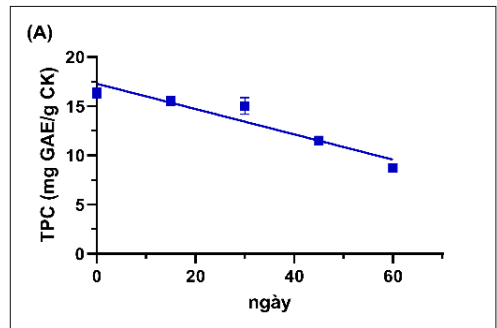
Ghi chú: Các số liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại.

3.2. Biến đổi của hàm lượng acid tổng, màu sắc và hàm lượng các chất chống oxy hóa trong bảo quản đông thịt trái quách

Thịt quách được trữ đông ở -18°C , sau đó được phân tích các chỉ tiêu. Kết quả cho thấy hàm lượng acid tổng biến đổi theo thời gian trữ đông ($P < 0,0001$). Hàm lượng acid tổng của thịt trái quách bắt đầu có sự biến đổi sau một tháng đầu trữ đông. Thời gian trữ đông càng dài thì hàm lượng acid tổng càng giảm (Bảng 3). Sau 2 tháng bảo quản đông, hàm lượng acid tổng (tính theo acid citric) giảm xuống 0,72%.

Bảng 3. Ảnh hưởng thời gian trữ đông nguyên liệu thịt trái quách đến hàm lượng acid tổng

Thời gian (ngày)	Hàm lượng acid tổng (%)
0	1,10±0,04 ^c
30	0,94±0,04 ^b

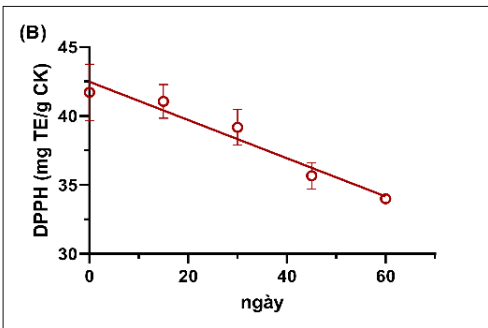


60	0,72±0,01 ^a
----	------------------------

Ghi chú: Số liệu là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị có chữ cái đi kèm khác nhau (a, b và c) trong cùng một cột thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Nghiên cứu của González-Castro et al. (1997) cho thấy hàm lượng acid malic, oxalic và citric giảm đáng kể trong tháng đầu tiên bảo quản đậu xanh và ớt Padrón ở -22°C . Ngoài ra, acid ascorbic cũng có thể bị mất trong quá trình bảo quản đông (Sahari et al., 2004). Nguyên nhân gây suy giảm là do quá trình oxy hóa acid hữu cơ (Thompson & Fennema, 1971) hoặc do sự cô đặc chất tan trong pha không đóng băng (Sahari et al., 2004). Hơn nữa, acid ascorbic, acid citric và acid oxalic có thể hoạt động như một tác nhân chống biến đen bằng cách phân hủy các hợp chất phenolic thông qua khử *o*-quinone trở lại thành chất nền phenolic của chúng (Suttirak & Manurakchinakorn, 2011) dẫn đến giảm hàm lượng acid. Ngoài ra, hàm lượng acid cũng có thể bị giảm trong quá trình rã đông do tổn thất qua dịch bào.

Bảng 4 cho thấy ΔE lần lượt là 8,14 và 9,92 sau 30 và 60 ngày bảo quản đông. Giá trị màu sắc L^* có khuynh hướng giảm sau 2 tháng bảo quản đông từ 45,27 đến 37,00 ($P < 0,05$). Ban đầu L^* đạt giá trị cao nhất 45,27 giảm xuống 39,2 sau 1 tháng và đạt giá trị thấp nhất là 37,0 sau 2 tháng bảo quản đông. Giá trị a^* không thay đổi theo thời gian bảo quản đông. Ngược lại, giá trị màu sắc b^* của thịt trái quách có xu hướng giảm rõ rệt khi thời gian trữ đông kéo dài 2 tháng từ 1,13 xuống $-4,33$ ($P < 0,05$).



