

CHIẾT XUẤT CARBOHYDRATE TỔNG SỐ, VITAMIN C,
β-CAROTENE VÀ LYCOPENE TRONG QUẢ BÍ ĐỎ
(*Cucurbita moschata* D.) BẰNG SÓNG SIÊU ÂM

Lê Quốc Duy^{1*}, Vương Tuấn Phong²

EXTRACTION OF TOTAL CARBOHYDRATES, VITAMIN C, β-CAROTENE, AND
LYCOPENE IN PUMPKIN (*Cucurbita moschata* D.) USING ULTRASOUND WAVES

Le Quoc Duy^{1*}, Vuong Tuan Phong^{2*}

Tóm tắt – Bí đỏ (*Cucurbita moschata* D.) là loại cây trồng thuộc họ bầu bí (*Curbitaceae*), được trồng ở nhiều nước trên thế giới và là một trong những loại rau ăn quả chứa nhiều dưỡng chất có lợi cho sức khỏe con người. Hàm lượng carbohydrate tổng số, vitamin C, β-carotene và lycopene được xác định dựa vào đường chuẩn được thực hiện trên máy quang phổ UV-Vis. Kết quả li trích trong 100 g thịt quả tươi ở bí đỏ bằng sóng siêu âm với công suất 3000 W ở các tần số 20, 30, 40 và 50 kHz thu được carbohydrate tổng là 18,82 g/100 g ở tần số 50 kHz, bước sóng λ = 490 nm; hàm lượng vitamin C thu được 32,63 mg/100 g ở tần số 20 kHz, λ = 491 nm, trong khi đó hàm lượng β-carotene và lycopene đều cho hiệu suất trích li cao ở cùng tần số 40 kHz là 561,22 μg/100 g, 32,19 μg/100 g và λ = 450 nm, λ = 472 nm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sử dụng sóng siêu âm phá vỡ vách tế bào trong quá trình trích li các hợp chất carbohydrate tổng số, vitamin C, β-carotene và lycopene trong quả bí đỏ cho hiệu suất thu hồi cao.

Từ khóa: β-carotene, bí đỏ, carbohydrate tổng số, lycopene, sóng siêu âm, vitamin C.

Abstract – Pumpkin (*Cucurbita moschata* D.) is a cultivated plant species belonging to the

gourd family (*Curbitaceae*), grown in many countries around the world, and is one of the beneficial vegetable fruits containing many nutrients for human health. The total carbohydrate content, vitamin C, β-carotene, and lycopene levels were determined based on standard curves performed on a UV-Vis spectrophotometer. The results of extraction from 100 g of fresh fruit pulp in pumpkin using ultrasound waves with a power of 3000W at frequencies of 20, 30, 40, and 50 kHz yielded total carbohydrates of 18.82 g/100 g at a frequency of 50 kHz, wavelength λ = 490 nm; the vitamin C content obtained was 32.63 mg/100 g at a frequency of 20 kHz, λ = 491 nm, while the β-carotene and lycopene levels both showed high extraction efficiency at the same frequency of 40 kHz, with 561.22 μg/100 g, 32.19 μg/100 g respectively, and wavelengths λ = 450 nm, λ = 472 nm. The research results demonstrate that the use of ultrasound waves disrupts cell walls during the extraction process of total carbohydrates, vitamin C, β-carotene, and lycopene compounds in pumpkin fruits, achieving high recovery efficiency.

Keywords: β-carotene, lycopene, pumpkin, total carbohydrates, ultrasound wave, vitamin C.

