

NGHIÊN CỨU DUNG MÔI SIÊU TỚI HẠN TRONG TRÍCH LY CÁC HỢP CHẤT TỪ QUẢ ỚT (*CAPSICUM ANNUUM L.*)

● NGUYỄN ĐÌNH THỊ NHƯ NGUYỄN^{1*} - LÊ THỊ THÚY HẰNG

¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

* Email: nguyennndtn@fst.edu.vn

TÓM TẮT:

Ớt là một loại thực vật được dùng phổ biến trong các món ăn của châu Á, nhằm tạo vị cay cho các món ăn hoặc các sản phẩm thực phẩm. Hợp chất chính tạo cay của ớt là capsaicin và các dẫn xuất. Capsaicin là hợp chất kém phân cực, tan tốt trong các dung môi hữu cơ, ethanol và dầu thực vật. Bài viết nhằm nghiên cứu dung môi siêu tới hạn trong trích ly các hợp chất từ quả ớt (*Capsicum annuum L.*). Kết quả nghiên cứu cho thấy, công nghệ trích ly bằng dung môi siêu tới hạn (SFE), đặc biệt sử dụng CO₂ siêu tới hạn (sCO₂) có nhiều ưu điểm nổi bật như hiệu suất trích ly cao, hạn chế tồn dư dung môi hữu cơ, bảo toàn hoạt tính sinh học của hợp chất và thân thiện với môi trường.

Từ khóa: quả ớt, capsaicin, trích ly, dung môi siêu tới hạn, vị cay, thực phẩm, gia vị.

1. Đặt vấn đề

Quả ớt (*Capsicum annuum L.*) là thực vật thân thảo thuộc họ Solanaceae, được trồng ở các nước có khí hậu nhiệt đới như châu Á (Việt Nam, Thái Lan, Ấn Độ...), Trung Mỹ (như Mexico, Peru, Chile,...) và Nam Âu (Tây Ban Nha,...) hoặc ở châu Phi (Algerie, Ai Cập) [10]. Hương vị từ ngọt (không cay) đến rất cay [5]. Quả có màu xanh khi trưởng thành đạt đến một kích thước nhất định, màu vàng hoặc đỏ tùy theo giống, do có sự sinh tổng hợp carotenoid. Trên thế giới, có nhiều giống ớt, trong đó phổ biến nhất là các loài với tên khoa học *C. pubescens*, *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* và *C. chinense* [10] (Hình 1). Ở Việt Nam có nhiều loại ớt như ớt hiểm, ớt sừng, ớt chuông, ớt kiếng. Trong quả ớt, hạt chiếm 60% khối lượng của quả ớt khô thường được bỏ đi trong

quá trình chế biến [7], tuy nhiên nhiều nghiên cứu cho thấy hạt chứa dầu, các loại vitamin, các chất có hoạt tính sinh học.