Hình 1. Biến đổi của TPC (A) và DPPH (B) trong thời gian bảo quản đông thịt quả quách

Bảng 4. Ảnh hưởng thời gian trữ đông đến màu sắc của thịt trái quách

Thời gian (ngày)	L^*	a^*	b^*	ΔE
0	45,27±1,31 ^c	0,87±0,11 ^{ns}	1,13±0,35 ^b	
30	39,20±0,46 ^b	0,83±0,15 ^{ns}	$-4,30\pm0,20^a$	8,14±1,87 ^{ns}
60	37,00±0,40 ^a	0,97±0,25 ^{ns}	$-4,33\pm0,25^a$	9,92±1,85 ^{ns}

Ghi chú: Số liệu là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị có chữ cái đi kèm khác nhau (a, b và c) trong cùng một cột thể hiện khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%. “ns”: Không khác biệt ý nghĩa ở mức 5%.

Kết quả thí nghiệm cho thấy, chất lượng nguyên liệu thịt quả quách có sự biến đổi trong thời gian trữ đông và thay đổi đáng kể sau 1 tháng bảo quản có xu hướng sậm màu. Nguyên nhân giảm độ sáng trong thời gian trữ đông có thể do phản ứng hóa nâu do enzyme polyphenol oxidase (Simkova et al., 2024) phản ứng trực tiếp với oxy không khí có thể tồn tại trong bao bì kín và xảy ra trong hầu hết trái có hạt cứng như trái quách chứa hợp chất polyphenol. Dưới sự hiện diện của enzyme và oxy, các hợp chất polyphenol bị biến đổi thành quinone và tiếp theo hình thành sắc tố màu nâu làm cho nguyên liệu thịt quả bị sậm màu (Holzwarth et al., 2012). Trong khi đó, β -carotene và các hợp chất màu carotenoid bị phá hủy một phần khi lạnh đông làm cho màu vàng của nguyên liệu thịt trái quách giảm. Màu sắc ảnh hưởng lớn đến sản phẩm cuối cùng, trong quá trình bảo quản màu sắc là yếu tố dễ bị biến đổi, đối với sản phẩm sáng màu có thể bị tối màu hơn (Andrea et al., 2012).

Hình 1 cho thấy hàm lượng chất chống oxy hóa trong thịt quả giảm theo thời gian bảo quản đông ($P < 0,05$). Thời gian càng dài hàm lượng TPC và hoạt tính chống oxy hóa càng giảm. Sau 1 tháng bảo quản đông, hàm lượng polyphenol giảm khoảng 8,2 % từ 16,36 xuống còn 15,01 mg GAE/g CK ($P < 0,05$). Sau 2 tháng bảo quản đông, TPC giảm từ 16,36 còn 8,73 mg GAE/g CK (46,6%). Tương tự, DPPH giảm đáng kể trong quá trình bảo quản đông ($P < 0,05$). Sau 1 tháng và 2 tháng bảo quản, DPPH giảm từ 41,71 xuống 39,17 và 34,00 mg TE/g CK (lần lượt là 6,1 và 16,6%).

Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Patthamakanokporn et al. (2008) về sự thay đổi hoạt tính chống oxy hóa và hợp chất polyphenol của trái ổi khi bảo quản ở -20°C trong ba tháng. Theo đó, sau hai tuần bảo quản, hoạt tính chống oxy hóa và hợp chất polyphenol giảm đáng kể lần lượt là 23% và 62% và polyphenol giảm liên tục trong 3 tháng bảo quản. Nghiên cứu trước đây (Mirsaeedghazi et al., 2014) chỉ ra rằng bảo quản đông lạnh trái lựu ở nhiệt độ -25°C trong 20 ngày làm giảm hàm lượng polyphenol và DPPH lần lượt là 29% và 50%. So sánh với các nghiên cứu trên, TPC và DPPH trong trái quách biến đổi chậm hơn. Điều này có thể lý giải ở sự khác biệt về thành phần, trạng thái thịt quả và cả điều kiện thí nghiệm.

