

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU CHIẾT XUẤT CHẤT MÀU
THỰC PHẨM TỰ NHIÊN CROCIN TỪ QUẢ
DÀNH DÀNH

Mã số: T2024-06-06

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Hữu Phước Trang
Đơn vị: Khoa Công nghệ Hoá học-Môi trường
Chương trình đào tạo: Kỹ thuật Thực Phẩm

Đà Nẵng, 12/2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU CHIẾT XUẤT CHẤT MÀU
THỰC PHẨM TỰ NHIÊN CROCIN TỪ QUẢ
DÀNH DÀNH

Mã số: T2024-06-06

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. Võ Trung Hùng

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ tên)

TS. Nguyễn Hữu Phước Trang

DANH SÁCH THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU

STT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn
1.	ThS. Trần Thị Kim Hồng	Khoa Công nghệ Hóa học-Môi trường, Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng. Chuyên ngành Công nghệ Thực phẩm
2.	ThS. Trần Thị Ngọc Linh	Khoa Công nghệ Hóa học-Môi trường, Đại học sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng. Chuyên ngành Công nghệ Thực phẩm
3.	ThS. Mai Thị Phương Chi	Khoa Công nghệ Hóa học-Môi trường, Đại học sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng. Chuyên ngành Công nghệ Hóa học

vi
MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	viii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	ix
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	x
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước.....	1
1.1. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	1
1.2 Tình hình nghiên cứu ngoài nước.....	1
2. Tính cấp thiết.....	2
3. Mục tiêu nghiên cứu.....	3
4. Cách tiếp cận.....	3
5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
6. Phương pháp nghiên cứu.....	3
7. Nội dung nghiên cứu.....	4
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN LÝ THUYẾT	5
1.1. Tổng quan về nguyên liệu dành dành.....	5
1.1.1. Đặc điểm.....	5
1.1.2. Phân bố.....	7
1.1.3. Thành phần hóa học.....	8
1.1.4. Công dụng.....	9
1.2. Tổng quan về chất màu.....	11
1.2.1. Giới thiệu.....	11
1.2.2. Các phương pháp chiết xuất chất màu.....	12
1.3. Chiết xuất siêu âm.....	13
1.4. Giới thiệu về quá trình tiền xử lý nguyên liệu	14
1.4.1. Làm khô nguyên liệu.....	14
1.4.2. Làm nhỏ nguyên liệu.....	15
1.5 Tình hình nghiên cứu	16
1.5.1. Thế giới.....	16
1.5.2. Trong nước.....	16
CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	19
2.1. Đối tượng nghiên cứu.....	19

2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	20
2.2.1. Chiết xuất chất màu crocin.....	20
2.2.2. Xác định hàm lượng crocin bằng phương pháp quang phổ hấp thụ.....	21
2.2.3. Phương pháp toán học.....	22
2.3. Hóa chất và dụng cụ.....	25
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	30
3.1. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình tiền xử lý nguyên liệu đến quá trình thu nhận chất màu 30	
3.2. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu.....	33
3.2.1 Khảo sát sơ bộ ảnh hưởng của phương pháp chiết xuất.....	33
3.2.2 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng bằng phương pháp siêu âm.....	34
3.3. Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin.....	38
3.4. Đề xuất quy trình chiết xuất chất màu crocin từ quả dành dành theo quy mô phòng thí nghiệm.....	46
3.4.1. Sơ đồ quy trình chiết xuất.....	46
3.4.2. Thuyết minh quy trình chiết xuất.....	48
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	50
1. Kết luận.....	50
2. Kiến nghị.....	50
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	51
THUYẾT MINH ĐỀ TÀI KHCN	
GIẤY XÁC NHẬN PHỐI HỢP THỰC HIỆN VÀ SỬ DỤNG SẢN PHẨM	
SAU KHI HOÀN THÀNH ĐỀ TÀI CẤP TRƯỜNG	
HỢP ĐỒNG TRIỂN KHAI ĐỀ TÀI	
PHỤ LỤC HỢP ĐỒNG	
DANH MỤC MINH CHỨNG SẢN PHẨM ĐỀ TÀI	
BỘ MINH CHỨNG SẢN PHẨM ĐỀ TÀI	