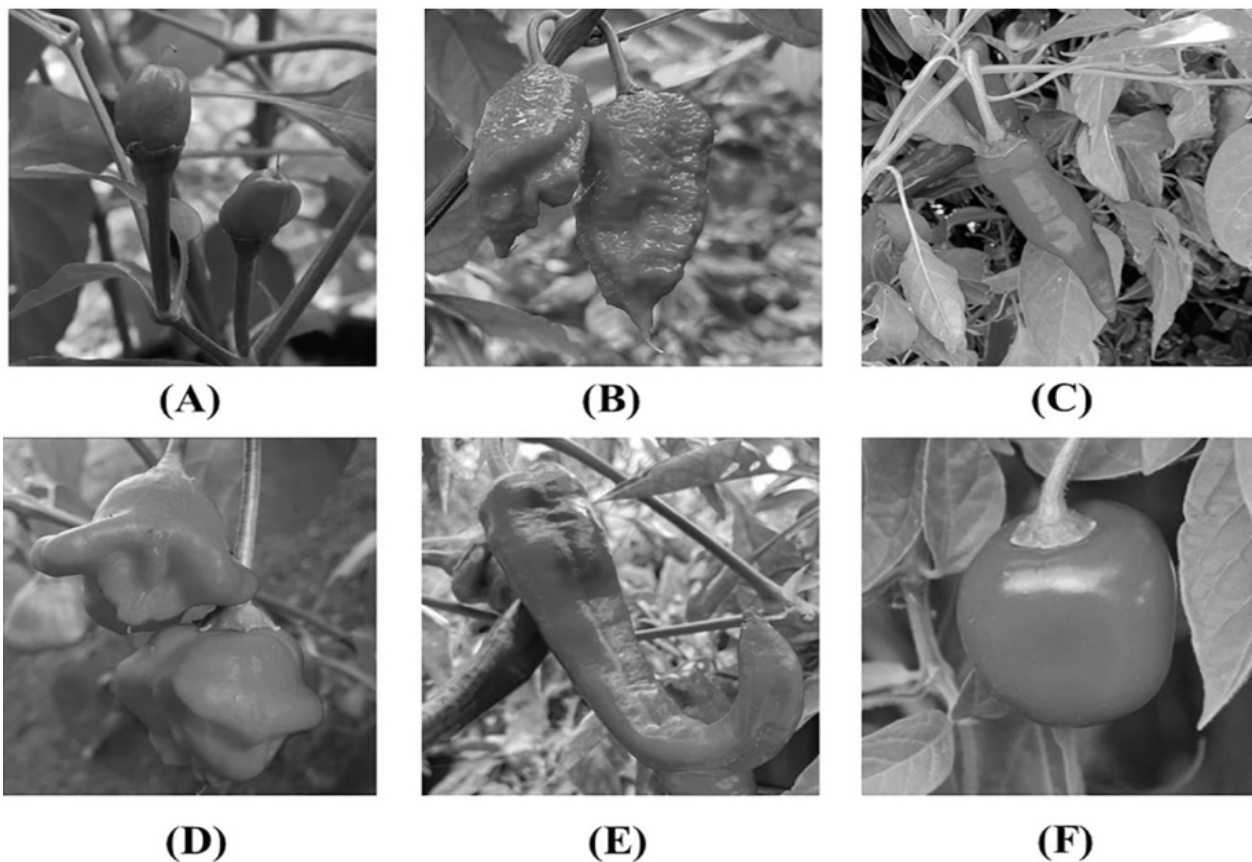
2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của quả ớt

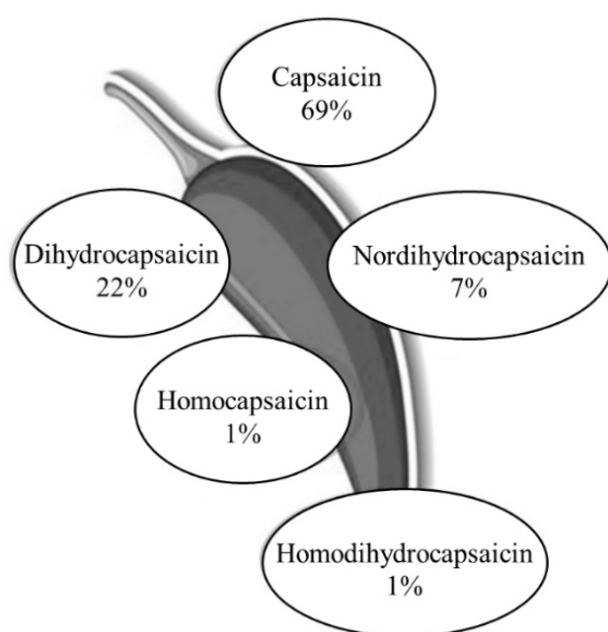
Quả ớt chứa nhiều loại hợp chất hóa học liên quan giá trị dinh dưỡng, mùi, vị, màu sắc. Chúng bao gồm nước, dầu, chất tạo hương, carotenoid, polyphenol, flavonoid, vitamin, nhựa. Ngoài ra còn có protein, xơ và khoáng chất [2, 10]. Các loại vitamin có nhiều trong ớt là vitamin C, E, provitamin A và folate [2].

Ngoài ăn tươi, ớt được muối chua, phơi khô hoặc được dùng trực tiếp trong nấu nướng, ớt thường không được ăn một mình như các loại rau khác mà ăn kèm trong bữa ăn để có vị cay. Do

Hình 1: Các loại ớt khác nhau (a) *Capsicum frutescens*, (b) *Capsicum chinense* x *Capsicum frutescens*, (c) *Capsicum annuum*, (d) *Capsicum baccatum*, (e) *Capsicum annuum*, và (f) *Capsicum pubescens* (3)