^{1,2}Trường Đại học Trà Vinh, Việt Nam
Ngày nhận bài: 03/4/2024; Ngày nhận bài chỉnh sửa: 16/5/2024; Ngày chấp nhận đăng: 18/5/2024
*Tác giả liên hệ: lequocduy@tvu.edu.vn
^{1,2}Tra Vinh University, Vietnam
Received date: 03rd April 2024; Revised date: 16th May 2024; Accepted date: 18th May 2024
*Corresponding author: lequocduy@tvu.edu.vn

I. GIỚI THIỆU

Bí đỏ (*Curcubita moschata* D.) là loại cây trồng phổ biến ở nhiều nước châu Á, là nơi cung cấp sản lượng lớn và chiếm 50,3% sản lượng. Bí đỏ là một trong những nguồn nguyên liệu giúp điều trị giảm nồng độ glucose trong máu,

các bệnh tăng huyết áp, tăng nồng độ cholesterol [1–5]. Ngoài ra, theo Yadav et al. [6], bí đỏ còn giúp tăng hệ thống miễn dịch trong sinh sản, hoạt động của tim, da và cung cấp vitamin A, ascorbic acid. Thịt quả bí đỏ được sử dụng như một thực phẩm chức năng bổ sung cho con người như carbohydrate, vitamin, acid amin, acid béo [7]. Bên cạnh đó, bí đỏ chứa nhiều hợp chất chống oxy hoá làm giảm quá trình oxy hoá các acid béo không bão hoà trong màng tế bào [8], là nguồn cung cấp phytosterol như β -sitosterol giúp làm giảm hàm lượng cholesterol trong máu [9]. Tuy nhiên, quá trình tách chiết các hợp chất thiên nhiên thường sử dụng dung môi hữu cơ, enzyme, áp suất... trong việc phá vỡ vách tế bào để thu hồi các hợp chất tự nhiên mang lại hiệu quả chưa cao do cần nhiều thời gian cũng như kinh phí thực hiện. Do vậy, nghiên cứu về chiết xuất carbohydrate tổng số, vitamin C, β -carotene và lycopene trong quả bí đỏ (*Cucurbita moschata* D.) bằng sóng siêu âm đã được thực hiện.

II. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Hiện nay, các hợp chất tự nhiên thường sử dụng nhiều phương pháp chiết xuất khác nhau như đun nóng, sử dụng nước hoặc dung môi, chiết bằng chất lỏng siêu tới hạn, chiết bằng nước dưới tới hạn... Tuy nhiên, theo Chemat et al. [10], sử dụng kỹ thuật sóng siêu âm được ứng dụng nhiều trong công nghiệp thực phẩm nhằm giảm nhu cầu dung môi, hoá chất, thời gian chiết xuất nhanh, tiết kiệm chi phí, thân thiện môi trường. Ngoài ra, Chen et al. [11] cho rằng việc sử dụng sóng siêu âm trong chiết xuất các hợp chất tự nhiên được xem như ‘hoá học xanh’ cần được phổ biến rộng rãi trong tương lai. Bên cạnh đó, Petigny et al. [12] cho rằng sử dụng sóng siêu âm tạo ra lực cắt, sóng xung kích làm phá vỡ vách tế bào dễ dàng hơn, làm tăng hiệu quả quá trình chiết xuất.

Nghiên cứu Dang TT et al. [13] về tối ưu hoá các điều kiện có hỗ trợ siêu âm chiết xuất hàm lượng phenolic và hoạt tính kháng oxy hoá của tảo *Hormosira banksii* đạt hiệu quả cao và thời gian thí nghiệm ngắn hơn so với phương pháp chiết xuất thông thường bằng dung môi hữu cơ, từ đó mở ra tiềm năng trong nghiên cứu ứng dụng lĩnh vực thực phẩm và dược phẩm. Theo Caprio et al. [14], nghiên cứu chiết xuất carbohydrate từ

vi tảo có hỗ trợ sóng siêu âm hiệu suất thu hồi gấp 03 lần so với phương pháp hoá học. Ngoài ra, tối ưu hoá quá trình chiết xuất và khảo sát hoạt tính kháng oxy hoá từ rong biển cũng được thực hiện bởi Rahimi et al. [15].

