Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: SDMD 2024
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2024.438

SO SÁNH MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CHẤT LƯỢNG CỦA DẦU HẠT THANH LONG RUỘT ĐỎ (*Hylocereus polyrhizus*) TRÍCH LY BẰNG DUNG MÔI *n*-HEXAN VÀ ETHANOL

Phan Thị Thanh Quế[1*], Đỗ Thảo Quyên[2] và Lê Duy Nghĩa[1]
[1]*Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ*
[2]*Sinh viên ngành Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ*
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): pttque@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 29/03/2024
Sửa bài (Revised): 23/05/2024
Duyệt đăng (Accepted): 28/07/2024

Title: *Comparison of quality characteristics of red-flesh dragon fruit seed (Hylocereus polyrhizus) oil using n-hexane and ethanol as extraction solvents*

Author(s): *Phan Thi Thanh Que[1*], Do Thao Quyen[2] and Le Duy Nghia[1]*

Affiliation(s): *Can Tho University*

TÓM TẮT

Hạt thanh long ruột đỏ chứa hàm lượng dầu cao. n-hexan là dung môi được dùng phổ biến để trích ly dầu, mặc dù nó được xếp vào loại có độc tính cao và nguy hiểm cho môi trường. Nghiên cứu được thực hiện nhằm khai thác khả năng sử dụng ethanol như một dung môi không độc hại để thay thế n-hexan. Mục đích của nghiên cứu là đánh giá tính khả thi của việc thay thế n-hexan bằng ethanol trong quá trình trích ly dầu từ hạt thanh long ruột đỏ. Bên cạnh đó, thời gian trích ly bằng dung môi ethanol cũng được xác định. Kết quả cho thấy ethanol cho hiệu suất trích ly dầu thấp hơn n-hexan, tuy nhiên hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học như vitamin E, polyphenol tổng số và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH cao gần gấp 2 lần so với dầu trích ly với n-hexan. Đồng thời, hạt thanh long được ngâm trích trong ethanol kết hợp 24 giờ (28-30°C) và 2 giờ (45°C) giúp tăng hiệu suất trích ly dầu từ 49,64% (ngâm trích 3 giờ ở 45°C) đến 57,37% w/w chất béo trong hạt.

Từ khóa: *Dầu hạt thanh long, ethanol, n-hexan, trích ly*

ABSTRACT

Red-flesh dragon fruit seeds contain high amounts of oil. n-hexane is the solvent of choice in most solvent extraction oils, although it has been graded as highly toxic and hazardous to the environment. The present study was undertaken to explore the possibility of using ethanol as a non toxic solvent in place of n-hexane. This study aimed to evaluate the feasibility of replacing n-hexane with ethanol for the extraction of oil from dragon fruit seed. Besides, extraction time in ethanol was determined. The results indicated that ethanol has oil extraction efficiency lower than n-hexane, however, the content of antioxidant activity content such as vitamin E, total phenolic content and DPPH free radical scavenging were found approximately 2 times higher than n-hexane. In addition, dragon fruit seeds were extracted in aqueous ethanol for the combination of 24 hours (28-30°C) and 2 hours (45°C), helping to increase oil extraction efficiency from 49.64% (extraction time of 3 hours at 45°C) to 57.37% w/w of total fat in the seeds.

Keywords: *Dragon fruit seed oil, ethanol, n-hexane, extraction*

1. GIỚI THIỆU

Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) là loại cây ăn quả được trồng nhiều ở Việt Nam, trong đó ba địa phương có diện tích trồng thanh long lớn là Bình Thuận, Long An và Tiền Giang. Sản lượng thanh long năm 2022 đạt 1,285 triệu tấn (Hùng, 2023). Phần thịt quả thanh long ngoài mục đích sử dụng tươi còn có thể chế biến thành nhiều sản phẩm như nước ép, rượu vang, siro,… Trong quá trình chế biến, một phần lớn các phụ phẩm như vỏ, hạt sẽ được thải ra. Tỉ lệ hạt trong thanh long ruột đỏ chiếm 14,27% tổng khối lượng trái (Lim et al., 2010). Nếu tận dụng được nguồn phụ phẩm này thì ngoài việc góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường còn làm tăng giá trị kinh tế cho quả thanh long.