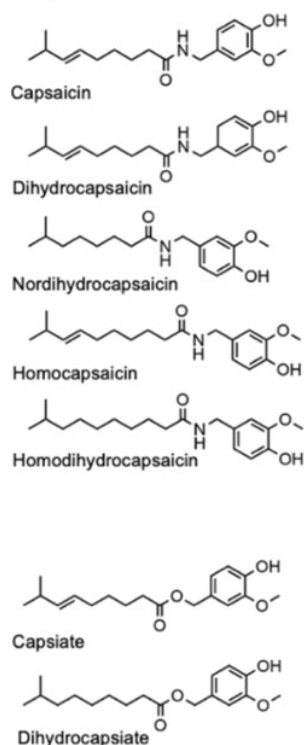
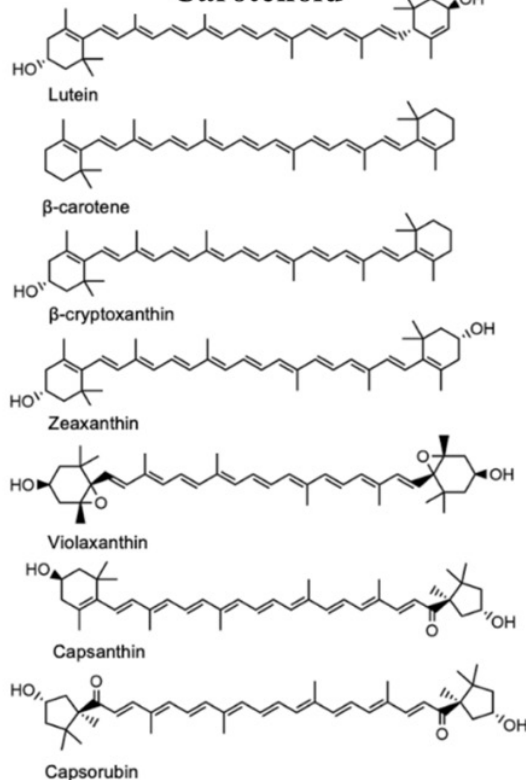
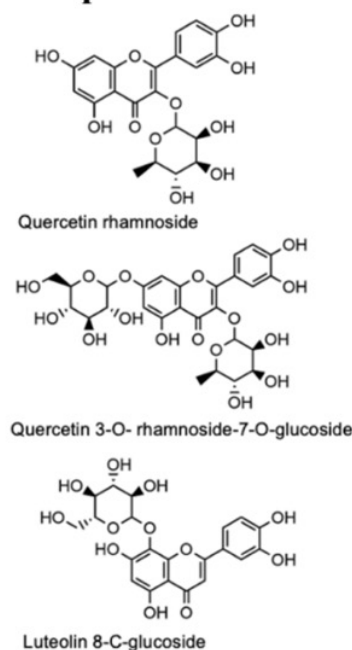
Hình 2: Các thành phần tạo vị cay của quả ớt (10)



giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học, ớt có tính kháng viêm, kháng khuẩn, chống oxy hóa [2]. Ớt sử dụng trong công nghiệp thường là bột ớt khô hoặc chiết xuất (dịch chiết cô đặc của tinh dầu, sáp, chất tạo cay, chất có hoạt tính sinh học) [8]. Các loại sản phẩm điển hình từ ớt như tương ớt, sốt ớt.

Chất tạo cay trong ớt là hợp chất capsaicin và các dẫn xuất (capsaicinoid) [10] như dihydrocapsaicin, norcapsaicin, nordihydrocapsaicin, homocapsaicin và homodihydrocapsaicin (Hình 2). Trong các loại ớt trong đó capsaicin and dihydrocapsaicin chiếm tỷ lệ cao nhất (80-90%) [4]. Ngoài sử dụng trong thực phẩm, các hợp chất này có thể được ứng dụng trong dược phẩm để làm chất chống oxy hóa, kháng viêm, kháng ung thư, kiểm soát bệnh tiểu đường và giảm đau [8]. (Hình 8)

Độ cay của ớt được đo lường chính thức bằng thang đo Scoville, ký hiệu là SHU (Scoville Heat

Hình 3: Các thành phần trong quả ớt (2)**Capsaicin và dẫn xuất****Carotenoid****Các hợp chất phenolic****Bảng 1: Thang đo Scoville của ớt (3)**

Độ cay	Thang đo Scoville	Hàm lượng capsaicinoid ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Nhẹ	900-1999	< 60
Trung bình	2000-19.999	60-133
Cao	20.000 - 100.000	134-1333
Rất cao	> 100.000	> 1333

Units). Chỉ số này biểu thị hàm lượng Capsaicin - hợp chất hóa học gây ra cảm giác cay nóng, kích ứng cho cơ quan vị giác [3].