Trái quách là loại trái cây theo mùa nên cần trữ đông để đảm bảo nguồn nguyên liệu. Việc bảo quản ở -18°C thường được sử dụng để hạn chế sự biến đổi về hóa học và sự phát triển của vi sinh vật và kéo dài thời hạn sử dụng. Tuy nhiên, quá trình này có thể

làm vỡ tế bào, tạo điều kiện cho các phản ứng enzyme hoặc phản ứng oxy hóa xảy ra. Vì thế, các hợp chất polyphenol có thể bị phân hủy trong quá trình đông lạnh. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng polyphenol bị oxy hóa dưới tác động của enzyme polyphenol oxidase (Simkova et al., 2024) làm giảm đáng kể tổng lượng polyphenol (De-Leonardis & Macciola, 2011).

3.3. Biến đổi của TPC và DPPH trong quá trình thanh trùng

Kết quả được thể hiện ở Bảng 5 cho thấy giá trị thanh trùng (PU) các mẫu được giữ nhiệt trong thời gian 3, 6 và 9 phút lần lượt là 22,45; 32,46 và 44,47 phút. Vì vậy, cả 3 thời gian giữ nhiệt có thể được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

Dịch chiết quách được thanh trùng ở nhiệt độ 90°C cho thấy thời gian thanh trùng càng dài TPC và DPPH càng giảm. Khi thanh trùng dịch chiết ở các khoảng thời gian 3, 6 và 9 phút hàm lượng polyphenol lần lượt giảm còn 65,61; 55,21 và 45,60% so với trước thanh trùng (Ghi chú: Giá trị được tính toán theo công thức (1) với $T_{ref} = 85^{\circ}\text{C}$ và $z = 8,3^{\circ}\text{C}$).

Bảng 6). Tương tự, DPPH giảm còn 66,43; 59,68 và 45,75% so với ban đầu ở các thời gian thanh trùng 3, 6 và 9 phút.

Bảng 5. Giá trị thanh trùng ở 90°C theo thời gian giữ nhiệt của sản phẩm

Thời gian giữ nhiệt (phút)	PU (phút)
3	22,45
6	32,46
9	44,47

Ghi chú: Giá trị được tính toán theo công thức (1) với $T_{ref} = 85^{\circ}\text{C}$ và $z = 8,3^{\circ}\text{C}$.

Bảng 6. Ảnh hưởng của thời gian thanh trùng đến tỉ lệ TPC và DPPH của dịch chiết trái quách

Thời gian (phút)	TPC (%)	DPPH (%)
0	100 $\pm$ 5,02 ^c	100 $\pm$ 5,00 ^d
3	65,61 $\pm$ 8,43 ^b	66,43 $\pm$ 3,96 ^c
6	55,21 $\pm$ 5,42 ^{ab}	59,68 $\pm$ 5,04 ^{bc}
9	45,60 $\pm$ 4,09 ^a	45,75 $\pm$ 5,21 ^a

Ghi chú: Số liệu là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị có chữ cái đi kèm khác nhau (a, b và c) trong cùng một cột thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Thời gian giữ nhiệt càng dài thì PU càng lớn, sản phẩm càng an toàn. Dịch quách có pH 4,01 (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) thuộc nhóm thực phẩm chua, vi sinh vật mục tiêu là vi khuẩn kỵ

khí butyric phát triển trong môi trường acid, kém bền với nhiệt. Vì vậy, chế độ thanh trùng ở nhiệt độ tham chiếu $T_{ref} = 85^{\circ}\text{C}$ và $z = 8,3^{\circ}\text{C}$, giá trị PU cần thiết để đảm bảo an toàn về mặt sức khỏe là $^{8,3}\text{PU}_{85} = 5$ phút (Weemaes, 1997). Thời gian giữ nhiệt 3 phút đã được lựa chọn để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo.

