

DOI:10.22144/ctujos.2026.038

## ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN TIỀN XỬ LÝ ĐẾN HIỆU SUẤT THU NHẬN VÀ CHẤT LƯỢNG DẦU BƠ 034 (*Persea americana*)

Trần Hoàng Ái<sup>1\*</sup>, Võ Kim Huyền<sup>2</sup>, Đặng Xuân Đào<sup>1</sup>, Lê Hoàng Nam<sup>1</sup>, Trương Phạm Thảo Ngọc<sup>1</sup> và Đặng Huỳnh Giao<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Nông nghiệp - Thủy sản, Trường Đại học Cửu Long, Việt Nam

<sup>2</sup>Học viên cao học khóa 29 ngành Công nghệ thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Bách Khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ (Corresponding author): tranhoangai@mku.edu.vn

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 20/06/2025

Sửa bài (Revised): 11/07/2025

Duyệt đăng (Accepted): 26/01/2026

**Title:** Impact of Pretreatment Conditions on the Oil Yield and Quality of Avocado (*Persea americana*) Cultivar 034

**Author(s):** Tran Hoang Ai<sup>1\*</sup>, Vo Kim Huyen<sup>2</sup>, Dang Xuan Dao<sup>1</sup>, Le Hoang Nam<sup>1</sup>, Truong Pham Bao Ngoc<sup>1</sup> and Dang Huynh Giao<sup>3</sup>

**Affiliation(s):** <sup>1</sup>Faculty of Agriculture and Fishery, University of Cuu Long, Viet Nam; <sup>2</sup>Graduate student of the 29th course of Food Technology, Can Tho University, Viet Nam; <sup>3</sup>College of Engineering, Can Tho University, Viet Nam

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện với mục đích đánh giá tác động của các điều kiện tiền xử lý nhằm nâng cao hiệu quả thu nhận và chất lượng dầu từ giống bơ 034 thông qua kỹ thuật ép trục vít. Quy trình tối ưu gồm sấy ở 60 °C, xử lý vi sóng 400 W trong 2 phút và ép ở 50°C, cho hiệu suất thu nhận đạt 52,4% - tương đương khoảng 91,1% lượng chất béo lý thuyết trong nguyên liệu. Dầu thu được có chỉ số axit 2,71 mg KOH/g và peroxide 12,60 meq O<sub>2</sub>/kg, đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành. Kết quả phân tích khối lượng cho thấy phần thịt chiếm khoảng 77,1% trọng lượng quả, trong đó thành phần dinh dưỡng (tính trên trọng lượng khô) chứa 57,5% chất béo, 32,9% carbohydrate, 7,9% protein, 1,7% tro với độ ẩm của phần thịt tươi là 79,3%. Kết quả này cung cấp nền tảng khoa học cho việc áp dụng công nghệ xử lý phù hợp nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm dầu thực vật nói chung và dầu bơ nói riêng.

**Từ khóa:** Bơ 034, chỉ số peroxide, chỉ số acid, dầu, hiệu suất, vi sóng

### ABSTRACT

This study evaluates the impact of various pretreatment conditions on enhancing oil yield and quality of oil from the avocado cultivar 034 using a screw press technique. The optimized process—comprising drying at 60 °C, microwave treatment at 400 W for 2 minutes, and pressing temperature at 50 °C—achieved an oil yield of 52.4%, approximately 91.1% of the theoretical fat content in the raw material. The extracted oil exhibited an acid value of 2.71 mg KOH/g and a peroxide value of 12.60 meq O<sub>2</sub>/kg, meeting current technical standards. Mass analysis revealed that the fruit flesh constitutes roughly 77.1% of the fruit's total weight. On a dry basis, the nutritional composition of the fruit flesh includes 57.5% fat, 32.9% carbohydrates, 7.9% protein, and 1.7% ash, with a fresh moisture content of 79.3%. These findings provide a scientific basis for applying appropriate processing technologies to improve the quality of vegetable oil products in general, and avocado oil in particular.

**Keywords:** Acid value, avocado 034, microwave, oil, peroxide value, yield

## 1. GIỚI THIỆU

Quả bơ (*Persea americana*) là một loại trái cây có giá trị dinh dưỡng cao giúp cải thiện sức khỏe và cung cấp dưỡng chất cho con người. Thịt quả bơ có chứa nhiều thành phần có lợi cho sức khỏe như chất béo, protein, carbohydrate, vitamin, chất xơ và các chất khoáng Mg, K, Fe, Cu (Loan và ctv., 2023),... Tại Việt Nam, cây bơ được trồng chủ yếu ở các tỉnh Tây Nguyên và miền Đông Nam Bộ (Hà và ctv., 2022). Trong đó, giống bơ 034 có nguồn gốc từ tỉnh Lâm Đồng nổi bật với những đặc tính ưu việt như quả dài, cơm vàng, hạt nhỏ hoặc không có hạt đang được nhân giống và trồng thử nghiệm trên diện rộng từ Tây Nguyên đến Tây Nam Bộ (Đàm và ctv., 2020; Hậu & Lâm, 2022; VNFARM, 2023). Nhiều nghiên cứu có giá trị được công bố quốc tế cũng như trong nước cho thấy tiềm năng, lợi ích, khả năng ứng dụng của loại quả này vào đời sống con người. Một số nghiên cứu điển hình có thể nhắc đến như: kết quả nghiên cứu của Ford et al. (2023) trên quả bơ Hass cho thấy hàm lượng chất béo chiếm tỷ lệ lớn khoảng 15,4 g/100 g, trong đó chất béo không bão hòa chiếm khoảng 86,2%, chủ yếu là acid béo không bão hòa đơn. Bên cạnh đó, Loan và ctv. (2023) đã có những đánh giá về thành phần hóa học và khả năng thu nhận dầu bơ từ quả bơ sáp da xanh bằng phương pháp ép thủy lực. Kết quả nghiên cứu này cho thấy hàm lượng chất béo trong quả bơ sáp da xanh thấp hơn đáng kể so với quả bơ Hass được thực hiện ở nghiên cứu của Ford et al. (2023) chỉ ở khoảng 5,1 g/100 g. Cũng trong nghiên cứu của Loan và ctv. (2023), kết quả cũng cho thấy điều kiện bảo quản và sấy có ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ số chất lượng của dầu có trong quả bơ. Một nghiên cứu tổng hợp về các thành phần có hoạt tính sinh học được thực hiện bởi Bhuyan et al. (2019) cho thấy một lượng lớn các hợp chất có hoạt tính sinh học cao mang lại lợi ích cho sức khỏe như: carotenoids, phenolics, flavonoids, quinic acid, succinic acid, pantothenic acid, p-coumaroyl-D-glucose, abscisic acid, pentadecylfuran, avocado furan,... cũng được tìm thấy trong các loại quả thuộc chi *Persea* như quả bơ. Wang et al. (2020) đã tiến hành trích ly chất béo và đánh giá khá toàn diện về thành phần và chất lượng của dầu từ các bộ phận khác nhau của quả bơ bằng phương pháp CO<sub>2</sub> siêu tới hạn và dung môi n-Hexane. Kết quả nghiên cứu của Wang et al. (2020) phát hiện hàm lượng chất béo có trong thịt quả bơ chiếm tỷ lệ từ 56 đến 58% tính trên trọng lượng khô tùy vào phương pháp trích ly.