Ớt tươi cần được bảo quản ở nhiệt độ thấp (7-10°C), kho bảo quản cần có độ ẩm cao để tránh quả bị héo do thoát hơi nước. Ớt cũng dễ bị nhiễm mốc từ cánh đồng, xe vận chuyển và kho, do đó cần một quy trình xử lý sau thu hoạch để tiêu diệt các loại mầm bệnh (như xử lý bằng nước nóng, rửa bằng dung dịch hóa chất, phủ sáp, bảo quản trong khí quyển hiệu chỉnh, xử lý bằng ozone, tia UV, plasma lạnh....). Để bảo quản, ớt có thể

được sấy/phơi khô hoặc muối chua, đóng hộp, bảo quản lạnh [10]. Ớt có thể được bảo quản lạnh đông nhưng trong điều kiện này các acid hữu cơ bị phá hủy. Để thuận tiện trong tận dụng các thành phần của quả ớt trong chế biến thực phẩm, có thể trích ly, thu nhận và phối trộn dịch chiết trong chế biến thực phẩm.

Các kỹ thuật truyền thống để thu nhận các chất từ nguyên liệu thực vật là ép, trích ly bằng dung môi. Để trích ly các thành phần từ quả ớt hoặc hạt ớt, nguyên liệu cần được nghiền nhỏ, ngâm trong dung môi phù hợp, hỗn hợp được gia nhiệt (để

tạo điều kiện cho quá trình khuếch tán), kéo dài thời gian ngâm cho tới khi các chất trong nguyên liệu hòa tan hết ra dung môi. Có thể tăng nhiệt độ dung môi để nâng cao hiệu suất trích ly, nhưng nhiệt độ cao trong quá trình xử lý có thể ảnh hưởng tới các hợp chất sinh học. Sản phẩm thu nhận được có tồn dư dung môi, ảnh hưởng tới sức khỏe người tiêu dùng. Ví dụ hạt và quả Ớt *C. chinense* được trích ly bằng ethanol, acetone và acetonitrile ở nhiệt độ 50°C, có thể ảnh hưởng tới các hợp chất kém bền nhiệt. Sau quá trình trích ly cần áp dụng biện pháp cô quay chân không để loại bỏ dung môi nói trên ra khỏi sản phẩm.

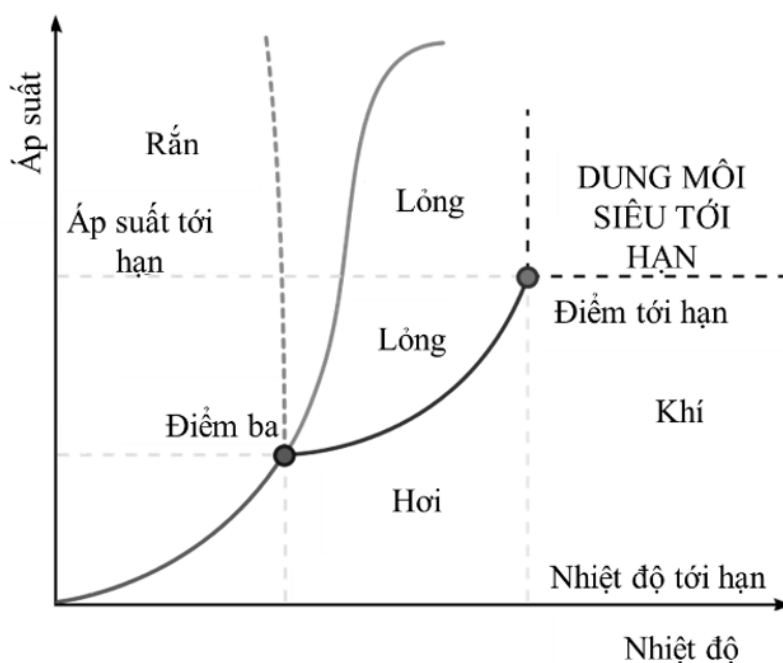
2.2. Phân tích quá trình trích ly bằng dung môi siêu tới hạn