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Thành phần của các dẫn xuất crocetin từ quả dành dành.....	9
Bảng 2.1 Bảng mã hóa và khoảng biến thiên của các yếu tố nghiên cứu.....	22
Bảng 2.2 Bảng ma trận mã hóa theo thiết kế BBD.....	22
Bảng 2.3 Dụng cụ thí nghiệm.....	26
Bảng 3.1. Kết quả thu nhận hàm lượng crocin theo kỹ thuật chiết xuất.....	34
Bảng 3.2 Kết quả thực nghiệm hàm lượng chất màu crocin thu nhận theo ma trận các yếu tố ảnh hưởng.....	38
Bảng 3.3 Kết quả phân tích thống kê ANOVA mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy cho quá trình chiết xuất.....	44
Bảng 3.4 Bảng tóm tắt kết quả quá trình chiết xuất chất màu.....	45

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Cây dành dành.....	5
Hình 1.2 Hoa dành dành.....	6
Hình 1.3 Quả dành dành.....	7
Hình 1.4 Công thức cấu tạo crocin.....	8
Hình 1.5 Bột màu từ quả dành dành.....	10
Hình 1.6 Các sản phẩm sử dụng quả dành dành để tạo màu.....	11
Hình 1.7 Chất màu thực phẩm.....	12
Hình 2.1 Hình ảnh quả dành dành sau khi thu hái và bóc vỏ.....	19
Hình 2.2 Quy trình chiết xuất crocin bằng phương pháp siêu âm.....	21
Hình 2.3 Nitơ lỏng.....	25
Hình 2.4 Ethanol.....	26
Hình 2.5 Thiết bị siêu âm.....	27
Hình 2.6 Thiết bị UV-Vis.....	27
Hình 2.7 Thiết bị sấy đối lưu.....	28
Hình 2.8 Thiết bị sấy thăng hoa.....	28
Hình 2.9 Thiết bị ly tâm.....	29
Hình 2.10 Máy lọc.....	29
Hình 3.1 Mẫu dành dành trước khi tiến xử lý nguyên liệu.....	30
Hình 3.2 Các mẫu sau khi thực hiện tiến xử lý nguyên liệu.....	31
Hình 3.3 Kết quả khảo sát ảnh hưởng của phương pháp tiến xử lý nguyên liệu.....	32
Hình 3.4 Kết quả khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng crocin.....	36
Hình 3.5 Bề mặt đáp ứng ước tính theo các thông số tỷ lệ nguyên liệu, nồng độ dung môi, cường độ siêu âm, thời gian siêu âm.....	43
Hình 3.6 Hình ảnh về chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành.....	46
Hình 3.7 Sơ đồ quy trình chiết xuất chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành bằng phương pháp siêu âm.....	47
Hình 3.8 Thiết bị sấy thăng hoa.....	49

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt bằng Tiếng Việt

TCVN : Tiêu chuẩn Việt Nam

CK : Chất khô

Chữ viết tắt bằng Tiếng Anh

MAE : Microwave-Assisted Extraction

MHz : Megahertz

UAE : Ultrasound-Assisted Extraction

RSM : Response Surface Methodology

BBD : Box-Behnken Design

CI : Color Index

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành.
- Mã số: T2024-06-06
- Chủ nhiệm: TS. Nguyễn Hữu Phước Trang
- Thành viên tham gia: ThS. Trần Thị Kim Hồng, ThS. Trần Thị Ngọc Linh và ThS. Mai Thị Phương Chi.
- Cơ quan chủ trì: Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đà Nẵng
- Thời gian thực hiện: từ 1/2025-12/2025

2. Mục tiêu:

Nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành nhằm bổ sung thêm nguồn chất màu tự nhiên cho ngành công nghiệp thực phẩm. Nghiên cứu của đề tài tập trung vào quy trình chiết xuất chất màu tự nhiên crocin thông qua việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất. Từ đó, nghiên cứu tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu tự nhiên từ quả dành dành nhằm thu nhận chất màu có năng suất cao.

3. Tính mới và sáng tạo:

Nghiên cứu quá trình tiền xử lý nguyên liệu theo các phương pháp sấy đại sấy thăng hoa và nghiền kết hợp nitor lỏng. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thu nhận chất màu crocin bằng phương pháp siêu âm. Từ đó tối ưu hóa điều kiện chiết xuất bằng phương pháp bề mặt đáp ứng.