Hạt thanh long có chứa một lượng dầu đáng kể (31 – 34%), trong đó có chứa lượng lớn các axit béo chưa bão hòa như axit linoleic, axit oleic và axit linolenic (Quế và ctv., 2018). Đây là các axit béo thiết yếu cần thiết nhưng cơ thể không thể tự tổng hợp được. Ngoài ra, dầu hạt thanh long cũng là nguồn giàu các hợp chất chức năng như phytosterol, đặc biệt là campesterol, stigmasterol và b-sitosterol, vanillic, syringic, protocatechuic, pydroxybenzoic, p-coumaric và caffeic có thể sử dụng để bổ sung vào mỹ phẩm, thuốc và thực phẩm (Huang et al., 2021). Có nhiều phương pháp trích ly dầu từ hạt như ép cơ học, sử dụng dung môi, trích ly bằng enzyme, CO_2 siêu tới hạn,… Trong đó, phương pháp trích ly bằng dung môi là công nghệ chiết xuất dầu thực vật lâu đời, đã được sử dụng ở quy mô công nghiệp vì quy trình đơn giản và hiệu quả. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng có nhiều dung môi có thể được sử dụng để thu nhận dầu từ hạt. Tuy nhiên, tùy thuộc vào loại dung môi sử dụng mà có thể ảnh hưởng đến đặc tính chất lượng và thành phần hóa học của dầu (Uoonlue & Muangrat, 2019). *n*-hexan là dung môi được sử dụng nhiều nhất trong kỹ thuật này do hiệu suất trích ly cao, tuy nhiên *n*-hexan cực kỳ dễ cháy và không tái sử dụng được, hơn nữa còn là một chất độc thần kinh. Ngày nay *n*-hexan được xác định là chất gây ô nhiễm không khí, cần phải được thu hồi trong quá trình sản xuất (Hanmoungjai et al., 2000). Theo xu hướng bảo vệ môi trường và phát triển hóa học xanh, *n*-hexan cần được thay thế dần bằng các dung môi được công nhận là có hiệu quả kinh tế và an toàn hơn với con người, môi trường. Các dung môi phân cực thân thiện hơn với môi trường, dễ dàng thu hồi và có thể tái sử dụng ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Trong số đó, ethanol là một dung môi điển hình vì nó thu được từ các nguồn sinh học bằng quá trình lên men và được đặt trong danh mục GRAS (Generally Recognized As Safe, được công nhận là an toàn). Ethanol đã được đánh giá là loại dung môi có nhiều triển vọng để thay thế *n*-hexan trong trích ly dầu (Baümler et al., 2016). Nghiên cứu của Vilas-Franquesa et al. (2022) cho thấy dầu trích ly bằng ethanol có hàm lượng β-caroten cao hơn khi trích bằng *n*-hexan và dietyl ete, tuy nhiên hiệu suất trích ly dầu khi sử dụng ethanol thấp hơn do tính không chọn lọc (Russin et al., 2011); trong quá trình chiết, một số hợp chất phân cực cũng sẽ bị trích ly kèm theo do đặc tính phân cực của dung môi (Vilas-Franquesa et al., 2022). Mặc dù vậy, ethanol được xem là nguồn dung môi xanh, ít độc nên dầu trích ly bằng dung môi này đạt được chất lượng phù hợp để ứng dụng trong thực phẩm và mỹ phẩm. Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích đánh giá tính khả thi của việc thay thế dung môi *n*-hexan bằng ethanol và xác định thời gian trích ly thích hợp giúp nâng cao chất lượng và hiệu suất trích ly dầu từ hạt thanh long ruột đỏ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hạt thanh long ruột đỏ thu gom trong ngày từ Công ty chế biến nước thanh long tại huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang được vận chuyển về đến phòng thí nghiệm. Hạt thanh long được làm sạch, sấy khô ở nhiệt độ 60^{o}C trong thời gian khoảng 8 giờ và bảo quản ở nhiệt độ -20^{o}C để sử dụng trong các thí nghiệm (Quế và ctv., 2018). Hạt thanh long sau khi sấy khô được phân tích các thành phần chỉ tiêu chất lượng bao gồm hàm lượng chất khô tổng số, chất béo tổng số, vitamin E, TPC và DPPH để làm cơ sở cho việc đánh giá chất lượng dầu hạt thanh long sau khi trích ly.

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. So sánh chất lượng dầu hạt thanh long trích ly bằng dung môi n-hexan và ethanol

Hạt thanh long khô được nghiền mịn sử dụng máy xay gia vị (Seb Optimo Compact MB 4011, Pháp) với kích thước hạt <1 mm. Trích ly dầu hạt thanh long với dung môi hữu cơ bao gồm *n*-hexan và ethanol 95%, sử dụng máy khuấy từ gia nhiệt ở nhiệt độ 45^{o}C trong thời gian 3 giờ với tỉ lệ hạt/dung môi là 1/10. Hỗn hợp dịch trích được lọc qua giấy lọc Whatman số 1 trong điều kiện chân không để loại bỏ cặn. Loại dung môi ra khỏi dầu bằng thiết bị cô quay chân không với tốc độ 150 vòng/phút, nhiệt độ 35^{o}C. Xác định hiệu suất thu hồi dầu hạt thanh long và phân tích các chỉ tiêu chất lượng bao gồm

hàm lượng vitamin E, polyphenol tổng số, DPPH, màu sắc (L^*, a^*, b^*), chỉ số axit, chỉ số peroxit.

2.2.2. Ảnh hưởng của thời gian trích ly đến hiệu quả trích ly dầu hạt thanh long

Hạt thanh long được chuẩn bị và trích ly bằng dung môi ethanol với nhiệt độ và tỉ lệ hạt/dung môi cố định như nội dung 2.2.1, thời gian ngâm trích thay đổi với các mức: 2 giờ (45°C); 3 giờ (45°C); kết hợp ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 2 giờ (45°C); ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 3 giờ (45°C). Thực hiện ngâm trích động ở nhiệt độ 45°C bằng máy khuấy từ gia nhiệt và ngâm trích tĩnh không khuấy ở nhiệt độ môi trường 28-30°C. Dịch trích dầu hạt thanh long được lọc, loại dung môi, tính hiệu suất và phân tích các chỉ tiêu chất lượng tương tự như nội dung 2.2.1.