Để khắc phục những nhược điểm của dung môi siêu tới hạn (Supercritical Fluid, SCF) và quá trình trích ly bằng dung môi này (Supercritical Fluid Extraction, SFE) được áp dụng. Khi lưu chất được nén và gia nhiệt tới một áp suất và nhiệt độ nhất định chúng sẽ chuyển qua trạng thái siêu tới hạn, như điều kiện để CO₂ đạt trạng thái siêu tới hạn là áp suất cao hơn 74 bar và nhiệt độ hơn 31,1°C. (Hình 4)

Các loại lưu chất như nước, ethanol,... đều có thể được chuyển qua trạng thái siêu tới hạn khi điều chỉnh 2 thông số nói trên. Khi được dùng để trích ly, dung môi siêu tới hạn tiếp xúc với nguyên liệu, lúc này có sự khuếch tán của các chất ra dung môi, quá trình kéo dài cho đến khi đạt trạng thái bão hòa. Kết thúc quá trình trích ly, trong bình thu hồi, hạ áp suất, dung môi (như CO₂) có thể trở lại trạng thái khí và thoát ra ngoài, sản phẩm thu nhận dưới dạng cao chiết, hoàn toàn tinh khiết, không tan lẫn dung môi.

Dung môi siêu tới hạn có tính chất của cả chất khí và chất lỏng. Chúng có tính khuếch tán cao do đó có thể chiếm chỗ toàn bộ không gian trong buồng trích ly, đảm bảo tiếp cận toàn bộ khối dung môi, chúng cũng có độ nhớt thấp do đó dễ đi

Hình 4: Điều kiện siêu tới hạn (6)



chuyên trong khối dung môi, thậm chí là lan tỏa vào các kẽ nứt trên hạt nguyên liệu. Với tính chất của chất lỏng, dung môi siêu tới hạn có thể phủ ngập khối nguyên liệu, khi có sự tiếp xúc này, quá trình truyền khối xảy ra, các chất mong muốn di chuyển từ trong nguyên liệu đi ra, hòa tan trong dung môi cho đến khi đạt trạng thái bão hòa. Lưu chất ở điều kiện tới hạn có tỷ trọng, độ nhớt và hằng số khuếch tán có giá trị trung gian so với trạng thái khí và lỏng (Bảng 2).

Trong số các loại dung môi siêu tới hạn, CO₂ siêu tới hạn (sCO₂) là loại phổ biến nhất do trơ, không độc, không gây cháy nổ, và ăn mòn thiết bị thường được áp dụng để trích ly các hợp chất có hoạt tính sinh học từ các nguyên liệu thực vật, chất màu, chất tạo hương, chất béo,... Điều kiện để đạt trạng thái siêu tới hạn của CO₂ cũng dễ dàng hơn khi so sánh với các lưu chất khác. sCO₂ được FDA công nhận là GRAS, an toàn đối với người tiêu dùng, có thể áp dụng cho thực phẩm mà không gây ra những bất lợi đối với sức khỏe. Tới nay, đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng SFE trong trích ly các hợp chất từ nguyên liệu thực vật [8]. Nghiên cứu của Romo-Hualde và cộng sự (2012) thu nhận vitamin tự nhiên từ phụ phẩm ớt đỏ, với hiệu suất trích ly cao nhất ở điều kiện 60°C, 24

Bảng 2. Điều kiện siêu tới hạn và đặc tính của dung môi siêu tới hạn (6)

Dung môi	Điều kiện siêu tới hạn		Tỷ trọng (kg.m ⁻³)
	Nhiệt độ (°C)	Áp suất (MPa)	
Nước	101,1	22,05	322
Methanol	-34,4	8,09	272
Ethane	32,4	4,88	200
CO ₂	31,2	7,38	470
n-butene	-139,9	3,65	221
n-pentane	-76,5	3,37	237