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

- Nghiên cứu quá trình tiền xử lý nguyên liệu theo các phương pháp sấy kết hợp nghiền nhỏ nguyên liệu. Trong đó bao gồm các kỹ thuật sấy đối lưu, sấy thăng hoa, nghiền thô cơ học, nghiền kết hợp nitor lỏng.
- Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thu nhận chất màu crocin bằng phương pháp siêu âm (nồng độ dung môi, tỷ lệ nguyên liệu và dung môi, cường độ siêu âm, thời gian siêu âm).
- Tối ưu hoá hàm lượng crocin bằng phương pháp bề mặt đáp ứng đối với các yếu tố ảnh hưởng.

5. Tên sản phẩm:

Sản phẩm khoa học: 1 bài báo khoa học được đăng hoặc chấp nhận đăng trên tạp chí có tên trong danh mục WoS/Scopus.
Trang Nguyen Huu Phuoc, Hong Tran Thi Kim, Linh Tran Thi Ngoc, Chi Mai Thi Phuong (2025). Study on ultrasonic extraction conditions of crocin pigment from

Gardenia jasminoides Ellis and optimization using response surface methodology. *Food Engineering Progress (Food Eng. Prog)*, 29(3), (June 2025); 155-163.

Link bài báo: https://www.foodengprog.org/archive/view_article?pid=fep-29-3-155

Link minh chứng thuộc Scopus, Q4:

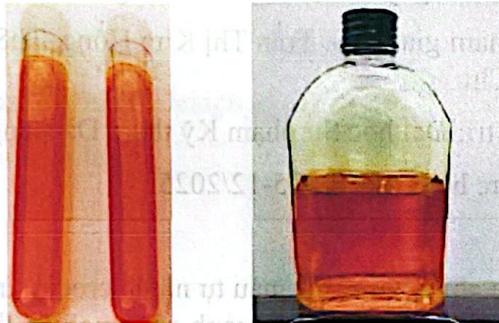
<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100935101&tip=sid&clean=0>

Sản phẩm ứng dụng: 100ml mẫu sản phẩm chất màu chiết xuất từ quả dành dành.

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

Nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên từ quả dành dành có thể được ứng dụng trong giảng dạy và nghiên cứu đối với các học phần như Phụ gia thực phẩm và Thị nghiệm Phụ gia thực phẩm của ngành Kỹ thuật thực phẩm.

7. Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính



Hình ảnh sản phẩm chất màu tự nhiên crocin được chiết xuất từ quả dành dành sau khi thực hiện tiền xử lý nguyên liệu và tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất bằng phương pháp siêu âm.

Ngày 15 tháng 12 năm 2025

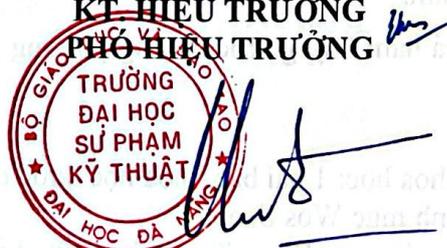
TM. Hội đồng Khoa
Chủ tịch
(ký, họ và tên)

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ và tên)

TS. Nguyễn Hữu Phước Trang

Huỳnh Thị Diễm Uyên

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. Võ Trung Hùng

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Study on the extraction of the natural food colorant crocin from Gardenia fruit.

Code number: T2024-06-06

Coordinator: Dr. Nguyen Huu Phuoc Trang

Implementing institution: MSc. Tran Thi Kim Hong, MSc. Tran Thi Ngoc Linh and MSc. Mai Thi Phuong Chi.

Duration: from 1/2025 to 12/2025

2. Objective(s):

The study focuses on the extraction of the natural colorant crocin from Gardenia fruit (*Gardenia jasminoides*) with the aim of supplementing the source of natural colorants for the food industry. This research concentrates on the crocin extraction process by investigating the factors affecting the extraction. Subsequently, the study seeks to optimize these influencing factors in the natural colorant extraction process from gardenia fruit to obtain a high-yield colorant.

3. Creativeness and innovativeness:

The study investigates the pretreatment process of raw materials using modern methods: freeze-drying (lyophilization) and cryogenic grinding (grinding combined with liquid nitrogen). The research also involves surveying the factors affecting the recovery/yield of the colorant crocin using the ultrasound-assisted extraction (UAE) method. Subsequently, the study will optimize the extraction conditions using the Response Surface Methodology (RSM)

4. Research results:

- Study the raw material pretreatment process using drying methods combined with material comminution. This includes convective drying, freeze-drying, mechanical coarse grinding, and cryogenic grinding combined with liquid nitrogen.
- Investigate the factors affecting crocin recovery/yield using the ultrasound-assisted extraction method (including solvent concentration, solid-to-solvent ratio, ultrasonic intensity, and ultrasonic duration).
- Optimize the crocin yield using the Response surface methodology for the influencing factors.