2.3. Phương pháp phân tích

Hàm lượng chất khô tổng số được xác định bằng bằng phương pháp sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi (TCVN 8949:2011). Hàm lượng chất béo tổng số được xác định bằng phương pháp Soxhlet (TCVN 8948:2011). Hiệu suất thu hồi được tính toán dựa vào khối lượng dầu thu được so với khối lượng nguyên liệu ban đầu và khối lượng chất béo tổng số trong hạt thanh long. Màu sắc (L^*, a^*, b^*) được xác định bằng máy đo màu Konica Minolta CR-20. Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) được xác định dựa trên phản ứng khử của thuốc thử Foli*n*-Ciocalteu hấp thụ ánh sáng cực đại ở bước sóng 765 nm (Feduraev et al., 2019); khả năng loại gốc tự do DPPH được xác định bằng phản ứng tiếp xúc với các chất chống oxy hóa như hợp chất phenol, 2,2-diphenyl-1-1picrylhydrazyl (DPPH) sẽ nhận hydro và bị khử làm chuyển màu dung dịch từ màu tím sang màu vàng sáng, và được đo quang phổ ở bước sóng 517 nm (Mensor et al., 2001); hàm lượng vitamin E được xác định dựa trên phản ứng lên màu của vitamin E với thuốc thử gồm $FeCl_3$ và 2,2-dipyridin (hoặc ophenantrolin), vitamin E sẽ khử Fe^{3+} thành Fe^{2+} và Fe^{2+} phản ứng với 2,2-dipyridin (hoặc ophenantrolin), tạo một hợp chất màu đỏ và tiến hành đo độ hấp thụ ở bước sóng 520 nm (Ishaq et al., 2013). Chỉ số axit được xác định theo TCVN 6127:2010 (ISO 660:2009); chỉ số peroxit được xác định theo TCVN 6121:2018 (ISO 3960:2017).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả được xử lý theo phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định LSD (Least Significant Diference) để kết luận về sự sai khác giữa trung bình các nghiệm thức bằng chương trình STATGRAPHICS XV.I. Kết quả nghiên cứu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (mean ± SD).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần chất lượng hạt thanh long

Thành phần hóa học nguyên liệu hạt thanh long được xác định để làm cơ sở cho việc đánh giá chất lượng dầu. Kết quả Bảng 1 cho thấy hạt thanh long sử dụng trong nghiên cứu đã được sấy khô với hàm lượng chất khô tổng số trong hạt đạt 95,70%, và có chứa hàm lượng chất béo tổng số cao (31,82%), tương đồng với kết quả nghiên cứu của Liaotrakoon et al. (2012). Bên cạnh đó hạt thanh long ruột đỏ là nguồn giàu vitamin E và TPC cao, lần lượt là 2.918,72 mg/kg và 1,07 mgGAE/g chất khô. Đồng thời, hoạt tính chống oxy hóa của hạt thanh long ruột đỏ được đánh giá thông qua khả năng khử gốc tự do DPPH, ở mức rất cao (87,71%). Kết quả này tương đương với kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Alam et al. (2023), với TPC và khả năng khử gốc tự do DPPH lần lượt là 1,31 mgGAE/g chất khô và 91,35%. Từ các kết quả trên cho thấy, hạt thanh long có tiềm năng trong việc sử dụng làm nguyên liệu cho quá trình trích ly dầu, đặc biệt là thành phần các hợp chất có hoạt tính sinh học cùng khả năng vô hoạt gốc tự do DPPH cao sẽ góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng của dầu hạt thanh long.

Bảng 1. Thành phần nguyên liệu hạt thanh long ruột đỏ

Thành phần	Hàm lượng[1]
Chất khô tổng số (%)	95,70±0,28
Chất béo tổng (%, w/w)	31,82±0,93
Vitamin E (mg/kg)	2.918,72±59,16
TPC (mgGAE/g chất khô)	1,07±0,04
DPPH (%)	87,71±1,40

[1]Kết quả trung bình của 3 lần lặp lại, được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3)

3.2. Hiệu quả trích ly dầu hạt thanh long sử dụng dung môi *n*-hexan và ethanol

Từ kết quả Bảng 2 cho thấy, loại dung môi có ảnh hưởng đến hiệu suất trích ly, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Khi lựa chọn dung môi, các yếu tố ảnh hưởng cần xem xét là hiệu quả trích ly, mức độ an toàn, không gây cháy nổ, giá thành thấp và dễ tìm (Mẫn và ctv., 2011). Dầu hạt thanh long được trích ly bằng ethanol cho hiệu suất thu hồi là 15,85% w/w hạt, thấp hơn so với mẫu trích ly bằng *n*-hexan (27,55% w/w hạt). Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Adnan et al. (2011), hiệu suất trích ly dầu hạt thanh long ruột đỏ bằng *n*-hexan và ethanol lần lượt là 26,9% và 15,4%. Hàm lượng