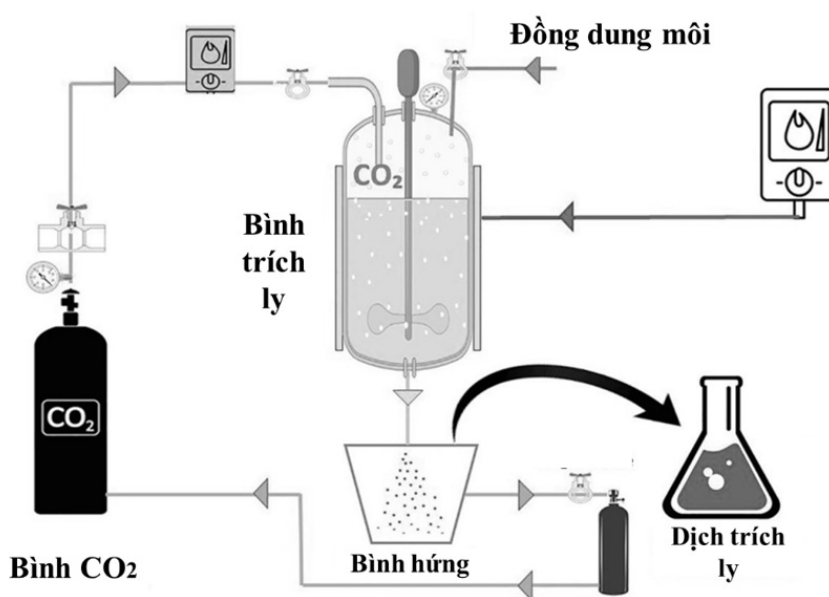
MPa, kích thước hạt nguyên liệu 0,2 - 0,5 mm [8]. Các nghiên cứu khác thu nhận dầu ớt bằng SFE và sau đó vi bao sản phẩm bằng phương pháp sấy phun với chất mang là gum arabic để bảo vệ thành phần vitamin có trong dịch trích ly [10]. (Bảng 3)

Để lựa chọn được dung môi phù hợp cho một mục đích trích ly nào đó, cần biết tính phân cực của các chất cần trích ly. Theo nguyên tắc, chất phân cực hòa tan trong dung môi phân cực (như nước), chất không phân cực hòa tan trong dung môi không phân cực (như hexane). sCO₂ không phân cực (tương tự hexane) do đó nó thường được áp dụng để trích ly những hợp chất không phân cực như triglyceride, acid béo, chất màu carotenoids,... Với hợp chất kém phân cực, cần bổ sung thêm một lượng nhỏ đồng dung môi (như ethanol).

Hệ thống SFE bao gồm thành phần cơ bản như bình chứa dung môi, bơm cao áp, bình trích ly (có lớp vỏ áo để gia nhiệt dung môi), bình hứng, các thiết bị kiểm soát (áp kế, lưu lượng kế và nhiệt kế). Ngoài ra, nếu có áp dụng đồng dung môi, cần có thêm bình chứa đồng dung môi và bơm để vận chuyển chúng vào hệ thống trích ly (Hình 5).

Các yếu tố ảnh hưởng đến SFE là nhiệt độ, áp suất, lưu lượng dung môi, loại và tỷ lệ đồng dung môi, kích thước hạt nguyên liệu (thịt quả ớt hoặc hạt ớt đã xay nhỏ) và thời gian trích ly. Tăng áp suất sẽ làm tăng tỷ trọng của sCO₂, cải thiện khả năng hòa tan của các chất mục tiêu trong dung môi này. Tăng nhiệt độ sẽ làm tăng tính khuếch tán của dung môi [3].

Để tăng hiệu quả trích ly, có thể sử dụng enzyme như pectinase, cellulase,... để phá vỡ cấu trúc thịt quả ớt hoặc hạt ớt trước, tạo điều kiện cho sự tiếp xúc giữa dung môi và các hợp chất [3]. Ngoài ra,

Hình 5: Hệ thống trích ly bằng dung môi siêu tới hạn (3)

Bảng 3. So sánh đặc tính của lưu chất ở các trạng thái (6)

Đặc tính	Khí	Siêu tới hạn	Lỏng
Tỷ trọng	0,6-2	200-900	600-1000
Độ nhớt động học (mPa.s)	0,01-0,3	0,1-0,3	0,2-3
Hằng số khuếch tán (10 ⁶ m ² .giây ⁻¹)	10-40	0,07	0,0002-0,002

có thể kết hợp kỹ thuật siêu âm để phá vỡ tế bào thực vật trước khi trích ly [9], như nghiên cứu của Santos và cộng sự (2015) thu nhận dịch chiết quả ớt bằng quá trình SFE (15 MPa, 40°C) kết hợp với xử lý bằng sóng siêu âm (công suất 360 W, trong 60 phút). Hiệu suất trích ly tăng lên tới 77% [9]. Nghiên cứu của Duarte và cộng sự 2004) áp dụng sCO₂ để trích ly các thành phần của quả ớt ở điều kiện 21,5 MPa, tốc độ nhập liệu 0,071 cm.giây⁻¹, hiệu suất đạt được 5,2% (khối lượng/khối lượng). Điều kiện tối ưu để thu nhận các hợp chất capsaicin là 20,5 MPa, 0,064 cm.giây⁻¹, hiệu suất 0,0252 % (khối lượng/khối lượng) [2].