Bên cạnh đó, sóng siêu âm được ứng dụng nhiều trong nghiên cứu và cho hiệu quả chiết xuất cao Guandalini et al. [16] chiết xuất phenolic và hoạt tính kháng oxy hoá từ xoài, Pan et al. [17] li trích các hợp chất kháng oxy hoá từ vỏ lựu, Galanakis [18] sử dụng sóng siêu âm xử lý phụ phẩm bã nho lên men, Garcia-Castello et al. [19] chiết xuất flavonoid từ bưởi cũng được thực hiện bằng sóng siêu âm. Ngoài ra, Al-Dhabi et al. [20] khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ rắn/lỏng trong chiết xuất các hợp chất phenolics bằng sóng siêu âm từ bã cà phê cũng được thực hiện.

Dubois et al. [21] xác định hàm lượng carbohydrate tổng số dựa vào đường chuẩn glucose và được đo độ hấp thụ ở bước sóng 492 nm. Ngoài ra, theo EMD Millipore – một công ty chuyên cung cấp các giải pháp giám sát trong quá trình sản xuất cho ngành công nghiệp thực phẩm và đồ uống, carbohydrate tổng số được xác định dựa vào độ ẩm, protein, chất béo và tro. Trong khi đó, vitamin C cũng được định lượng bằng sắc ký lỏng áp suất cao (High-performance liquid chromatography) dựa vào chất chuẩn và $\lambda = 245$ nm [22].

Trong báo cáo của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO) [23] về vai trò của các vitamin đối với sức khỏe con người cũng như kết quả nghiên cứu của Chilczuk et al. [24], máy quang phổ UV-Vis đã được sử dụng trong việc xác định hàm lượng carotenoid trong quả bí đỏ, $\lambda = 450$ nm. Ngoài ra, Desai AP et al. [25] cũng định lượng vitamin C bằng máy khúc xạ cầm tay (RQflex© Plus 10, Merck) dựa vào độ giảm của màu theo thời gian hoặc dựa vào đường chuẩn để xác định các hợp chất vitamin C và carotenoid trong khoảng bước sóng 200–600 nm. Theo Men et al. [26], thịt bí ngô rất giàu thành phần dinh dưỡng có lợi cho sức khỏe con người như carbohydrate (4,38–53,32%), vitamin C (10,84–83,05 mg/100 g), protein (0,76–19,61%). Nghiên cứu của Pham NB et al. [27] cho thấy hàm lượng carbohydrate có trong quả bí đỏ ở Việt Nam dao động từ 12,04–16%, Enneba et al. [28] cho rằng carbo-

hydrate chiếm 22,22% thịt quả. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu về hàm lượng β -carotene của Gbemenou UH et al. [29] dao động từ 450–710 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, vitamin C (7,73–8,07 $\text{mg}/100\text{ g}$), trong khi đó, theo Piepiórka-Stepuk et al. [9], vitamin C chiếm tới 19,38 $\text{mg}/100\text{ g}$ thịt quả và β -carotene chứa từ 531–609 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ thịt quả [3].

Tuy nhiên, vitamin C, carotenoid là những hợp chất rất dễ bị oxy hoá, do đó, việc nghiên cứu chiết xuất các hợp chất thiên nhiên cần lựa chọn phương pháp tối ưu, tiết kiệm chi phí, rút ngắn thời gian thực hiện thí nghiệm cho hiệu suất thu hồi sản phẩm nhanh và dễ dàng ứng dụng vào sản xuất. Tại tỉnh Trà Vinh, bí đỏ được trồng ở nhiều địa phương cho trái quanh năm, tuy nhiên, giá thành sản phẩm còn thấp do người tiêu dùng chưa thấy được lợi ích cũng như giá trị dinh dưỡng từ quả bí đỏ. Đây là loại cây có đặc tính dễ trồng, thích nghi được với nhiều điều kiện thời tiết và cho năng suất cao cần được phát triển trong tương lai.