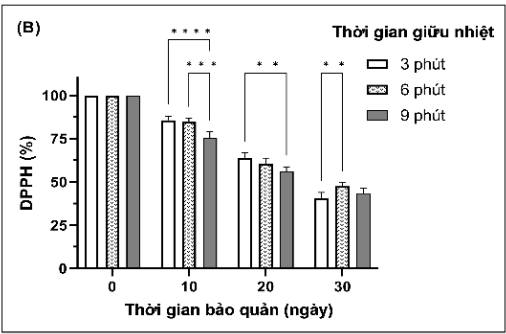
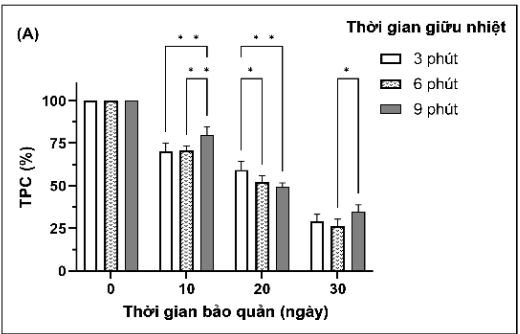
Bảng 7. Hàm lượng acid tổng (acid citric), độ Brix và pH của dịch chiết trái quách

Chỉ tiêu	Hàm lượng
Acid tổng (%)	$0,21 \pm 0,04$
Độ Brix (%)	$3,17 \pm 0,15$
pH	$4,01 \pm 0,01$

Số liệu trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại.

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng các hợp chất chống oxy hóa nhạy cảm với nhiệt nên thời gian thanh trùng càng dài hàm lượng chất chống oxy hóa giảm dần (Ross et al., 2011). Khi tăng nhiệt độ thanh trùng, quá trình khuếch tán polyphenol vào dung dịch diễn ra nhanh và triệt để. Đồng thời, nhiệt độ cao thời gian giữ nhiệt dài polyphenol bị oxy hóa và giảm hoạt tính sinh học (Trung et al., 2023). Khi

nhiệt độ tăng và thời gian thanh trùng kéo dài thì liên kết giữa các hợp chất có khả năng chống oxy hóa với gốc tự do giảm dần đến giảm hoạt tính chống oxy hóa DPPH. Xu hướng tăng giảm của hoạt tính chống oxy hóa DPPH đồng biến với sự tăng giảm TPC. Điều này là do TPC có hoạt tính chống oxy hóa cao nên khi hàm lượng hợp chất này tăng dẫn đến hoạt tính chống oxy hóa DPPH tăng và ngược lại (Cui et al., 2004). Các hợp chất polyphenol bị phân hủy ở một nhiệt độ và tương ứng là khoảng thời gian nhất định làm mất hoạt tính chống oxy hóa (Nguyen et al., 2021). Theo Kim et al. (2006) hàm lượng polyphenol có thể tăng khi xử lý ở một mức nhiệt độ nhất định do phá hủy liên kết của các hợp chất phenol giải phóng polyphenol và chuyển hóa hợp chất này từ dạng không hòa tan thành hòa tan, lignin bị phân hủy dẫn đến phóng thích dẫn xuất acid phenolic hoặc phenolic mới. Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian thanh trùng thì hàm lượng polyphenol giảm đáng kể do xuất hiện sự phân hủy của các hợp chất phenolic. Theo Dent et al. (2013) một yếu tố góp phần làm giảm TPC có thể là sự phân hủy của một số hợp chất phenolic do thủy phân, phản ứng oxy hóa khử bên trong hoặc phản ứng trùng hợp.