3. Kết luận

Với mong muốn bảo vệ sức khỏe người tiêu

dùng, ngành công nghệ chế biến thực phẩm có yêu cầu ngày càng cao đối chất lượng của nguyên liệu. Nguyên liệu phải sạch, không có lẫn các loại hóa chất độc hại, nguồn gốc phải rõ ràng, minh bạch, thuận tiện trong sử dụng. Dịch trích ly các thành phần của quả ớt được xem như một loại nguyên liệu thuận lợi cho quá trình sản xuất, chế biến thực phẩm, hạn chế yêu cầu bảo quản ớt tươi trong các nhà máy. SFE, đặc biệt là với sCO₂, với ưu điểm sản phẩm không tồn dư dung môi hữu cơ, mang lại nhiều tiềm năng lĩnh vực này. Vì vậy, công nghệ này được đánh giá có tiềm năng lớn trong lĩnh vực thu nhận các hợp chất có giá trị từ quả ớt phục vụ ngành công nghiệp thực phẩm, dược phẩm và các lĩnh vực liên quan■

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN VÀ THAM KHẢO:

1. Darshana Deka D., Hulle N.R.S. (2021). Supercritical fluid extraction of Bhut Jolokia oleoresin and its quality analysis. *Applied Sciences*, 3, 260.

2.De Aguiar A.C. et al. (2022). Supercritical fluids and fluid mixtures to obtain high-value compounds from Capsicum peppers. *Food Chemistry*, X 13, 100228.

3. Dutta H., Loushigam G.L. (2026). *The Science and Technology of Chilli Pepper: Processing, Products & Quality Assurance*. Springer, USA.

4. Duarte C. et al. (2004). Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Supercritical Fluids*, 30, 155-161.

5. Faisal A. F. , Mustafa Y. F. (2025). Chili pepper: A delve into its nutritional values and roles in food-based therapy, *Food Chemistry Advances*, 6, 100928.

6. Mauricio A. Rostagno M.A. and Prado J.M. (2013). *Natural Product Extraction Principles and Applications*, RSC Publishing.

7. Nadzirah S. et al. (2024). Physicochemical properties of *Capsicum annum* (red chilli) and *Capsicum frutescens* (bird’s eye chilli) seed powder. *Food Research*, 8(3), 252 - 258.

8. Romo-Hualde A. et al. (2012). Supercritical fluid extraction and microencapsulation of bioactive compounds from red pepper (*Capsicum annum* L.) by-products. *Food Chemistry*, 133, 1045-104.

- 9.Santos P. et al. (2015). Supercritical carbon dioxide extraction of capsaicinoids from malagueta pepper (*Capsicum frutescens* L.) assisted by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 78-88.
10. Variyar P.S. et al. (2025). *Peppers-Biological, Health, and Postharvest Perspectives*, CRC Press. USA.

Ngày nhận bài: 12/3/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 25/3/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/4/2026

POTENTIAL OF SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION IN EXTRACTING COMPOUNDS FROM CHILI PEPPERS (*Capsicum annuum* L.)

● NGUYEN DINH THI NHU NGUYEN^{1,*}
● LE THI THUY HANG¹

¹Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

*Email: nguyennndtn@huit.edu.vn

ABSTRACT:

Chili peppers are widely used in Asian cuisine to impart pungency to dishes and food products. The primary compounds responsible for pungency are capsaicin and its derivatives. Capsaicin is a low-polarity compound that is highly soluble in organic solvents, ethanol, and vegetable oils. This study investigates the use of supercritical fluids in extracting compounds from chili peppers (*Capsicum annuum* L.). The results indicate that supercritical fluid extraction (SFE), particularly using supercritical CO₂ (sCO₂), offers several advantages, including high extraction efficiency, reduced solvent residues, preservation of bioactive compounds, and environmental friendliness. Supercritical extraction shows strong potential for recovering pungent compounds and other bioactive substances from chili peppers.

Keywords: chili pepper, capsaicin, extraction, supercritical fluid, pungency, food, spice