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

A. Thời gian, địa điểm và nguyên vật liệu

Bí đỏ (*Cucurbita moshata* D.) được thu mua tại các hộ nông dân trồng tại thành phố Trà Vinh (chọn quả không bị sâu bệnh, thối, dập, không trầy xước).

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 6/2023 đến tháng 02/2024, tại Khoa Nông nghiệp – Thủy sản, Trường Đại học Trà Vinh.

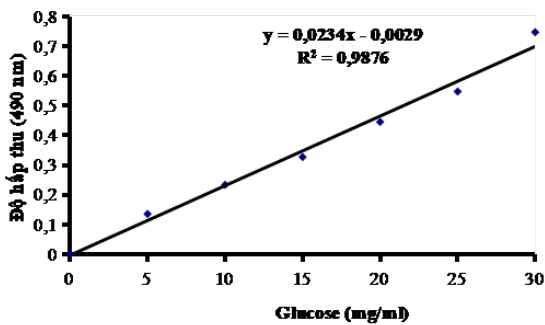
Hóa chất: Glucose solution (Sigma-Aldrich); H_2SO_4 (Trung Quốc); n-hexan ($\geq 95\%$, Sigma-Aldrich); β -carotene ($\geq 95\%$, Sigma-Aldrich); lycopene ($\geq 98\%$, Sigma-Aldrich); L-ascorbic acid ($\geq 99\%$, Sigma-Aldrich); acid acetic (Trung Quốc); 2,4-dinitrophenyl hydrazine (Trung Quốc).

B. Phương pháp thí nghiệm

Bí đỏ được thu tại các hộ nông dân được trồng tại thành phố Trà Vinh. Mẫu sau khi thu về được loại bỏ vỏ, hạt và cho vào máy thu dịch quả. Hỗn hợp cho vào bể rửa siêu âm (PLS-QXDY-3000, Trung Quốc) có công suất 3000 W và tiến hành chiết xuất mẫu ở các tần số 20, 30, 40, 50 kHz trong 60 phút. Sau đó, xác định hàm lượng

carbohydrate tổng số, vitamin C, β -carotene và lycopene ở các tần số được khảo sát.

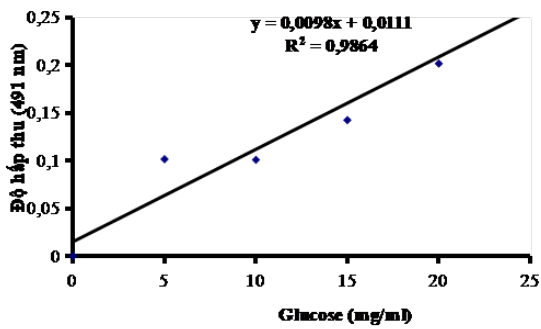
Carbohydrate tổng số (Hình 1): Hàm lượng carbohydrate tổng số được xác định dựa trên phản ứng màu của đường và phenol nhờ H_2SO_4 đậm đặc [21]. Chất chuẩn glucose pha ở nồng độ 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/ml được cho vào các ống nghiệm. Sau đó, thêm 1 ml phenol 5%, 5 ml H_2SO_4 đậm đặc, để nguội trong 10 phút. Đem đun cách thủy ở 30°C trong 20 phút (đến khi xuất hiện màu) và để trong 3 giờ, đo UV-Vis $\lambda = 492\text{ nm}$.