Hình 2. Biến đổi của TPC (A) và (DPPH) (B) của dịch chiết trái quách ở 40°C

Ghi chú: Số liệu là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Sự khác biệt được phân tích bằng ANOVA và t-test (*, $P < 0,05$, **, $P < 0,01$, ***, $P < 0,001$, ****, $P < 0,0001$).

Bảng 8. Hằng số động học của TPC và DPPH trong dịch chiết trái quách

Hằng số	TPC		DPPH	
	90°C	40°C	90°C	40°C
k (phút ⁻¹)	0,084	$2,689 \times 10^{-5}$	0,082	$2,090 \times 10^{-5}$
$t_{1/2}$ (phút)	8,224	$2,577 \times 10^4$	8,476	$3,864 \times 10^4$

Ghi chú: Các số liệu trong bảng là giá trị tính toán theo phương trình (2) – (6) với $P < 0,0001$.

3.4. Biến đổi TPC và DPPH của dịch chiết trong quá trình bảo quản

Quá trình bảo quản, thời gian và nhiệt độ tác động đến polyphenol và DPPH. Việc theo dõi các

chỉ tiêu này trong quá trình bảo quản nhằm xác định biến đổi của các chỉ tiêu chống oxy hóa của sản phẩm. Trong thời gian bảo quản ở nhiệt độ 40°C , TPC và DPPH trong dịch chiết đều giảm liên tục. TPC trong dịch chiết ở 3 chế độ thanh trùng giảm từ

20 đến 30% sau 10 ngày bảo quản, giảm 40 – 51% sau 20 ngày bảo quản và giảm từ 65 đến 74% sau 30 ngày bảo quản. Tương tự DPPH giảm sau 10, 20 và 30 ngày bảo quản lần lượt là 14 – 24%, 36 – 44% và 53 – 60% (Hình 2).

3.5. Xác định các thông số nhiệt động của TPC và DPPH

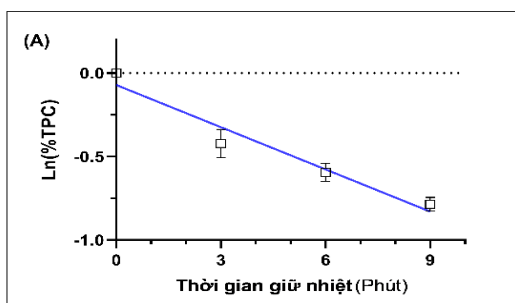
TPC và DPPH giảm trong quá trình thanh trùng ở 90°C tuân theo phản ứng bậc 1 (Hình 3). Phương trình logarit hóa TPC và DPPH giảm lần lượt tuân theo hàm:

$$Y = -0,084X - 0,071 \quad (3)$$

($R^2 = 0,923$, $P < 0,0001$, X: phút)

và $Y = -0,082X - 0,059$ (4)

($R^2 = 0,937$, $P < 0,0001$, X: phút)



Tương tự, TPC và DPPH giảm, ở 40°C (Hình 4) lần lượt tuân theo hàm:

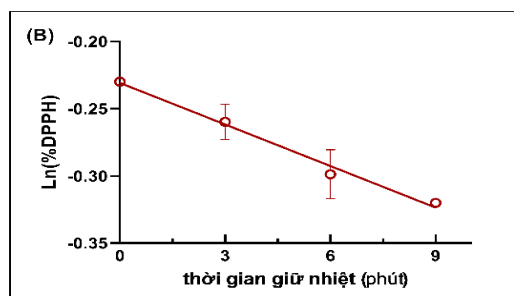
$$Y = -2,689 \times 10^{-5} \cdot X + 0,053 \quad (5)$$

($R^2 = 0,922$, $P < 0,0001$, X: phút)