Các nghiên cứu chiết xuất dầu bơ thường tập trung vào các yếu tố: Việc chuẩn bị củi quả, năng suất chiết xuất và các đặc tính vật lý và hóa học của dầu

thu được cũng như thành phần acid béo và các hợp chất dễ bay hơi (Ortiz Moreno et al., 2003; Qin & Zhong, 2016; Liu et al., 2023)... Một số phương pháp đã được đề xuất để sản xuất dầu bơ, bao gồm chiết bằng dung môi, ép, ly tâm, chiết bằng chất lỏng siêu tới hạn; sử dụng các kỹ thuật và tác nhân hỗ trợ để tăng năng suất chiết như vi sóng, siêu âm, muối và enzyme (Qin & Zhong, 2016). Phương pháp ép lạnh là một trong những phương pháp sản xuất dầu thân thiện với môi trường và thu được dầu có đặc tính ít bị biến đổi nhất so với các phương pháp khác (Ortiz Moreno et al., 2003).

Phương pháp chiết xuất dầu bơ với sự hỗ trợ của vi sóng là một kỹ thuật tiên tiến nhằm nâng cao hiệu suất chiết xuất và chất lượng dầu thu được. Cơ chế hoạt động của vi sóng giúp phá vỡ cấu trúc tế bào của mô thịt quả bơ, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình giải phóng dầu, từ đó rút ngắn thời gian chiết xuất so với các phương pháp truyền thống (Chimsook, 2017). Hơn nữa, vi sóng có thể được kết hợp với các kỹ thuật hỗ trợ nhằm tối ưu hóa chất lượng dầu, giúp bảo tồn các hợp chất sinh học quan trọng như  $\gamma$ -tocopherol và carotenoid. Phương pháp này không chỉ duy trì tính toàn vẹn của các thành phần có lợi mà còn hạn chế quá trình oxy hóa, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và độ ổn định của dầu bơ (Topete-Betancourt et al., 2024). Quá trình chiết xuất đóng vai trò quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng dầu thu nhận được và năng suất dầu (Ge et al., 2021). Do đó, các điều kiện tiền xử lý chẳng hạn như nhiệt độ sấy, công suất và thời gian vi sóng, điều kiện ép dầu cần phải được nghiên cứu để tối đa hóa năng suất thu nhận dầu và cải thiện chất lượng tổng thể của dầu bơ.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên liệu quả bơ được sử dụng trong nghiên cứu này là giống bơ 034 đã chín, được thu mua từ siêu thị, đáp ứng tiêu chí trọng lượng mỗi quả dao động từ 200 đến 300 g. Trong nghiên cứu này, các hóa chất và thuốc thử được sử dụng để phân tích và tinh sạch dầu bơ bao gồm: sodium hydroxide (NaOH, >95%), phenolphthalein (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>, >99%), potassium iodide (KI, >99%), potassium iodate (KIO<sub>3</sub>, >99%), hydrochloric acid (HCl, 37%), standard sodium thiosulfate solution (0.1 M), acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH, >95%), 2,2,4-trimethylpentan (>99%), starch ((C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, >99%), than hoạt tính (>99%), ascorbic acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, >99%) và giấy lọc định tính Newstar.

Trong quá trình xử lý nguyên liệu, tủ sấy 70L-Trung Quốc được sử dụng để sấy nguyên liệu bơ đến

độ ẩm phù hợp. Máy hút Value FY-1H-N có áp suất chân không 2 Pa được sử dụng để lọc tạp chất trong dầu sau khi ép. Máy ép dầu trực vít Aosida, có khả năng điều chỉnh nhiệt độ trong khoảng từ 40°C đến 240°C, được sử dụng để chiết xuất dầu từ nguyên liệu sau khi xử lý. Ngoài ra, lò vi sóng TOSHIBA MM-EM25PE(BM) với bước sóng 2450 MHz và công suất vi sóng định danh 800 W được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của xử lý vi sóng đối với hiệu suất thu nhận và chất lượng dầu bơ 034.

**2.2. Xác định thành phần khối lượng của quả bơ 034**

Thí nghiệm được tiến hành trên từng quả bơ 034 nhằm thu thập dữ liệu về phân bố khối lượng của các thành phần quả. Khối lượng của mỗi quả được xác định trước, sau đó quả được phân tách thành ba phần gồm vỏ, hạt và thịt quả để xác định khối lượng từng phần. Tỷ lệ khối lượng của mỗi thành phần được tính bằng cách chia khối lượng riêng phần của thành phần đó cho khối lượng của quả. Quá trình này được lặp lại trên 15 quả, sử dụng cân hai số lẻ để thu thập dữ liệu và kết quả phân bố thành phần khối lượng được báo cáo là giá trị trung bình của các lần lặp lại.

**2.3. Đánh giá thành phần dinh dưỡng của thịt quả bơ 034**

Sau khi loại bỏ vỏ và hạt, phần thịt quả bơ 034 được vận chuyển đến phòng thí nghiệm đạt tiêu chuẩn ISO 17025:2017 thuộc Trung tâm Dịch vụ Phân tích Thí nghiệm Thành phố Hồ Chí Minh – Chi nhánh Cần Thơ để tiến hành phân tích thành phần đa lượng. Các chỉ tiêu phân tích bao gồm hàm lượng protein, độ ẩm, tro, chất béo, carbohydrate và giá trị năng lượng. Mục tiêu của quá trình phân tích là xác định đặc tính hóa học và giá trị dinh dưỡng của phần thịt quả, từ đó cung cấp cơ sở dữ liệu phục vụ nghiên cứu chiết xuất chất béo từ giống bơ 034.

**2.4. Phương pháp phân tích**

Trong nghiên cứu này, các phương pháp phân tích tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam hiện hành (TCVN) đã được sử dụng và hướng dẫn của Tổ chức thực phẩm và nông nghiệp (FAO) đã được tham khảo để đánh giá các tiêu chí (Bảng 1).