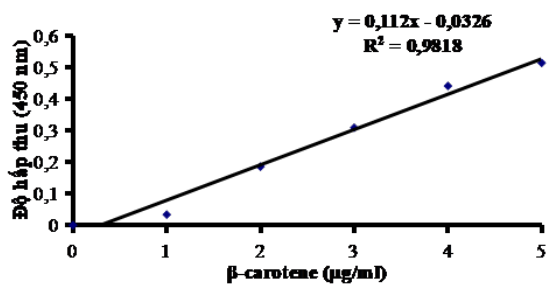
Hình 1: Đường chuẩn glucose

Ascorbic acid (Hình 2): cân 10 g thịt bí đỏ cho vào cốc và tiến hành chiết xuất trong bể rửa siêu âm ở các tần số 20, 30, 40, 50 KHz. Dịch thu được cho vào cốc và thêm vào 50 ml acid acetic 5% để oxy hoá ascorbic acid thành dehydroascorbic, cho vài giọt brom, nhỏ 3–4 giọt thiourea 10% để loại bỏ brom thừa. Sau đó, cho 1 ml 2,4-dinitrophenyl hydrazine và ủ ở 37°C trong 3 giờ, làm nguội dung dịch trong thùng nước đá, sau đó thêm 5 ml acid sulfuric 85% để tạo phức màu đỏ và đo UV-Vis $\lambda = 491\text{ nm}$, chất chuẩn vitamin C pha thành các nồng độ 5, 10, 15, 20, 25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (pha loãng trong nước cất) được thực hiện theo Anal et al. [25].

β -carotene (Hình 3): β -carotene chuẩn được hòa tan trong n-hexane có nồng độ (0–5 $\mu\text{g}/\text{ml}$) và đo UV-Vis $\lambda = 450\text{ nm}$.

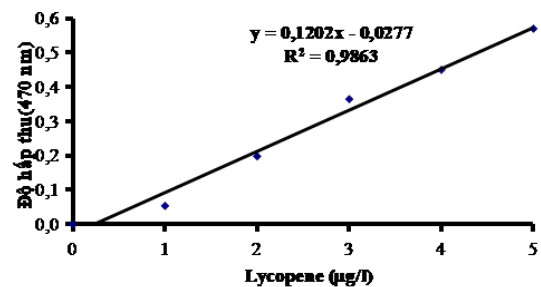


Hình 2: Đường chuẩn vitamin C



Hình 3: Đường chuẩn β-carotene

Lycopene: Lycopene chuẩn pha trong n-hexane (0–5 µg/ml) và đo UV-Vis λ = 472 nm.



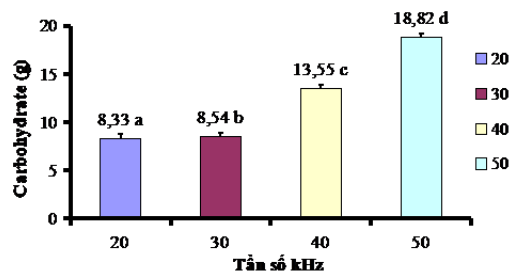
Hình 4: Đường chuẩn lycopene

IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu hàm lượng các chất trong 100 g mẫu tươi từ thịt quả bí đỏ, cho thấy:

Hàm lượng carbohydrate tổng số (Hình 5): tần số sóng siêu âm càng cao thì thu càng nhiều

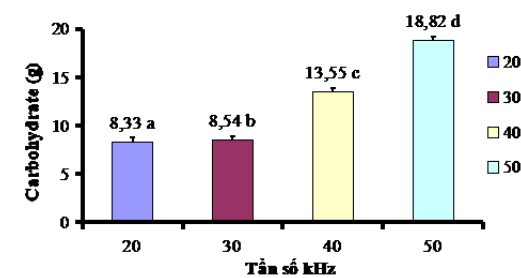
carbohydrate, cường độ sóng siêu âm đạt hiệu quả cao nhất ở tần số 50 kHz đạt 18,82 g/100 g, thấp nhất ở 20 kHz (8,83 g) và khác biệt thống kê so với các tần số còn lại ở mức ý nghĩa 5%. Kết quả nghiên cứu của Men et al. [26] về hàm lượng carbohydrate ở quả bí đỏ có thể dao động từ 4,38–53,32%. Trong khi đó, kết quả phân tích cho thấy, carbohydrate tổng số thu được đạt 18,82% cao hơn nghiên cứu của Pham NB et al. [27] với hàm lượng carbohydrate tổng số đạt cao nhất chỉ 16% và ít hơn 3,4% so với nghiên cứu Enneba et al. [28].