chất béo tổng số trong hạt thanh long là 31,82% (Bảng 1), do đó khi tính hiệu suất thu hồi trên chất béo tổng số thì dầu được trích ly bằng *n*-hexan đạt 86,26%, trong khi trích ly với ethanol chỉ đạt 49,64%. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng loại dung môi và điều kiện chiết xuất như tỉ lệ nguyên liệu/dung môi, nhiệt độ, thời gian trích ly,… đều có ảnh hưởng đến hiệu suất trích ly dầu và thành phần axit béo của dầu hạt (Okeleye & Betiku, 2019). Dầu hạt thanh long không phân cực nên dung môi có độ phân cực càng thấp thì khả năng hòa tan dầu càng cao, đồng nghĩa với hiệu suất trích ly dầu càng cao. Mô men lưỡng cực (μ) là giá trị đặc trưng cho độ phân cực của dung môi. Giá trị μ càng lớn chứng tỏ độ phân cực của dung môi đó càng mạnh. Độ phân cực của *n*-hexan (μ = 0,08D) thấp hơn ethanol (μ = 1,69D) nên hiệu suất trích ly dầu cao hơn. Các dung môi phân cực đơn (axeton và ethanol) cho hiệu suất thu hồi thấp có thể là do độ phân cực của dung môi tăng quá mức, từ đó hạn chế khả năng hòa tan của dầu và dẫn đến quá trình thủy phân (hòa tan) một số chất béo (Russin et al., 2011). Tuy nhiên, Bhatnagar and Krishna (2013) cho rằng việc tăng độ phân cực của dung môi có thể tăng hiệu suất trích ly. Dung môi phân cực làm giảm sự chênh lệch sức căng bề mặt của ranh giới pha và cải thiện khả năng tách pha (Berezin et al., 1996). Trong nghiên cứu của Fitria et al. (2023) trên hạt cà phê cho thấy hiệu suất thu hồi khi trích ly bằng ethanol cao hơn so với dung môi *n*-hexan. Tuy nhiên, nghiên cứu khác của nhóm tác giả Saxena et al. (2011) cho kết quả hiệu suất thu hồi dầu hạt bông trích ly bằng ethanol và *n*-hexan ở nhiệt độ 45°C với tỉ lệ dung môi/hạt lớn hơn 10 là tương đương nhau.

Bảng 2. Hiệu suất trích ly dầu hạt thanh long bằng dung môi *n*-hexan và ethanol

Loại dung môi	Hiệu suất thu hồi (%w/w hạt)	Hiệu suất thu hồi (% w/w chất béo trong hạt)
n-hexan	27,55±0,32[a]	86,26±1,00[a]
Ethanol	15,85±0,03[b]	49,64±0,10[b]

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%

Bảng 3. Hàm lượng vitamin E, polyphenol tổng số (TPC) và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH trong dầu hạt thanh long trích ly bằng *n*-hexan và ethanol

Loại dung môi	Hàm lượng vitamin E (mg/kg)	TPC (mgGAE/g)	DPPH (%)
n-hexan	1.640,6±314,1[b]	0,42±0,08[b]	46,20±1,04[b]
Ethanol	3.061,1±110,8[a]	1,05±0,06[a]	70,81±0,28[a]

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%

Kết quả thống kê ở Bảng 3 cho thấy dầu được trích ly bằng *n*-hexan có hàm lượng vitamin E là 1.640,6 mg/kg, thấp hơn so với dầu được trích ly bằng ethanol 3.061,1 mg/kg, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Tương tự vậy, nghiên cứu của Baümler et al. (2016) cũng cho thấy dầu hướng dương trích ly bằng ethanol có hàm lượng vitamin E cao hơn so với trích ly bằng *n*-hexan. Theo Wang et al. (2023), sự khác nhau về độ phân cực của dung môi có thể gây ra sự khác biệt về hàm lượng vitamin E trong dầu. Ethanol giúp phá hủy các liên kết giữa vitamin E và các thành phần trong hạt, từ đó giải phóng vitamin E nhiều hơn (Fisk et al., 2006).

Bên cạnh vitamin E, hiệu quả trích ly polyphenol từ nguyên liệu thực vật cũng phụ thuộc vào loại dung môi sử dụng, đặc biệt là độ phân cực của dung môi (Hà và ctv., 2010). Kết quả Bảng 3 cho thấy hàm lượng polyphenol tổng số và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH của dầu hạt thanh long được trích ly bằng ethanol cao hơn nhiều so với chiết xuất bằng *n*-hexan, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Nguyên nhân là do polyphenol chứa nhiều gốc hydroxyl và glycoside nên dễ dàng hòa tan hơn trong các dung môi phân cực. Đồng thời, dung môi phân cực có khả năng tạo liên kết hydro, phá vỡ các liên kết yếu hơn giữa chất nền thực vật và polyphenol, từ đó tăng cường giải phóng nhiều polyphenol hơn (Wang et al., 2023). Nghiên cứu của Zhang et al. (2017) cũng cho thấy ethanol có lợi thế rõ ràng trong việc chiết xuất polyphenol từ hạt me rừng. Nghiên cứu khác của Adnan et al., (2011) cho kết quả hoạt tính chống oxy hóa dầu hạt thanh long được trích ly bằng ethanol đến 74,76%, tương đương khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH trong nghiên cứu này (70,81%).