**Bảng 1. Các phương pháp phân tích sử dụng**

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp
1	Độ ẩm	FAO 14/7 p.205
2	Tro	TCVN 8124:2009
3	Protein	FAO 14/7 p.221-223
4	Béo	FAO 14/7 p.212, p.214
5	Chỉ số acid	TCVN 6121:2018
6	Chỉ số peroxit	TCVN 6127:2010

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp
7	Carbohydrate	Food and Drug Administration-Mỹ
8	Năng lượng	Food and Drug Administration-Mỹ

**2.5. Chuẩn bị nguyên liệu ép dầu**

Quả bơ 034 chín được xử lý sơ bộ bằng cách rửa sạch với nước, sau đó tách vỏ và hạt, cắt phần thịt thành các lát dày 2 – 3 cm. Các lát này được ngâm trong dung dịch acid ascorbic 1% trong khoảng thời gian 1 phút nhằm hạn chế quá trình oxy hóa xảy ra trong các bước sấy và ép (Magri et al., 2022; Loan và ctv., 2023). Nguyên liệu sau đó được sấy đạt độ ẩm mục tiêu (khoảng 8%) và xử lý vi sóng trước khi đưa vào quá trình ép dầu. Các thí nghiệm khảo sát được thực hiện trong nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của ba yếu tố: nhiệt độ sấy (50, 60, 70, 80°C), điều kiện vi sóng (công suất 0, 240, 400, 560, 640 W; thời gian 1, 2, 3 phút) và nhiệt độ ép (nhiệt độ môi trường bình thường khoảng 30, 40, 50, 60°C). Dầu thu được sau quá trình ép được lọc chân không và phân tích các chỉ tiêu chất lượng bao gồm chỉ số peroxide (PV) và chỉ số acid (AV), song song với việc xác định hiệu suất thu nhận dầu.

**2.6. Phương pháp thống kê và xử lý số liệu**

Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được tiến hành với ba lần lặp lại nhằm đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu. Hiệu suất thu hồi dầu được tính toán dựa trên tỷ lệ giữa khối lượng dầu thu được thực tế và khối lượng nguyên liệu sau sấy được ép (100g/lần ép). Dữ liệu thí nghiệm được phân tích phương sai (ANOVA) ở mức ý nghĩa 5% và phép kiểm định sai khác nhỏ nhất có ý nghĩa (LSD) được tiến hành ở mức độ tin cậy 95,0% nhằm đảm bảo tính chắc chắn và độ tin cậy của kết luận. Toàn bộ các phân tích thống kê được xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion 19, phiên bản 19.5.01. Các dữ liệu thí nghiệm được biểu thị dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn.

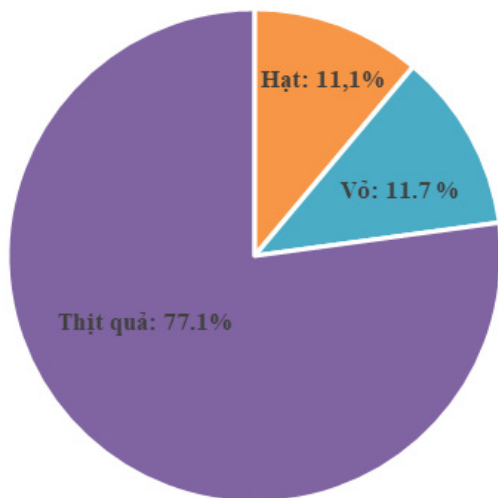
**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Thành phần khối lượng của quả bơ**

Dữ liệu đánh giá thành phần khối lượng của giống bơ 034, thực hiện trên các mẫu quả có khối lượng dao động quanh giá trị trung bình 247,8 ± 43,07 g, cho thấy tỷ lệ phần thịt, hạt và vỏ lần lượt đạt 77,1 ± 1,7%; 11,1 ± 1,0% và 11,8 ± 1,1% (Hình 1).

Khi so sánh với các nghiên cứu về giống bơ tại Venezuela của Gómez-López (2002) cũng như nghiên cứu về giống bơ sáp da xanh tại Nghệ An do (Loan và ctv., 2023) thực hiện, kết quả cho thấy tỷ lệ thịt quả của giống bơ 034 cao hơn đáng kể so với các

giống được báo cáo trong hai nghiên cứu nói trên, khoảng 10% khối lượng.



**Hình 1. Tỷ lệ thành phần khối lượng của quả bơ 034**

**3.2. Một số thành phần dinh dưỡng của thịt quả bơ 034**

Kết quả phân tích thành phần dinh dưỡng cơ bản của thịt quả bơ 034 được trình bày trong Bảng 2, thể hiện hàm lượng ẩm, béo, carbohydrate, protein và tro lần lượt là 79,3%, 11,9%, 6,8%, 1,6% và 0,36%, với tổng giá trị năng lượng cung cấp khoảng 141 kcal/100 g. Hàm lượng ẩm trong thịt quả bơ 034 nhìn chung cao hơn mức trung bình của các giống bơ đã được nghiên cứu bởi Gómez-López (2002) (5 - 10%), cũng như giống bơ Hass được báo cáo bởi Dreher and Davenport (2013) (5%). Tuy nhiên, độ ẩm của giống bơ này lại thấp hơn đáng kể so với bơ sáp da xanh, Fuerte và Red Collinson (Gómez-López, 2002; Loan và ctv., 2023) (3 - 5%). Hàm lượng ẩm cao có thể kéo dài thời gian sấy để giảm độ ẩm về mức mong muốn và chất lượng dầu thu nhận.

Lượng carbohydrate trong thịt quả bơ 034 đạt khoảng 32,9% trên khối lượng khô, trong đó có một phần lớn là chất xơ, thành phần quan trọng của vách tế bào, có đặc tính chịu nhiệt và khả năng giữ nước cao (Dreher & Davenport, 2013; Ford et al., 2023). Điều này có thể làm chậm quá trình thoát ẩm trong khi sấy nguyên liệu, nhưng thành phần carbohydrate cũng có thể đóng vai trò như chất độn giúp lấp đầy trực tiếp, làm tăng áp lực, hỗ trợ quá trình ép dầu. Chất béo chiếm tỷ lệ cao nhất trong thành phần dinh dưỡng cơ bản của thịt quả bơ 034, đạt 57,5% trên khối lượng khô và 11,9% trên khối lượng ướt - cao hơn đáng kể so với giống bơ sáp da xanh với hàm lượng 5,15%

(Loan và ctv., 2023). Kết quả này cho thấy bơ 034 có tiềm năng lớn để làm nguồn nguyên liệu sản xuất dầu.