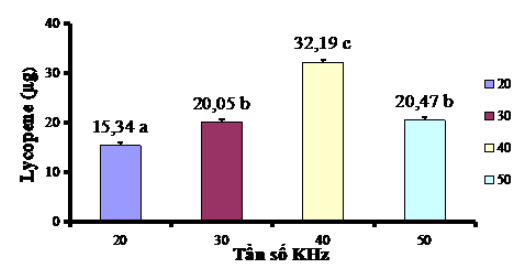
Hình 5: Hàm lượng carbohydrate tổng số

Hàm lượng Ascorbic acid (Hình 6): vitamin C thu được nhiều nhất ở tần số 20 kHz (32,63 mg), cao hơn so với Piepiórka-Stepuk et al. [9] và Ulrich et al. [29] lần lượt là 19,38 mg, cao nhất 8,07 mg, và thấp nhất ở tần số 50 kHz (15,70 mg), khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 5%. Theo Men et al. [26], hàm lượng vitamin C trong quả bí đỏ dao động từ 10,84–83,05 mg/100 g. Kết quả cho thấy, tần số siêu âm càng cao thì vitamin C thu được càng ít, có thể dưới tác động sóng siêu âm cường độ cao làm thay đổi cấu trúc cũng như làm tăng sự oxy hoá trong mẫu dẫn đến hiệu suất thu hồi thấp.

Hàm lượng β-carotene (Hình 7): hiệu suất thu hồi hàm lượng β-carotene cao nhất ở tần số 40 kHz (561,22 µg) và thấp nhất ở tần số 20 kHz (192,13 µg), khác biệt thống kê so với các tần số còn lại, mức ý nghĩa 5%. Hàm lượng β-carotene thu được bằng sóng siêu âm thấp hơn so với nghiên cứu Ulrich et al. [29] và Mi et al. [3] lần lượt là 450–710 µg/100 g và 531–609 µg/100 g thịt quả khi chiết xuất bằng dung môi hữu cơ. Sự khác biệt lớn này do khác nhau về thời gian thu

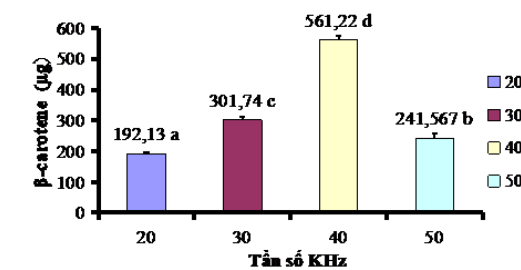


Hình 6: Hàm lượng vitamin C



Hình 8: Hàm lượng lycopene

hoạch, thổ nhưỡng, khí hậu, quá trình chăm sóc.



Hình 7: Hàm lượng β-carotene

Hàm lượng lycopene (Hình 8): hàm lượng lycopene đạt cao nhất ở tần số 40 kHz (32,19 µg) và thấp nhất ở tần số 20 kHz (15,34 µg), khác biệt thống kê so với các mẫu còn lại, ở mức ý nghĩa 5%. Lycopene là chất chống oxy hoá mạnh, thường được bổ sung trong các sản phẩm mỹ phẩm và việc xác định hàm lượng lycopene trong quả bí đỏ chưa tìm thấy kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước thực hiện.

V. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Tần số sóng siêu âm càng cao, carbohydrate tổng số thu được càng nhiều, và đạt hiệu quả cao nhất ở 50 kHz (18,82 g/100 g mẫu tươi); vitamin C đạt cao nhất ở tần số 20 kHz (32,63 mg) và hiệu suất thu hồi thấp khi tần số sóng siêu âm tăng lên; trong khi đó, β-carotene và lycopene cho hàm lượng cao nhất cùng ở tần số 40 kHz lần lượt là 561,22 µg/100 g và 32,19 µg/100 g mẫu tươi. Nghiên cứu xác định hàm lượng lycopene có trong quả bí đỏ góp phần nâng cao giá trị

thương mại loại quả này và được ứng dụng nhiều trong sản xuất mỹ phẩm, dược phẩm.

Các nghiên cứu tiếp theo về yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất bằng sóng siêu âm như: nhiệt độ, pH, áp suất, và thành phần dưỡng chất từ thịt quả, hạt, vỏ ở bí đỏ cần được thực hiện, góp phần nâng cao giá trị cũng như hiệu quả kinh tế cho người dân.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Trà Vinh đã hỗ trợ thiết bị phục vụ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] González E. Montenegro MA, Nazareno MA, Lopez de Mishima BA. Carotenoid composition and vitaamin A value of an Argentinaian squash (Cucurbita moschata). *Latin American Nutrition Archives [Archivos Latinoamericanos de Nutrición]*. 2001;51(4): 395–399. https://www.researchgate.net/publication/11358187_Carotenoid_composition_and_vitamin_A_value_of_an_Argentinean_squash_Cucurbita_moschata#fullTextFileContent [Accessed 4th June 2023].

[2] Adams GG, Imran S, Wang S, Mohammad A, Kok S, Gray DA, et al. The hypoglycaemic effect of pumpkins as anti-diabetic and functional medicines. *Food Research International*. 2011;44(4): 862-867. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.016>.

[3] Kim MY, Kim EJ, Kim YN, Choi C, Lee BH. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition Research and Practice*. 2012;6(1): 21–27. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>.

[4] Rahman MM, Juahir H, Islam MH , Khandaker MM, Ariff TM, Norsani WM. Prophetic vegetable pump-kin, its impressive health benefits and total analysis. *Bioscience Research*. 2019;16(4): 3987–3999.