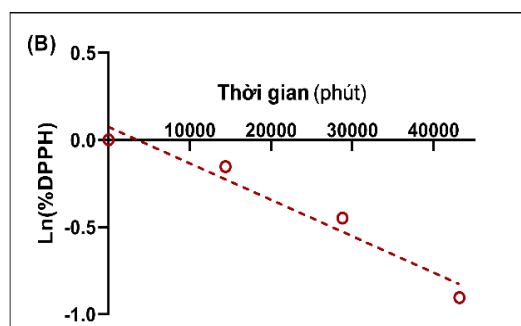
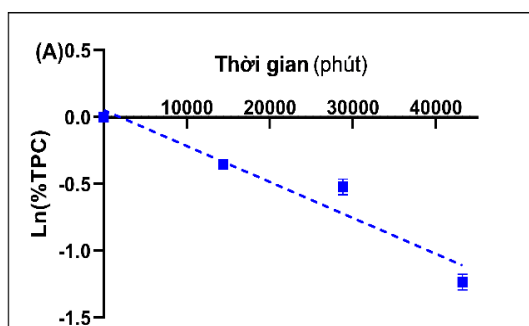
và $Y = -0,082X - 0,059$ (6)

($R^2 = 0,937$, $P < 0,0001$, X: phút)

Từ các phương trình trên và phương trình (2) xác định được $t_{1/2}$ của TPC và DPPH ở 40°C lần lượt là $2,577 \times 10^4$ phút (17,9 ngày) và $3,86 \times 10^4$ phút (26,8 ngày) và các giá trị trên ở 90°C lần lượt là 8,224 so với 8,476 phút (Bảng 8).



Hình 3. Biến đổi TPC (A) và DPPH (B) trong quá trình thanh trùng ở 90°C



Hình 4. Biến đổi TPC (A) và DPPH (B) trong dịch quách bảo quản ở 40°C

Ở 90°C thời gian bán rã ($t_{1/2}$) của TPC tương đương với DPPH cho thấy rằng ở nhiệt độ cao hoạt tính chống oxy hóa của dịch chiết quách bị mất hoạt tính gần như đồng thời với sự giảm hàm lượng polyphenol. Ngược lại, ở 40°C, hoạt tính kháng oxy hóa DPPH giảm chậm hơn so với sự giảm hàm lượng polyphenol.

Kết quả khảo sát này về thời gian bán rã của polyphenol phù hợp với nghiên cứu của García-Márquez et al. (2012) xác định thời gian bán rã của polyphenol trong nước lần lượt là 39,94 ngày và 22,39 ngày ở nhiệt độ 25 và 60°C. Nghiên cứu bột sấy phun quả trám vỏ đỏ (Trung et al., 2023) cho thấy thời gian bán rã hoạt tính chống oxy hóa là

346,57 ngày. Sự khác biệt về thời gian bán rã có thể do sự khác biệt về điều kiện thí nghiệm, nguyên liệu, dạng và độ ẩm của sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Sự thay đổi của hàm lượng acid tổng, màu sắc, TPC và DPPH trong quá trình trữ đông, thanh trùng và bảo quản đã được khảo sát trong nghiên cứu. TPC và DPPH giảm đáng kể sau 1 tháng trữ đông. Quá trình thanh trùng ở 90°C cũng làm TPC và DPPH giảm mạnh. Sau 30 ngày bảo quản ở 40°C, TPC và DPPH giảm lần lượt 65 – 74% và 53 – 60% so với lượng ban đầu. Thời gian bán rã, hệ số nhiệt động của TPC và DPPH cũng đã được xác định cho thấy

các polyphenol trong dịch chiết quả quách nhạy cảm với nhiệt và dễ dàng bị phá hủy. Nghiên cứu này được thực hiện là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo để chế biến các sản phẩm từ trái quách.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Trường Đại học Cần Thơ (mã số: T2024-122).