**Bảng 2. Thành phần dinh dưỡng cơ bản của thịt quả bơ 034 (tính theo trọng lượng ướt)**

STT	Chỉ Tiêu	Kết quả
1	Ẩm	79,3%
2	Béo	11,9%
3	Carbohydrate	6,8%
4	Protein	1,6%
5	Tro	0,36%
6	Năng lượng	141 kcal/100g

**3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu nhận và chất lượng dầu bơ 034**

Nhiệt độ sấy đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát chất lượng và năng suất dầu bơ. Mức nhiệt cao có thể dẫn đến sự phân hủy các hợp chất dễ bị ảnh hưởng bởi nhiệt, gây suy giảm giá trị dinh dưỡng và ảnh hưởng bất lợi đến chất lượng dầu (Mostert et al., 2007). Tuy nhiên, trong một số trường hợp, nhiệt độ cao lại có thể nâng cao hiệu suất thu nhận dầu nhờ việc làm tăng tính dẻo và giảm độ nhớt của nguyên liệu, từ đó thúc đẩy hiệu quả quá trình chiết xuất. Ngược lại, nhiệt độ quá cao có thể làm biến tính protein, cản trở quá trình ép và đồng thời gia tăng tốc độ bay hơi của các hợp chất dễ bay hơi, dẫn đến suy giảm hiệu suất thu hồi tổng thể của quá trình ép (Rocha, 2011; Angeloni et al., 2024). Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu hồi, PV và AV của dầu bơ giống 034 thu được bằng phương pháp ép trực tiếp ở nhiệt độ phòng ( $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ) được thể hiện ở Bảng 3. Kết quả khảo sát chỉ ra rằng nhiệt độ sấy tác động đáng kể đến hiệu suất cũng như các chỉ tiêu chất lượng cơ bản của dầu bơ ép từ giống bơ 034. Cụ thể, khi nhiệt độ sấy tăng từ  $50^\circ\text{C}$  lên  $60^\circ\text{C}$ , hiệu suất thu nhận có xu hướng gia tăng từ 32,7% lên 35,3%. Ở mức  $70^\circ\text{C}$ , hiệu suất giảm nhẹ xuống còn 34,8%, mặc dù sự chênh lệch này không mang ý nghĩa thống kê so với mức  $60^\circ\text{C}$ . Tuy nhiên, tại mức nhiệt độ sấy  $80^\circ\text{C}$ , hiệu suất thu nhận của quá trình giảm rõ rệt so với các mức nhiệt trước đó. Nguyên nhân có thể do sự mất mát các hợp chất dễ bay hơi và biến tính protein xảy ra mạnh mẽ hơn, từ đó làm giảm hiệu quả của quá trình ép và thu hồi dầu.

Hai chỉ tiêu đánh giá chất lượng dầu, PV và AV, cho thấy xu hướng biến đổi tương tự như hiệu suất thu nhận dầu dưới các điều kiện sấy khác nhau. Khi nhiệt độ sấy tăng từ  $50^\circ\text{C}$  lên  $60^\circ\text{C}$ , PV giảm nhẹ từ 7,09 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  xuống 6,92 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ , trong khi AV giảm từ 3,80 mg KOH/g xuống còn 3,40 mg KOH/g. Sự suy giảm này có thể xuất phát từ việc nhiệt độ sấy cao hơn giúp rút ngắn thời gian sấy, từ đó giảm thời

gian tiếp xúc giữa nguyên liệu và oxy trong không khí nóng, từ đó làm chậm quá trình oxy hóa lipid và hạn chế sự hình thành các axit béo tự do, hai yếu tố tác động trực tiếp đến chất lượng dầu (Aleena et al., 2020). Tuy nhiên, khi nhiệt độ sấy tăng lên 70°C và 80°C, quá trình phân hủy lipid do nhiệt và sự thúc

đẩy oxy hóa lipid diễn ra mạnh hơn, dẫn đến sự gia tăng không mong muốn của PV và AV (Wazed et al., 2023), ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng cuối cùng của sản phẩm dầu. Dựa trên các kết quả này, nhiệt độ sấy 60°C được lựa chọn là điều kiện thích hợp để xử lý nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu nhận và chất lượng của dầu bơ 034**

STT	Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất (%)	PV (meq O <sub>2</sub> /kg)	AV (mg KOH/g)
1	50	32,7±1,6 <sup>a</sup>	7,09±0,09 <sup>a</sup>	3,80±0,27 <sup>b</sup>
2	60	35,3±0,8 <sup>b</sup>	6,92±0,32 <sup>a</sup>	3,40±0,02 <sup>a</sup>
3	70	34,8±0,7 <sup>b</sup>	9,08±0,48 <sup>b</sup>	4,16±0,28 <sup>bc</sup>
4	80	32,6±1,1 <sup>a</sup>	12,24±0,89 <sup>c</sup>	4,33±0,15 <sup>c</sup>

Ghi chú: Giá trị được biểu thị bằng trung bình ± độ lệch chuẩn của phép đo 3 lần lặp lại. Các giá trị có ký tự khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát theo kiểm định LSD ở độ tin cậy 95%.

**3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến hiệu suất và chất lượng dầu bơ 034**

Phương pháp chiết xuất đóng một vai trò quan trọng, có ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng của dầu. Việc ép cơ học thường đạt được hiệu quả chiết xuất cao nhưng có thể tạo ra nhiệt, có khả năng làm thay đổi các đặc tính của dầu (Chaiyasut et al., 2019). Nhiệt độ ép có ảnh hưởng đến thành phần của dầu. Ví dụ, trong quá trình ép dầu ô liu nguyên chất, việc tăng nhiệt độ từ từ có thể giúp bảo toàn các hợp chất phenolic và hương thơm, cải thiện chất lượng cảm quan. Tuy nhiên, nhiệt độ ép quá cao có thể làm xuất hiện các hợp chất không mong muốn, ảnh hưởng đến hương vị và độ ổn định của dầu (Angeloni et al., 2024). Bảng 4 trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến hiệu suất và chất lượng dầu ép từ quả bơ 034. Kết quả ở Bảng 4 cho thấy nhiệt độ ép có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất và chất lượng dầu thu được từ

giống bơ 034. Hiệu suất thu nhận dầu tăng dần từ 35,2% ở 30°C lên mức cao nhất 39,8% ở 50°C, sau đó giảm mạnh còn 31,9% ở 60°C. Sự gia tăng hiệu suất từ 30 đến 50 °C được lý giải bởi cơ chế phá vỡ cấu trúc tế bào thịt bơ dưới tác động nhiệt ở mức 50°C, màng tế bào lipid bị phân giải hiệu quả hơn, giải phóng dầu khỏi không bào mà không làm biến tính protein hay bay hơi các hợp chất dễ bay hơi và làm giảm độ nhớt của dầu từ đó hỗ trợ nâng cao hiệu suất của quá trình (Al-Rousan, 2017; Aliyu & Mufidat, 2020; Loan và ctv., 2023). Tuy nhiên, ở 60°C, cấu trúc tế bào có thể bị biến tính mạnh, làm giảm khả năng giải phóng dầu. Về chất lượng, PV biểu thị mức độ oxy hóa chất béo tăng từ 6,87 meq O<sub>2</sub>/kg ở 30 °C lên 8,23 meq O<sub>2</sub>/kg ở 60 °C. Điều này phản ánh quá trình oxy hóa lipid diễn ra mạnh hơn ở nhiệt độ cao, phù hợp với cơ chế oxy hóa tự phát của các axit béo không bão hòa vốn rất nhạy cảm với nhiệt và oxy (Wang et al., 2023).

**Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ ép đến hiệu suất và chất lượng của dầu bơ 034**

STT	Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất (%)	PV (meq O <sub>2</sub> /kg)	AV (mg KOH/g)
1	Môi trường bình thường (30)	35,2±2,8 <sup>b</sup>	6,87±0,16 <sup>a</sup>	3,42±0,03 <sup>c</sup>
2	40	37,9±0,2 <sup>bc</sup>	7,24±0,24 <sup>a</sup>	2,84±0,04 <sup>b</sup>
3	50	39,8±0,8 <sup>c</sup>	7,71±0,18 <sup>b</sup>	2,81±0,09 <sup>ab</sup>
4	60	31,9±0,8 <sup>a</sup>	8,23±0,24 <sup>c</sup>	2,74±0,01 <sup>a</sup>

Ghi chú: Giá trị được biểu thị bằng trung bình ± độ lệch chuẩn của phép đo 3 lần lặp lại. Các giá trị có ký tự khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát theo kiểm định LSD ở độ tin cậy 95%.

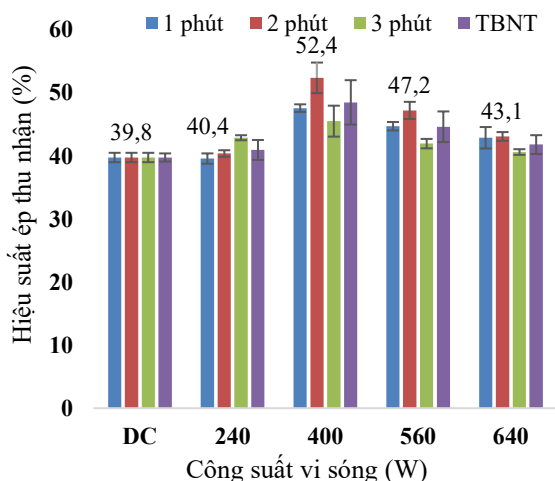
AV giảm từ 3,42 mg KOH/g ở nhiệt độ môi trường bình thường khoảng 30°C xuống 2,74 mg KOH/g khi tăng nhiệt độ lên đến 60°C, có thể do sự bất hoạt của enzyme lipase ở nhiệt độ cao, từ đó giảm quá trình thủy phân triglyceride thành acid béo tự do và tăng sự bay hơi của các acid béo dễ bay hơi (Fernandez-Lopez et al., 2023). Các kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Pantoja et al. (2024), trong đó hiệu suất ép dầu bơ đạt tối ưu ở khoảng 50

– 55 °C, nhưng chất lượng dầu suy giảm khi nhiệt độ vượt ngưỡng do peroxide tăng và màu sắc dầu sẫm hơn. Từ đó, có thể kết luận rằng nhiệt độ ép 50 °C là tối ưu để đạt hiệu suất cao mà vẫn duy trì chất lượng dầu ở mức chấp nhận được.

**3.5. Ảnh hưởng của vi sóng đến hiệu quả thu nhận và chất lượng dầu bơ 034**

Việc ứng dụng công nghệ vi sóng trong quá trình chiết xuất dầu bơ đã được chứng minh là có ảnh

hường tích cực đến hiệu suất thu nhận và chất lượng dầu. Theo nghiên cứu của Santana et al. (2015), phương pháp sấy bằng vi sóng và ép cơ học giúp thu được dầu bơ có độ acid thấp (0,2% acid oleic), PV thấp (4,79 meq O<sub>2</sub>/kg) và độ ổn định oxy hóa cao (20,8 giờ), vượt trội so với các phương pháp chiết xuất bằng dung môi. Điều này cho thấy vi sóng không chỉ giúp rút ngắn thời gian xử lý mà còn bảo toàn tốt các hợp chất hoạt tính sinh học trong dầu. Ngoài ra, nghiên cứu của Topete-Betancourt et al. (2024) cũng chỉ ra rằng xử lý vi sóng ở 120 °C trong 30 phút giúp duy trì hàm lượng  $\gamma$ -tocopherol và carotenoid trong dầu bơ, trong khi xử lý ở nhiệt độ cao hơn (180 °C) làm giảm đáng kể các hợp chất này.



**Hình 2. Ảnh hưởng của vi sóng đến hiệu suất thu hồi dầu bơ 034**

Kết quả thực nghiệm Hình 2 cho thấy xử lý vi sóng ảnh hưởng một cách có ý nghĩa đến hiệu suất thu nhận dầu bơ 034, thể hiện qua sự thay đổi đáng

kể giữa các mức công suất và thời gian xử lý. Tại mức công suất 0 W (DC: đường chuẩn, không xử lý vi sóng), hiệu suất thu nhận trung bình duy trì ở mức thấp (khoảng 39,8±0,75%), phản ánh giới hạn chiết xuất trong điều kiện không có tác động năng lượng vi sóng. Đây được xem như giá trị nền để đối chiếu mức cải thiện do vi sóng mang lại. Khi áp dụng công suất vi sóng từ 240 đến 400 W, hiệu suất thu nhận tăng rõ rệt, với giá trị cao nhất đạt 52,4±2,4% tại mức 400 W và thời gian xử lý 2 phút. Sự gia tăng hiệu suất này cho thấy năng lượng vi sóng ở mức vừa phải có khả năng phá vỡ cấu trúc thành tế bào và màng sinh học, từ đó thúc đẩy sự giải phóng chất béo ra khỏi mô thực vật. Điều này phù hợp với cơ chế tác động nhiệt cục bộ và hiệu ứng rung phân tử đặc trưng của vi sóng, giúp làm suy yếu lực liên kết nội bào mà không gây biến tính quá mức. Tuy nhiên, khi công suất tăng lên mức 560 W và 640 W, đặc biệt trong thời gian kéo dài (3 phút), hiệu suất thu nhận có xu hướng giảm đáng kể, xuống còn 40,6±0,4% (640 W – 3 phút). Hiện tượng này có thể liên quan đến quá trình thoái hóa cấu trúc tế bào do nhiệt độ cao kéo dài, dẫn đến biến tính protein hoặc hình thành các phức chất khó hòa tan, làm giảm khả năng thu nhận dầu (Rocha, 2011; Angeloni et al., 2024). Ngoài ra, ở mức năng lượng quá cao, sự hình thành các sản phẩm phân hủy hoặc phản ứng Maillard có thể ảnh hưởng tiêu cực đến độ nhớt và khả năng tách pha trong quá trình thu nhận dầu (Zhang et al., 2025). Kết quả phân tích số liệu trung bình nghiệm thức (TBNT) cho thấy hiệu suất tối ưu đạt được tại thời gian xử lý 2 phút (44,6%), trong khi 1 phút và 3 phút lần lượt đạt 42,9% và 42,2%. Về công suất, mức 400 W cho hiệu suất trung bình cao nhất (48,5%), điều này khẳng định đây là vùng tác động thuận lợi nhất của vi sóng trong việc nâng cao hiệu quả thu nhận dầu mà vẫn duy trì tính toàn vẹn hóa lý của nguyên liệu.