Bảng 4. Màu sắc (chỉ số L^*, a^*, b^*) và chỉ số axit, peroxit trong dầu hạt thanh long ruột đỏ trích ly bằng *n*-hexan và ethanol

Loại dung môi	L^*	a^*	b^*	Chỉ số axit (mgKOH/g)	Chỉ số peroxit ($mEqO_2/kg$)
n-hexan	$55,21\pm2,2^{ns}$	$9,40\pm1,8^{ns}$	$13,51\pm4,4^{ns}$	$2,23\pm0,2^{ns}$	$6,0\pm0,8^{a}$
Ethanol	$55,87\pm1,0^{ns}$	$11,66\pm0,1^{ns}$	$10,50\pm1,7^{ns}$	$2,27\pm0,2^{ns}$	$3,8\pm0,9^{b}$

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt (p>0,05)

Trong sản xuất cũng như trong nghiên cứu, để đánh giá nhanh chất lượng dầu thực vật một cách tương đối, người ta thường dựa vào trạng thái và một số chỉ số hóa lý đặc trưng của dầu. Chỉ số axit được dùng để đánh giá lượng axit béo tự do trong dầu. Bản thân nguyên liệu có thể chứa các axit béo tự do hoặc là sản phẩm của các quá trình chế biến. Chỉ số axit càng thấp, chất lượng chất béo càng cao, bảo quản càng dễ và không phức tạp trong quá trình chế biến (Quế và ctv., 2018). Từ kết quả thống kê ở Bảng 4 cho thấy chỉ số axit của dầu trích ly từ dung môi ethanol và *n*-hexan duy trì ở mức thấp, lần lượt là 2,27 mgKOH/g và 2,23 mgKOH/g, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) và đều nằm trong giới hạn cho phép theo TCVN 7597:2018 về dầu thực vật là 4 mgKOH/g.

Chỉ số peroxit đo lường sự hình thành quá trình oxy hóa sơ cấp các sản phẩm từ dầu và được dùng để đánh giá độ tươi của dầu, chỉ số này càng cao thì độ tươi của dầu càng thấp. Đối với những loại dầu có nhiều axit béo chưa bão hòa như dầu hạt thanh long, quá trình hư hỏng do oxy hóa sẽ diễn ra nhanh hơn. Từ kết quả thống kê ở Bảng 4 cho thấy, loại dung môi dùng để trích ly có ảnh hưởng đến chỉ số peroxit của dầu hạt thanh long, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Dầu được trích ly với *n*-hexan có chỉ số peroxit cao hơn (6 mEq O_2/kg) dầu được trích ly bằng ethanol (3,75 mEq O_2/kg). Có thể thấy rằng dầu trích ly bằng ethanol có tính ổn định oxy hóa cao hơn so với trích ly bằng *n*-hexan, điều này có thể là do hàm lượng vitamin E trong dầu trích ly với ethanol cao hơn dầu trích ly với *n*-hexan. Tuy nhiên, theo TCVN 7597:2018 về dầu thực vật quy định chỉ số peroxit trong dầu dưới 15 mEq O_2/kg, cả 2 loại dung môi sử dụng để trích ly đều đáp ứng theo tiêu chuẩn này. Với chỉ tiêu màu sắc của dầu hạt thanh long được đánh giá thông qua các giá trị L^*, a^*, b^*. Kết quả Bảng 4 cho thấy dầu trích ly bằng *n*-hexan và ethanol đều có màu vàng sáng đặc trưng của dầu, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

3.3. Hiệu suất thu hồi và chất lượng dầu hạt thanh long trích ly bằng dung môi ethanol ở các mức thời gian khác nhau

Thời gian trích ly có ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi của dầu hạt thanh long, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) (Bảng 5). Nhìn chung, thời gian trích ly càng dài thì hiệu suất trích ly càng cao, từ 13,81% (ngâm trích 2 giờ ở nhiệt độ 45°C) đến 19,47% (kết hợp ngâm trích ly 24 giờ ở 28-30°C và 3 giờ ở nhiệt độ 45°C). Khi tăng thời gian trích ly thì thời gian tiếp xúc giữa dung môi và nguyên liệu sẽ tăng, từ đó làm tăng hiệu suất thu hồi. Tuy nhiên, nếu thời gian trích ly quá dài thì hiệu suất thu hồi dịch trích ly sẽ tăng thêm không đáng kể (Mẫn và ctv., 2011), cụ thể với mẫu kết hợp ngâm trích 24 giờ ở 28-30°C và 2 giờ hoặc 3 giờ ở nhiệt độ 45°C có hiệu suất thu hồi tương đương nhau, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$). Điều này có thể được giải thích là do ở giai đoạn đầu của quá trình trích ly, dầu được hòa tan vào dung môi một cách nhanh chóng do sự chênh lệch nồng độ dầu giữa nguyên liệu và dung môi còn lớn, nhưng sau một thời gian trích ly nhất định, sự chênh lệch nồng độ giảm xuống, làm cho động lực của quá trình trích ly giảm mạnh cho đến ngưỡng dầu không thể hòa tan vào dung môi. Trong nghiên cứu của Saxena et al. (2011) cũng cho thấy khoảng 95% lượng dầu trong hạt bông được trích ly trong khoảng 180 phút đầu. Tuy nhiên, kết quả Bảng 5 cho thấy nếu tính hiệu suất trích ly trên hàm lượng chất béo tổng số trong hạt thanh long thì hiệu suất trích ly dầu mới đạt hơn 60%. Nguyên nhân có thể là do bên cạnh loại dung môi và thời gian trích ly, các yếu tố nhiệt độ trích ly, tỷ lệ dung môi và nguyên liệu, số chu kỳ trích ly, đặc tính cũng như kích thước nguyên liệu cũng là những thông số quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất trích ly (Brglez et al., 2016).