Nhóm tác giả cũng xin trân trọng cảm ơn Phòng thí nghiệm Công nghệ thực phẩm, Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ kỹ thuật và thiết bị cho nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Andrea, P., Lorena, M., Cecilia, B., Daniel, G., & Maria, P. (2012). Color Changes in Fresh-Cut Fruits as Aected by Cultivar, Chemical Treatment, and Storage Time and Temperature. In Luis Caivano Jose & del Pilar Buera Maria (Eds.), *Color in Food: Technological and Psychophysical Aspects* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press
- Cui, H., Shi, M. J., Meng, R., Zhou, J., Lai, C. Z., & Lin, X. Q. (2004). Effect of pH on inhibition and enhancement of luminol-H₂O₂-Co²⁺ chemiluminescence by phenolic compounds and amino acids. *Photochem Photobiol*, 79(3), 233-241.
<https://doi.org/10.1562/be-03-28.1>
- Dai, T. T. X., Chau, T. T., Truong, T. T. P., Tran, L. C., & Nguyen, N. T. K. (2024). Isolating Miliusa velutina endophytic bacteria to generate antioxidants and optimizing culture conditions for antioxidant production. *South African Journal of Botany*, 166, 561-570.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.01.052>
- De-Leonardis, A., & Macciola, V. (2011). Polyphenol oxidase from eggplant reduces the content of phenols and oxidative stability of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(9), 1124-1131.
<https://doi.org/10.1002/ejlt.201100089>
- Dent, M., Verica, D.-U., Penić, M., Brncic, M., Bosiljkov, T., & Levaj, B. (2013). The Effect of Extraction Solvents, Temperature and Time on the Composition and Mass Fraction of Polyphenols in Dalmatian Wild Sage (*Salvia officinalis* L.) Extracts. *Food Technology and Biotechnology*, 51, 84-91.
- García-Márquez, E., Román-Guerrero, A., Pérez-Alonso, C., Cruz-Sosa, F., Jiménez-Alvarado, R., & Vernon-Carter, E. J. (2012). Effect of solvent-temperature extraction conditions on the initial antioxidant activity and total phenolic content of muitle extracts and their decay upon storage at different pH. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 1-10.
- González-Castro, M. J., Oruña-Concha, M. J., López-Hernández, J., & Simal-Lozano, J. (1997). Effects of freezing on the organic acid content of frozen green beans and Padrón peppers. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 204(5), 365-368.
<https://doi.org/10.1007/s002170050091>
- Holdsworth, S. D., & Simpson, R. (2016). *Thermal Processing of Packaged Foods* (3rd ed.): Springer.
<http://doi.org/10.1007/978-3-319-24904-9>
- Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R., & Kammerer, D. (2012). Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Food Research International*, 48, 241–248.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.04.004>
- Horwitz, W. (2010). *Agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz* (Vol. I). Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997.
- Ilango, K., & Chitra, V. (2010). Wound Healing and Anti-oxidant Activities of the Fruit Pulp of Limonia Acidissima Linn (Rutaceae) in Rats. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* (ISSN: 1596-5996) Vol 9 Num 3, 9.
<https://doi.org/10.4314/tjpr.v9i3.56281>
- Kim, A. (2023). Trái quách - lợi ích sức khỏe không ngờ từ đặc sản miền Tây. Retrieved from Assesed on 13 April, 2024
<https://vtcnews.vn/trai-quach-loi-ich-suc-khoe-khong-ngu-tu-dac-san-mien-tay-ar783631.html>,
- Kim, S. Y., Jeong, S. M., Kim, S. J., Jeon, K. I., Park, E., Park, H. R., & Lee, S. C. (2006). Effect of heat treatment on the antioxidative and antigenotoxic activity of extracts from