**Bảng 5. Ảnh hưởng của vi sóng đến AV**

Thời gian xử lý (phút)	Công suất (W)					TBNT
	0	240	400	560	640	
1	2,81±0,09 <sup>Aa</sup>	2,95±0,00 <sup>Ab</sup>	3,05±0,04 <sup>Bc</sup>	3,10±0,06 <sup>Bc</sup>	3,30±0,06 <sup>Ad</sup>	3,04±0,17 <sup>B</sup>
2	2,81±0,09 <sup>Aab</sup>	3,06±0,03 <sup>Bc</sup>	2,71±0,06 <sup>Ac</sup>	2,88±0,03 <sup>Ab</sup>	3,23±0,05 <sup>Ad</sup>	2,94±0,20 <sup>A</sup>
3	2,81±0,09 <sup>Aa</sup>	3,24±0,03 <sup>Cc</sup>	3,08±0,16 <sup>Bbc</sup>	3,15±0,07 <sup>Bb</sup>	3,49±0,05 <sup>Bd</sup>	3,15±0,24 <sup>C</sup>
TBNT	2,81±0,08 <sup>a</sup>	3,08±0,13 <sup>b</sup>	2,95±0,20 <sup>c</sup>	3,05±0,13 <sup>c</sup>	3,33±0,13 <sup>d</sup>	

Ghi chú: Giá trị được biểu thị bằng trung bình±độ lệch chuẩn của phép đo 3 lần lặp lại. Các chữ cái khác nhau dạng in hoa trong cùng một cột, dạng in thường trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát theo kiểm định LSD ở độ tin cậy 95%.

Ảnh hưởng của vi sóng đến AV (Bảng 5) cho thấy ở mức công suất 0 W chỉ số này duy trì ở mức khoảng 2,81 mg KOH/g. Tuy nhiên, khi có xử lý vi sóng, chỉ số axit có xu hướng tăng, đặc biệt rõ rệt ở công suất cao và thời gian kéo dài. Cụ thể, tại công suất 640 W,

AV tăng từ 3,3±0,06 (1 phút) lên đến 3,49±0,05 mg KOH/g (3 phút), cho thấy tác động tích lũy của nhiệt và năng lượng điện từ trong việc thúc đẩy quá trình thủy phân chất béo. Sự gia tăng này có thể được lý giải do vi sóng làm phá vỡ cấu trúc tế bào, giải phóng

enzyme lipase nội sinh hoặc xúc tiến phản ứng thủy phân triglyceride, từ đó làm tăng hàm lượng axit béo tự do trong dầu. Tuy nhiên, xu hướng biến động không hoàn toàn tuyến tính. Tại công suất 400 W, AV ở thời gian 2 phút ( $2,71 \pm 0,06$ ) lại thấp hơn so với 1 phút ( $3,05 \pm 0,04$ ) và 3 phút ( $3,08 \pm 0,16$ ), cho thấy có thể xảy ra hiện tượng mất mát của các thành phần axit dễ bay hơi cao hơn khả năng phân hủy chất béo ở mức công suất vi sóng này. Điều này phản ánh sự tương tác phức tạp giữa công suất và thời gian xử lý, trong đó các phản ứng hóa học và vật lý diễn ra đồng

thời và có thể triệt tiêu lẫn nhau. Kết quả phân tích TBNT theo hàng (thời gian xử lý) cho thấy AV tăng từ 3,04 (1 phút) lên 3,15 mg KOH/g (3 phút), trong khi TBNT theo cột (công suất) tăng từ 2,81 (0 W) lên 3,33 mg KOH/g (640 W). Những kết quả này khẳng định rằng vi sóng là yếu tố kích hoạt mạnh mẽ quá trình phân hủy lipid, đặc biệt khi được áp dụng ở mức công suất cao và thời gian kéo dài. Tóm lại, thời gian và công suất xử lý vi sóng thích hợp được chọn ở thí nghiệm này là 2 phút và 400 W.

**Bảng 6. Ảnh hưởng của vi sóng đến PV**

Thời gian xử lý (phút)	Công suất (W)					TBNT
	0	240	400	560	640	
1	7,71±0,18 <sup>Aa</sup>	8,01±0,42 <sup>Aa</sup>	9,13±0,41 <sup>Ab</sup>	11,5±0,65 <sup>Ac</sup>	13,00±0,76 <sup>Ad</sup>	9,87±2,18 <sup>A</sup>
2	7,71±0,18 <sup>Aa</sup>	11,34±0,63 <sup>Bb</sup>	12,60±0,70 <sup>Bc</sup>	15,55±0,43 <sup>Bd</sup>	18,49±0,66 <sup>Be</sup>	13,14±3,83 <sup>B</sup>
3	7,71±0,18 <sup>Aa</sup>	16,16±0,33 <sup>Cb</sup>	19,63±0,83 <sup>Cc</sup>	20,82±0,78 <sup>Cc</sup>	22,10±0,99 <sup>Cd</sup>	17,28±5,40 <sup>C</sup>
TBNT	7,71±0,16 <sup>a</sup>	11,84±3,57 <sup>b</sup>	13,79±4,67 <sup>c</sup>	15,96±4,09 <sup>d</sup>	17,87±4,02 <sup>e</sup>	

Ghi chú: Giá trị được biểu thị bằng trung bình ± độ lệch chuẩn của phép đo 3 lần lặp lại. Các chữ cái khác nhau dạng in hoa trong cùng một cột, dạng in thường trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát theo kiểm định LSD ở độ tin cậy 95%.