- [5] Roura S, Del Valle C, Aguero L, Davidovich L. Changes in apparent viscosity and vitamin C retention during thermal treatment of butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch) pulp: effect of ripening stage. *Journal of Food Quality*. 2007;30(4): 538–551. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00141.x>.
- [6] Yadav M, Jain S, Tomar R, Prasad G, Yadav H. Medicinal and biological potential of pumpkin: An updated review. *Nutrition Research Reviews*. 2010;23(2): 184–190. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000107>.
- [7] Hagos M, Chandravanshi BS, Redi-Abshiro M, Yaya EE. Determination of total phenolic, total flavonoid, ascorbic acid contents and antioxidant activity of pumpkin flesh, peel and seeds. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*. 2023;37(5): 1093–1108. <https://dx.doi.org/10.4314/bcse.v37i5.3>.
- [8] Men X, Choi S, Han X, Kwon H.Y, Jang GW, Choi YE, et al. Physicochemical, nutritional and functional properties of *Cucurbita moschata*. *Food Science and Biotechnology*. 2020;30(2): 171–183. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00835-2>.
- [9] Piepiórka-Stepuk J, Wojtasik-Kalinowska I, Sterczyńska M, Mierzejewska S, Stachnik M, Jakubowski M. The effect of heat treatment on bioactive compounds and color of selected pumpkin cultivars. *LWT Food Science and Technology*. 2023;175(1): 114469. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114469>.
- [10] Chemat F, Zill-e-Huma, Khan MK. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2011;18(4): 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>.
- [11] Chen Y, Luo H, Gao A, Zhu M. Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seed by response surface methodology and their structural characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011b;12(3): 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.03.003>.
- [12] NPetigny L, Périno-Issartier S, Wajsman J, Chemat F. Batch and continuous ultrasound assisted extraction of boldo leaves (*Peumus boldus* Mol.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14(3): 5750–5764. <https://doi.org/10.3390/ijms14035750>.
- [13] Dang TT, Van Vuong Q, Schreider MJ, Bowyer MC, Van Altena IA, Scarlett CJ. Optimisation of ultrasound-assisted extraction conditions for phenolic content and antioxidant activities of the alga *Hormosira banksii* using response surface methodology. *Journal of Applied Phycology*. 2017;29(6): 3161–3173. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1162-y>.
- [14] Di Caprio F, Altamari P, Pagnanelli F. Ultrasound-assisted extraction of carbohydrates from microalgae. *Chemical Engineering Transactions*. 2021;86. <https://doi.org/10.3303/CET2186005>.
- [15] Rahimi F, Tabarsa M, Rezaei M. Ulvan from green algae *Ulva intestinalis*: Optimization of ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity. *Journal of Applied Phycology*. 2016;28(5): 2979–2990. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0824-5>.
- [16] Guandalini BBV, Rodrigues NP, Marczak LDF. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. *Food Research International*. 2019;119(1): 455–461. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.011>.
- [17] Pan Z, Qu W, Ma H, Atungulu GG, McHugh TH. Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2011;19(2): 365–372. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2011.05.015>.
- [18] Galanakis CM. Emerging extraction. In: Galanakis C (ed.) *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques*. London: Academic Press; 2015. p.249–272.
- [19] Garcia-Castello EM, Rodriguez-Lopez AD, Mayor L, Ballesteros R, Conidi Cassano CA. Optimization of conventional and ultrasound assisted extraction of flavonoids from grapefruit (*Citrus paradisi* L.) solid wastes. *LWT Food Science and Technology*. 2015;64(2): 1114–1122. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.024>.
- [20] Al-Dhabi NA, Ponmurugan K, Jeganathan PM. Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016;34: 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>.
- [21] Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 1955;28: 350–356. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60111a017>.
- [22] EMD Millipore. *Easy in-process monitoring for food and beverages*. Billerica, MA, USA: EMD Millipore Corporation; 2015.
- [23] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Human vitamin and mineral requirements. *Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand*. Rome, Italy: FAO; 2001.
- [24] Chilczuk B, Perucka I, Materska M, Buczkowska H. Content of lutein, zeaxanthin, and β -carotene in lyophilized fruits of selected cultivars of *Cucurbita maxima* D. *FOOD Science Technology Quality [ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość]*. 2014;2: 139–150. DOI: 10.15193/zntj/2014/93/139-150.
- [25] Desai AP, Desai S. UV spectroscopic method for determination of vitamin c (ascorbic acid) content in different fruits in south Gujarat Region. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 2019;21(2): 556055. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2019.21.556056>.
- [26] Men X, Choi S, Han X, Kwon HY, Jang GW, Choi YE, et al. Physicochemical, nutritional and functional properties of *Cucurbita moschata*. *Food Science and Biotechnology*. 2021;30: 171–183. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00835-2>.
- [27] Pham NB, Ma HT, Cao NT, Ngo HT, Le DT,

- Tong NT. Effects of the variety and harvesting age on physicochemical characteristics and nutritional composition of hybrid pumpkin (*Cucurbita moschata*) in Vietnam. *Chemical Engineering Transactions*. 2023;106: 865–870. <https://doi.org/10.3303/CET23106145>.
- [28] Enneba S, Drinea S, Baguesa M, Trikia T, Boussoraa F, Guasmia F, et al. Phytochemical profiles and nutritional composition of squash (*Cucurbita moschata* D.) from Tunisia. *South African Journal of Botany*. 2020;130: 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.011>.
- [29] Gbemenou UH, Ezin V, Ahanchede A. Current state of knowledge on the potential and production of *Cucurbita moschata* (pumpkin) in Africa. *African Journal of Plant Science*. 2022;16(1): 8–21. <https://doi.org/10.5897/AJPS2021.2202>.