- persimmon (*Diospyros kaki* L.) peel. *Biosci Biotechnol Biochem*, 70(4), 999-1002.
<https://doi.org/10.1271/bbb.70.999>
- Lamani, S., Anu-Appaiah, K. A., Murthy, H. N., Dewir, Y. H., & Rihan, H. Z. (2021). Fatty Acid Profile, Tocopherol Content of Seed Oil, and Nutritional Analysis of Seed Cake of Wood Apple (*Limonia acidissima* L.), an Underutilized Fruit-Yielding Tree Species. *Horticulturae*, 7(9). doi:
<https://doi.org/10.3390/horticulturae7090275>
- Mirsaeedghazi, H., Emam-Djomeh, Z., & Ahmadkhaniha, R. (2014). Effect of frozen storage on the anthocyanins and phenolic components of pomegranate juice. *Journal of Food Science and Technology*, 51(2), 382-386.
<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0504-z>
- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Colour differenceΔ EA survey. *Mach. Graph. Vis*, 20(4), 383-411.
- Nguyen, T. T. P., Thai, N. A., Dang, T. Y. L., Nguyen, T. L. D., Le, T. N. T., Tran, T. N., & Tran, T. N. (2021). Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Phenolic and Flavonoid Compounds from *Lyophilized docynia indica* Fruit. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 19(6), 726-736. (In Vietnamese)
- Nguyen, V. M., Thach, R. T., & Tran, T. T. (2009). Study on the Specific Characteristics of Wood Apple and Their Fruit Juice Fermentation Processing. *Can Tho University Journal of Science*(11b), 97-104. (in Vietnamese)
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., & Sirichakwal, P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 241-248.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.10.002>
- Ross, C. F., Hoye, C., Jr., & Fernandez-Plotka, V. C. (2011). Influence of heating on the polyphenolic content and antioxidant activity of grape seed flour. *Journal Food Science*, 76(6), C884-890.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02280.x>
- Sahari, M. A., Mohsen Boostani, F., & Zohreh Hamidi, E. (2004). Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chemistry*, 86(3), 357-363.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.008>
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202-1205.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.008>
- Simkova, K., Grohar, M. C., Pelacci, M., Veberic, R., Jakopic, J., & Hudina, M. (2024). The Effect of Freezing, Frozen Storage and Thawing on the Strawberry Fruit Composition. *International Journal of Fruit Science*, 24(1), 186-199.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2024.2355920>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. J. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdc-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
<http://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144%>
- Suttirak, W., & Manurakchinakorn, S. (2011). Potential Application of Ascorbic Acid, Citric Acid and Oxalic Acid for Browning Inhibition in Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 7(1), 5-14.
- Thompson, L. U., & Fennema, O. (1971). Effect of freezing on oxidation of L-ascorbic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 19(1), 121-124.
<https://doi.org/10.1021/jf60173a018>
- Tran, M. T., Phien Hong, H., Son Hoang, N., Thao Thi Phuong, T., Nhu Thi Bich, N., Uyen Thi To, N., De Quang, T., & Khang Tan, D. (2024). Chemical composition and biological activities of the extracts of *Peperomia pellucida* fractions. *The Natural Products Journal*, 14, 1-1.
<http://dx.doi.org/10.2174/2210315514666230808153921>
- Trung, N. M., Huyen, B. T. B., & Vinh, N. Q. (2023). Study on Kinetics of Polyphenol Content Degradation and Biological Activity of Spray-Dried Powder of *Syzygium zeylanicum* (L.) DC. Extract. *Can Tho University Journal of Science*, 59(5), 123-130. (In Vietnamese)
<https://doi.org/10.22144/ctujos.2023.197>
- van Boekel, M. A. J. S. (2008). *Kinetic Modeling of Reactions In Foods* (1st ed.): CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420017410>
- VINASTAQ. (2007). Fruit and vegetable products – Determination of titratable acidity. In (Vol. TCVN 5483:2007 (ISO 750:1998)). Ha Noi, Viet Nam: Vietnam Standards and Quality Association.
- VINASTAQ. (2013). Cereals and cereal products - Determination of moisture content (Basic reference method). In (Vol. TCVN 9706:2013 (ISO 711:1985)). Ha Noi, Viet Nam: Vietnam Standards and Quality Association.
- Weemaes, C. (1997). *In-pack thermal processing of foods*: Laboratory of Food Technology, Leuven University, Belgium
- Wikipedia. (2015). *Limonia acidissima*. Retrieved from Assesed on 13 April, 2024
https://en.wikipedia.org/wiki/Limonia_acidissima