Vi sóng có ảnh hưởng đáng kể đến sự hình thành peroxide trong dầu bơ 034 (Bảng 6), thể hiện qua sự gia tăng PV theo cả công suất và thời gian xử lý. Tại mức công suất 0 W, PV dao động không đáng kể giữa các mức thời gian xử lý (khoảng  $7,71 \pm 0,18$  meq O<sub>2</sub>/kg), phản ánh mức độ oxy hóa do điều kiện môi trường tự nhiên gây ra không có sự tác động từ vi sóng. Khi tăng công suất lên 240 W, 400 W, 560 W và 640 W, PV tăng dần tương ứng với thời gian xử lý. Cụ thể, tại thời điểm 3 phút, PV tăng từ  $16,16 \pm 0,33$  meq O<sub>2</sub>/kg (240 W) lên đến  $22,10 \pm 0,99$  meq O<sub>2</sub>/kg (640 W). Mức tăng này không chỉ chứng minh rõ ràng ảnh hưởng của vi sóng mà còn cho thấy sự cộng hưởng mạnh mẽ giữa công suất vi sóng và thời gian trong việc thúc đẩy quá trình oxy hóa trong nguyên liệu bơ. Kết quả phân tích TBNT theo hàng (thời gian xử lý), cho thấy PV lần lượt là 9,87; 13,14 và 17,28 meq O<sub>2</sub>/kg tương ứng với 1, 2 và 3 phút xử lý, xác nhận vai trò tích lũy của thời gian trong việc làm gia tăng mức độ oxy hóa. Tương tự, TBNT theo cột (công suất) cũng phản ánh xu hướng tăng dần từ 7,71 (0 W) lên 17,87 meq O<sub>2</sub>/kg (640 W), điều này cho thấy hiệu ứng của năng lượng vi sóng là rõ rệt và mang tính tuyến tính trong phạm vi khảo sát. Sự gia tăng PV là biểu hiện trực tiếp của quá trình hình thành hydroperoxide, sản phẩm đặc trưng của giai đoạn đầu quá trình oxy hóa lipid. Nhiệt phát sinh từ vi sóng có khả năng phá vỡ liên kết trong các phân tử triglyceride, tạo điều kiện thuận lợi cho chất béo phản ứng với oxy, từ đó thúc đẩy sự hình thành peroxide. Tuy nhiên, do peroxide là hợp chất không

bền, nên ở các mức nhiệt cao kéo dài, có thể xảy ra hiện tượng phân hủy peroxide thành các sản phẩm oxy hóa thứ cấp, làm thay đổi diễn tiến phản ứng trong các giai đoạn sau. Dầu bơ 034 thu được dưới điều kiện tối ưu (sấy 60 °C, vi sóng 400 W trong 2 phút, ép 50 °C) không chỉ đạt hiệu suất thu nhận cao (52,4%), mà còn cho thấy chất lượng vượt trội so với yêu cầu kỹ thuật trong TCVN 7597:2018 của Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành năm (2018) cũng như CODEX STAN 210-1999 của Ủy ban Tiêu chuẩn Thực phẩm Quốc tế ban hành năm (1999) đối với dầu thực vật thô. Cụ thể, PV đo được là 12,60 meq O<sub>2</sub>/kg (so với giới hạn cho phép là ≤15 meq O<sub>2</sub>/kg) và AV là 2,71 mg KOH/g (so với mức cho phép là ≤4 mg KOH/g).

**4. KẾT LUẬN**

Kết quả nghiên cứu đã giúp xây dựng thành công quy trình tiền xử lý tối ưu nhằm cải thiện hiệu suất thu nhận cũng như chất lượng dầu chiết xuất từ quả bơ 034. Quy trình này sử dụng kỹ thuật sấy và xử lý vi sóng, áp dụng phương pháp ép trực vít trong quá trình sản xuất dầu để thu nhận dầu. Điều kiện tối ưu được xác định bao gồm: sấy nguyên liệu ở 60 °C, xử lý vi sóng ở công suất 400 W trong 2 phút và ép ở nhiệt độ 50 °C. Quy trình này cho phép thu nhận dầu với hiệu suất cao nhất đạt 52,4%, tương ứng khoảng 91,1% lượng chất béo lý thuyết trong nguyên liệu, đồng thời đảm bảo các chỉ số chất lượng nằm trong giới hạn cho phép của TCVN 7597:2018 và CODEX STAN 210-1999. Bên cạnh giá trị kỹ thuật,