Bảng 5. Hiệu suất trích ly dầu hạt thanh long với dung môi ethanol ở các mức thời gian khác nhau

Thời gian trích ly	Hiệu suất trích ly (%w/w hạt)	Hiệu suất trích ly (% w/w chất béo trong hạt)
Ngâm trích 2 giờ (45°C)	13,81±0,08^{c}	43,23±0,26^{c}
Ngâm trích 3 giờ (45°C)	15,67±0,30^{b}	49,06±0,92^{b}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 2 giờ (45°C)	18,32±0,02^{a}	57,37±0,06^{a}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 3 giờ (45°C)	19,47±0,70^{a}	60,95±2,16^{a}

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b, c khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%

Bảng 6. Hàm lượng vitamin E, TPC và khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH trong dầu hạt thanh long trích ly với dung môi ethanol ở các mức thời gian khác nhau

Thời gian trích ly	TPC (mgGAE/g)	DPPH(%)	Hàm lượng vitamin E (mg/kg)
Ngâm trích 2 giờ (45°C)	0,83±0,16^{b}	71,50±0,52^{ns}	2.687,5±24,6^{c}
Ngâm trích 3 giờ (45°C)	1,13±0,01^{a}	71,37±0,63^{ns}	3.205,9±61,4^{b}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 2 giờ (45°C)	1,17±0,01^{a}	71,60±0,53^{ns}	3.440,5±73,7^{a}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 3 giờ (45°C)	1,09±0,07^{a}	71,80±0,23^{ns}	3.336,2±24,6^{ab}

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt (p>0,05)

Bảng 7. Ảnh hưởng của thời gian trích ly đến màu sắc (chỉ số L^*, a^*, b^*) và chỉ số axit, peroxit của dầu hạt thanh long

Thời gian trích ly	L^*	a^*	b^*	Chỉ số axit (mgKOH/g)	Chỉ số peroxit ($mEqO_2$/kg)
Ngâm trích 2 giờ (45°C)	48,66±2,05^{ns}	5,96±1,03^{ns}	6,36±0,71^{ns}	2,63±0,20^{b}	5,5±0,7^{a}
Ngâm trích 3 giờ (45°C)	49,59±1,18^{ns}	5,49±0,50^{ns}	5,67±0,73^{ns}	3,16±0,24^{ab}	2,5±0,7^{b}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 2 giờ (45°C)	49,13±0,60^{ns}	7,34±1,60^{ns}	6,72±0,42^{ns}	3,69±0,04^{a}	3,5±0,7^{b}
Ngâm trích 24 giờ (28-30°C) và 3 giờ (45°C)	49,28±1,50^{ns}	6,61±0,74^{ns}	7,24±2,08^{ns}	3,47±0,35^{a}	3,5±0,7^{b}

Ghi chú: Giá trị trung bình trong cùng một cột có các chữ cái a, b khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%; ns: không khác biệt (p>0,05)

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) trong dịch trích dầu tăng, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05) khi tăng thời gian ngâm trích từ 2 giờ đến 3 giờ ở nhiệt độ 45°C (Bảng 6). Tuy nhiên khi kéo dài thời gian ngâm trích kết hợp 24 giờ ở 28-30°C và 2 giờ hoặc 3 giờ ở nhiệt độ 45°C thì TPC trong dịch trích dầu vẫn không thay đổi, khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với mẫu ngâm trích thời gian 3 giờ ở nhiệt độ 45°C. Ngược lại, khi kéo dài thời gian trích ly (kết hợp ngâm trích 24 giờ ở 28-30°C và 2 giờ ở 45°C thì hàm lượng vitamin E trong dầu tăng, đạt giá trị cao nhất (3.440,5 mg/kg), khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 2 mức thời gian ngâm trích là 2 giờ và 3 giờ ở nhiệt độ 45°C. Quá trình tiếp xúc giữa dung môi và nguyên liệu trong thời gian đủ dài làm cho các liên kết giữa polyphenol, vitamin E với các chất nền trong mẫu bị phá vỡ, từ đó gia tăng hàm lượng TPC và vitamin E (Bảng 6). Trong khi đó thời gian trích ly không ảnh hưởng đến khả năng khử gốc tự do DPPH, dao động trong khoảng rất nhỏ, 71,37 - 71,80%.