quy trình còn hướng đến mục tiêu bền vững khi không sử dụng dung môi hóa học hay phụ gia, phù hợp với xu hướng phát triển thực phẩm sạch, an toàn và thân thiện với môi trường. Kết quả từ nghiên cứu này không chỉ góp phần nâng cao giá trị sử dụng của giống bơ 034, mà còn mở tiềm năng ứng dụng vào sản xuất dầu thực vật nguyên chất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Al-Rousan, W. M. (2017). Optimization Olive Oil Extraction by Pre-heat Treatment Olive Fruits. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 33-39.  
<https://doi.org/10.19026/ajfst.13.3415>
- Aleena, K. S., Divya, M. P., Beena, A. K., Rachana, C. R., & Divya, K. B. (2020). Oxidative stability of sunflower oil on high temperature cooking. *The Pharma Innovation Journal*, 9(10), 552-554.
- Aliyu, S., & Mufidat, B. (2020). Effect of Temperature Variation on Viscosity of Selected Cooking Oils. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 6(4), 95-98.  
<https://doi.org/10.31695/ijasre.2020.33728>
- Angeloni, G., Spadi, A., Corti, F., Calamai, L., Masella, P., & Parenti, A. (2024). Balancing Efficiency and Quality: Effects of Gradual Temperature Increase on Extra Virgin Olive Oil Extraction. *AgriEngineering*, 6(4), 3553-3562.  
<https://doi.org/10.3390/agriengineering6040202>
- Bhuyan, D. J., Alsherbiny, M. A., Perera, S., Low, M., Basu, A., Devi, O. A., Barooah, M. S., Li, C. G., & Papoutsis, K. (2019). The Odyssey of Bioactive Compounds in Avocado (*Persea americana*) and Their Health Benefits. *Antioxidants (Basel)*, 8(10), 426.  
<https://doi.org/10.3390/antiox8100426>
- Chaiyasut, C., Kesika, P., Sirilun, S., Makhmrueng, N., Peerajan, S., & Sivamaruthi, B. S. (2019). Influence of extraction process on yield, total phenolic content, and antioxidant properties of avocado (*Persea americana mill.*) Oil and stability assessment. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 12(2), 391-396.  
<https://doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i2.30017>
- Chimsook, T. (2017). Microwave Assisted Extraction of Avocado Oil from Avocado Skin and Encapsulation Using Spray Drying | Scientific.Net. *Key Engineering Materials*, 737, 341-346.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.737.341>
- Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành năm. (2018). *TCVN 7597:2018 – Dầu thực vật.*  
<https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN%207597:2018>
- Đàm, M., Linh, T., Hoàng, V. (2020). *Bơ, cây trồng mới ở đồng bằng sông Cửu Long.* Agriculture and Environment.  
<https://nongnghiepmoitruong.vn/bo-cay-trong-moi-o-dong-bang-song-cuu-long-d267054.html>
- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 738-750.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- FAO, & WHO. (2015). *Codex Stan 210-1999 Standard for name vegetable oils (Amended 2015).*  
<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Fernandez-Lopez, L., Roda, S., Robles-Martin, A., Munoz-Tafalla, R., Almendral, D., Ferrer, M., & Guallar, V. (2023). Enhancing the Hydrolytic Activity of a Lipase towards Larger Triglycerides through Lid Domain Engineering. *Int J Mol Sci*, 24(18), 13768.  
<https://doi.org/10.3390/ijms241813768>
- Ford, N. A., Spagnuolo, P., Kraft, J., & Bauer, E. (2023). Nutritional Composition of Hass Avocado Pulp. *IJ*, 12(13), 2516.  
<https://doi.org/10.3390/foods12132516>
- Ge, Y., Zang, X., Yang, Y., Wang, T., & Ma, W. (2021). In-depth analysis of potential PaAP2/ERF transcription factor related to fatty acid accumulation in avocado (*Persea americana Mill.*) and functional characterization of two PaAP2/ERF genes in transgenic tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 308-320.  
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.016>
- Gómez-López, V. (2002). Fruit characterization of high oil content avocado varieties. *Scientia Agricola*, 59(2), 403-406.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200030>
- Hà, Đ. Q., Châu, N. H., Hào, C. T., Thùy, T. T., Hà, Đ. Q., Thòà, B. T., Bình, L. N., & Đức, P. V. (2022). Đánh giá hiệu quả sử dụng phân bón lá nano vi lượng trong canh tác cây bơ tại tỉnh Đắk nông. *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học* 28(4), 177-181.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này là một phần của đề tài nghiên cứu khoa học có tiêu đề "Nghiên cứu quy trình công nghệ sản xuất dầu bơ ép lạnh (*Persea americana*) và phụ phẩm từ bơ để làm bánh mì" do Trường Đại học Cửu Long hỗ trợ kinh phí trong giai đoạn 2024 – 2025.

- Hậu, M., & Lâm, Đ. (2022). *Giải mã bí ẩn cây bơ 034 dầu dòng trừ danh ở Lâm Đồng*. <https://nongnghiepmoitruong.vn/giai-ma-bi-an-cay-bo-034-dau-dong-tru-danh-o-lam-dong-i338571.html>
- Liu, Y., Xia, Q., Qian, Y., Kuang, Y., Liu, J., & Lin, L. (2023). Effects of Three Extraction Methods on Avocado Oil Lipid Compounds Analyzed via UPLC-TOF-MS/MS with OPLS-DA. *Foods*, 12(6), 1174. <https://doi.org/10.3390/foods12061174>
- Loan, N. T. T., Anh, N. T., & Hà, H. T. N. (2023). Đánh giá thành phần hóa học và khả năng thu nhận dầu bơ từ quả bơ sáp da xanh bằng phương pháp sấy kết hợp ép lạnh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 21(8.2), 12-17.
- Magri, A., Cice, D., Capriolo, G., & Petriccione, M. (2022). Effects of Ascorbic Acid and Melatonin Treatments on Antioxidant System in Fresh-Cut Avocado Fruits During Cold Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 15(11), 2468-2482. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02892-3>
- Mostert, M. E., Botha, B. M., Plessis, L. M. D., & Duodu, K. G. (2007). Effect of fruit ripeness and method of fruit drying on the extractability of avocado oil with hexane and supercritical carbon dioxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2880-2885. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3051>
- Ortiz Moreno, A., Dorantes, L., Galíndez, J., & Guzmán, R. I. (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2216-2221. <https://doi.org/10.1021/jf0207934>
- Pantoja, P. K. R., Melo Aires, G. C., Ferreira, C. P., Lima, M. D. C., Menezes, E. G. O., & Carvalho Junior, R. N. (2024). Supercritical Technology as an Efficient Alternative to Cold Pressing for Avocado Oil: A Comparative Approach. *Foods*, 13(15), 2424. <https://doi.org/10.3390/foods13152424>
- Qin, X., & Zhong, J. (2016). A review of extraction techniques for avocado oil. *Journal of Oleo Science*, 65(11), 881-888. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16063>
- Rocha, R. P. (2011). Influence of drying process on the quality of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(33), 7076-7084. <https://doi.org/10.5897/jmprx11.001>
- Santana, I., dos Reis, L. M. F., Torres, A. G., Cabral, L. M. C., & Freitas, S. P. (2015). Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(7), 999-1007. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400172>
- Topete-Betancourt, A., Martínez-Flores, H. E., Jiménez-Sandoval, S. J., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Virgen-Ortiz, J. J., Valencia, J. E., Garnica-Romo, M. G., & Gómez-Ayala, M. A. (2024). Ultrasound assisted by microwave during the extraction of avocado oil: quality assessment by chromatographic techniques, Raman spectroscopy, and thermogravimetric analysis. *Green Sciences*, 26(4), 97-103. <https://doi.org/10.2478/pjct-2024-0045>
- VNFARM. (2023). *Cultivation techniques for high-yield 034 avocado trees*. Retrieved 08/07/2025 from <https://vnfarm.com.vn/ky-thuat-trong-bo-sap-034> (in vietnamese)
- Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., & Wei, F. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*, 8(1), 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>
- Wang, M., Yu, P., Chittiboyina, A. G., Chen, D., Zhao, J., Avula, B., Wang, Y. H., & Khan, I. A. (2020). Characterization, quantification and quality assessment of avocado (*Persea americana* Mill.) Oils. *Molecules*, 25(6), 1453. <https://doi.org/10.3390/molecules25061453>
- Wazed, M. A., Yasmin, S., Basak, P., Hossain, A., Rahman, M. M., Hasan, M. R., Khair, M. M., & Khatun, M. N. (2023). Evaluation of physicochemical parameters of edible oils at room temperature and after heating at high temperature. *Food Research*, 7(4), 91-100. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(4\).900](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).900)
- Zhang, S., Liu, Y., & Wu, W. (2025). Effects of Maillard Reaction Durations on the Physicochemical and Emulsifying Properties of Chickpea Protein Isolate. *Foods*, 14(1), 117. <https://doi.org/10.3390/foods14010117>