Chỉ số peroxit còn được dùng để đánh giá tính an toàn của dầu. Dầu ăn có chỉ số peroxit thấp thì an toàn cho người tiêu dùng vì nó ổn định hơn về mặt oxy hóa, có ít hoặc không có các hydroperoxit (Arawande, 2015). Kết quả Bảng 7 cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số peroxit giữa dầu trích ly ở thời gian 2 giờ (5,5 mEq O_2/kg) so với các mẫu còn lại (2,5-3,5 mEq O_2/kg) (p<0,05). Quá trình trích ly được thực hiện ở nhiệt độ 45°C, thời gian trích ly dài sẽ phá vỡ liên kết đôi của axit béo không bão hòa và hình thành các gốc peroxit. Các gốc này sẽ liên kết hydro với các liên kết đôi của các axit béo khác tạo ra hydroperoxit hoặc hình thành các gốc mới. Về nguyên tắc, thời gian trích ly càng dài thì dầu tiếp xúc với oxy càng nhiều, từ đó góp phần gia tăng quá trình oxy hóa làm gia tăng chỉ số peroxit. Tuy nhiên, kết quả thu nhận trong nghiên

cứu này ngược lại, điều này có thể được giải thích là do hàm lượng vitamin E trong dịch trích dầu cao với mẫu ngâm trích thời gian 3 giờ ở nhiệt độ 45°C hoặc kết hợp ngâm trích 24 giờ ở 28-30°C và 2 giờ hoặc 3 giờ ở nhiệt độ 45°C, từ đó giúp làm giảm hàm lượng peroxit trong dầu. Ngược lại, chỉ số axit tăng khi thời gian trích ly dài (Bảng 7). Nguyên nhân có thể do thời gian trích ly dài làm tăng quá trình thủy phân và oxy hóa (Fitria et al., 2023). Bên cạnh đó, nhiệt, không khí và độ ẩm cũng là những yếu tố làm đứt gãy liên kết ester và giải phóng các axit béo tự do. Mặc dù chỉ số peroxit và axit bị ảnh hưởng bởi thời gian trích ly, tuy nhiên dầu thu nhận được vẫn có màu vàng sáng đặc trưng với giá trị L^*, a^*, b^* khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p>0,05).

4. KẾT LUẬN

Ethanol là dung môi thân thiện với môi trường, có nhiều triển vọng trong ứng dụng trích ly dầu từ hạt thanh long ruột đỏ. Đặc biệt, dịch trích dầu thu được từ dung môi ethanol ít độc hại hơn, có thể ứng dụng để sản xuất các sản phẩm thực phẩm, mỹ phẩm. Mặc dù hiệu suất trích ly dầu sử dụng ethanol thấp hơn so với trích ly với dung môi *n*-hexan, nhưng hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học như vitamin E, polyphenol tổng số cùng khả năng khử gốc tự do DPPH cao vượt trội so với dầu trích ly với *n*-hexan. Bên cạnh đó, để tăng hiệu suất trích ly dầu từ dung môi ethanol, hạt thanh long cần được ngâm trích trong ethanol kết hợp thời gian 24 giờ ở nhiệt độ môi trường (28-30°C) và 2 giờ ở nhiệt độ 45°C bằng máy khuấy từ gia nhiệt. Đồng thời, các thông số nhiệt độ trích ly, tỷ lệ dung môi và nguyên liệu, số chu kỳ trích ly cũng như kích thước nguyên liệu hạt thanh long cũng cần được quan tâm thực hiện ở các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Adnan, L., Osman, A., & Abdul Hamid, A. (2011). Antioxidant activity of different extracts of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed. *International Journal of Food Properties*, *14*(6), 1171–1181. https://doi.org/10.1080/10942911003592787

Alam, M., Biswas, M., Ahmed, J., Hosain, M. A., Alam, A., Khan, M. H. H., & Molla, M. M. (2023). Physico-chemical properties, antioxidant activity and bioactive compounds in edible and non-edible portions of dragon fruit cultivars native to Bangladesh. *Food Research, 7*(4), 194–203. https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).243

Arawande, J. O. (2015). The antioxidative effect of chaya leaf extract on refined soybean oil. *Food Studies: An Interdisciplinary Journal*, *5*(4), 59–69. https://doi.org/10.18848/2160-1933/CGP/v05i04/40515

Baümler, E. R., Carrín, M. E., & Carelli, A. A. (2016). Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent. *Journal of Food Engineering*, *178*, 190–197. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.020

Berezin, O. Yu., Tur'yan, Ya. I., Kuselman, I., & Shenhar, A. (1996). Rapid and complete extraction of free fatty acids from oilseeds for acid value determination. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *73*(12), 1707–1711. https://doi.org/10.1007/BF02517976

Bhatnagar, A. S., & Krishna, A. G. G. (2013). Effect of extraction solvent on oil and bioactives composition of commercial Indian niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *90*(8), 1203–1212. https://doi.org/10.1007/s11746-013-2263-7

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2010). *TCVN 6127:2010 về Dầu mỡ động vật và thực vật – xác định trị số axit và độ axit.*

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2011). *TCVN 8948:2011 về Hạt có dầu - Xác định hàm lượng dầu (phương pháp chuẩn).*

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2011). *TCVN 8949:2011 về Hạt có dầu - Xác định độ ẩm và hàm lượng chất bay hơi.*

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2018). *TCVN 6121:2018 về Dầu mỡ động vật và thực vật - xác định trị số peroxit - phương pháp xác định điểm kết thúc chuẩn độ iôt (quan sát bằng mắt).*

Bộ Khoa học và Công nghệ. (2018). *TCVN 7597:2018 về Dầu thực vật.*

Brglez, M. E., Knez, H. M., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules, 21*(7), 901. https://doi.org/10.3390/molecules21070901

Feduraev, P., Chupakhina, G., Maslennikov, P., Tacenko, N., & Skrypnik, L. (2019). Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at different growth stages. *Antioxidants*, *8*(7), 237. https://doi.org/10.3390/antiox8070237

Fisk, I. D., White, D. A., Carvalho, A., & Gray, D. A. (2006). Tocopherol—An intrinsic component of sunflower seed oil bodies. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *83*(4), 341–344. https://doi.org/10.1007/s11746-006-1210-2

Fitria, M., Mulyawan, R., Sulhatun, S., Muarif, A., & Bahri, S. (2023). Effect of solvent and extraction

time variation on the coffee oil extraction results. *Chimica Didactica Acta*, *11*(1), 26–30. https://doi.org/10.24815/jcd.v11i1.32550

Hà, L. T. N., Na, N. T., & Trang, L. T. (2010). Mô hình hoá quá trình chiết polyphenol từ quả sim thu hái tại Hòa Bình. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, *6*(3+4), 191–201.

Hanmoungjai, P., Pyle, L., & Niranjan, K. (2000). Extraction of rice bran oil using aqueous media. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, *75*(5), 348–352. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(200005)75:5<348::AID-JCTB233>3.0.CO;2-P

Hùng, H. (2023). *Tăng sức cạnh tranh cho quả thanh long xuất khẩu*. https://nhandan.vn/tang-suc-canh-tranh-cho-qua-thanh-long-xuat-khau-post777165.html

Huang Y., Brennan, M. A., Kasapis, S., Richardson S. J., & Brennan, C. S. (2021). Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya fruits: A Review. *Foods*, *10*(11), 1–21. https://doi.org/10.3390/foods10112862

Ishaq, G. M., Saidu, Y., Bilbis, L. S., Muhammad, S. A., Jinjir, N., & Shehu, B. B. (2013). Effects of α-tocopherol and ascorbic acid in the severity and management of traumatic brain injury in albino rats. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, *04*(03), 292–297. https://doi.org/10.4103/0976-3147.118784

Liaotrakoon, W., N. De Clercq, V. Van Hoed, & K. Dewettinck. (2012). Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) seed oils: their characterization and stability under storage conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 90*(2), 207–215. https://doi.org/10.1007/s11746-012-2151-6

Lim, H. K., Tan, C. P., Karim, R., Ariffin, A. A., & Bakar, J. (2010). Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. *Food Chemistry*, *119*(4), 1326–1331. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.002

Mẫn, L. V. V., Đạt, L. Q., Hiền, N. T., Nguyệt, T. N. M., & Trà, T. T. T. (2011). *Công nghệ chế biến thực phẩm*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Santos, T. C. dos, Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, *15*(2), 127–130. https://doi.org/10.1002/ptr.687

Okeleye, A. A., & Betiku, E. (2019). *Kariya* (*Hildegardia barteri*) seed oil extraction: comparative evaluation of solvents, modeling, and optimization techniques. *Chemical Engineering Communications*, *206*(9), 1181–1198. https://doi.org/10.1080/00986445.2018.1550397

Quế, P. T. T., Thủy, N. T. T., & Ngọc, T. T. Á. (2018). Khảo sát đặc tính và sự ổn định của dầu hạt thanh long (*Hylocereus* spp.) ở các điều kiện bảo quản khác nhau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, *54(Nông nghiệp)*, 192–201. https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2018.082

Russin, T. A., Boye, J. I., Arcand, Y., & Rajamohamed, S. H. (2011). Alternative techniques for defatting soy: A practical review. *Food and Bioprocess Technology*, *4*(2), 200–223. https://doi.org/10.1007/s11947-010-0367-8

Saxena, D. K., Sharma, S. K., & Sambi, S. S. (2011). Comparative extraction of cottonseed oil by *n*-hexane and ethanol. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *6*(1), 84–89.

Uoonlue, N., & Muangrat, R. (2019). Effect of different solvents on subcritical solvent extraction of oil from Assam tea seeds (*Camellia sinensis var. assamica*): Optimization of oil extraction and physicochemical analysis. *Journal of Food Process Engineering*, *42*(2), e12960. https://doi.org/10.1111/jfpe.12960

Vilas-Franquesa, A., Saldo, J., & Juan, B. (2022). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) oil extracted with *n*-hexane, ethanol, diethyl ether and 2-MTHF at different temperatures – An individual assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, *114*, 104752. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104752

Wang, Y., Su, Y., Shehzad, Q., Yu, L., Tian, A., Wang, S., Ma, L., Zheng, L., & Xu, L. (2023). Comparative study on quality characteristics of *Bischofia polycarpa* seed oil by different solvents: Lipid composition, phytochemicals, and antioxidant activity. *Food Chemistry: X*, *17,* 100588. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100588

Zhang, W., Li, K., Zheng, H., Liu, L., Ge, S., & Zhang, H. (2017). Antioxidant and hyaluronidase inhibitory activities of diverse phenolics in *Phyllanthus emblica*. *Science and Technology of Food Industry*, *38*(2), 261–265. https://doi.org/10.1080/14786419.2015.11375