5. Products:

One scientific article published or accepted for publication in a journal indexed in the WoS/Scopus database:

Trang Nguyen Huu Phuoc, Hong Tran Thi Kim, Linh Tran Thi Ngoc, Chi Mai Thi Phuong (2025). Study on ultrasonic extraction conditions of crocin pigment from *Gardenia jasminoides* Ellis and optimization using response surface methodology. *Food Engineering Progress (Food Eng. Prog)*, 29(3), (June 2025); 155-163.

Link: https://www.foodengprog.org/archive/view_article?pid=fep-29-3-155

Link Scimago journal, Scopus, Q4:

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100935101&tip=sid&clean=0>

Applied product: 100 ml sample of the colorant extract from Gardenia fruit

6. Effects, transfer alternatives of research results and applicability:

The research on the extraction of natural colorants from Gardenia fruit can be applied in teaching and research for courses such as Food Additives and Food Additives Laboratory within the Food Engineering discipline.

MỞ ĐẦU

1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

1.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Dành dành còn có tên là Chi tử, mẫu đơn hay bạch hải đường. Ở nước ta, dành dành thường được dùng làm cây cảnh, quả sử dụng làm thuốc. Quả dành dành còn có tác dụng làm chất màu tự nhiên vừa đẹp mắt vừa tốt cho sức khỏe.

Quả dành dành cho ra màu vàng không độc có thể sử dụng tạo màu cho thực phẩm như nhuộm xôi, làm mứt dứa, làm bánh, thạch rau câu, nước mắm ... Hạt dành dành thường khá cứng, vì vậy trước khi muốn sử dụng cần phải ngâm với nước trong một khoảng thời gian sau đó sử dụng làm màu thực phẩm tạo màu các món ăn. Một số các nghiên cứu ở nước ta bước đầu đã thực hiện chiết xuất chất màu bằng phương pháp ngâm, đánh giá về độ bền màu của chất màu, nghiên cứu bột màu (Phạm Thành Quân 2000; Nguyễn Thị Thanh Thủy và cs 2016; Nguyễn Hữu Phước Trang và cs 2023).

1. Phạm Thành Quân (2000). *Nghiên cứu chất màu tan trong nước từ quả dành dành *Gardenia Jasminoides Ellis**, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Khoa Công nghệ Hoá học. Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh.

2. Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thị Hiền (2016). *Chiết tách và khảo sát độ bền của chất màu crocin từ quả dành dành*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.

3. Nguyễn Hữu Phước Trang, Võ Thị Thảo Nhi, Trần Thị Kim Hồng, Trần Thị Ngọc Linh, Phạm Thị Nga (2023). *Bước đầu nghiên cứu thu nhận bột màu vàng tự nhiên chiết xuất từ quả dành dành (*Gardenia Jasminodes Ellis*)*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng.

1.2 Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Crocin là một hợp chất hóa học carotenoid tự nhiên được tìm thấy trong hoa của cây nghệ và cây dành dành. Đây là một diester hình thành từ các gentiobiose disaccharide và axit crocetin dicarboxylic. Crocin có màu đỏ đậm và ở dạng tinh thể, nhiệt độ nóng chảy 186°C. Khi hòa tan trong nước nó có màu vàng hoặc màu vàng cam, hòa tan tốt trong nước. Crocin có thể được chiết xuất bằng phương pháp cơ bản như ngâm trong dung môi. Ngoài ra, các nghiên cứu chiết xuất chất màu hiện nay được nghiên cứu rộng rãi như phương pháp vi sóng, siêu âm, hoặc sự kết hợp giữa các phương pháp nhằm nâng cao khả năng chiết xuất từ nguyên liệu hoa nghệ tây và quả dành. Chất

màu crocin được ứng dụng trong ngành thực phẩm và y học. Bên cạnh vai trò chất màu, nó còn là chất chống oxy hóa, bảo vệ gan bị tổn thương, chống tăng lipid trong máu.

Tài liệu tham khảo:

1. Yang Bin, Xuan Liu, Yanxiang Gao (2009). *Extraction optimization of bioactive compounds (crocin, geniposide and total phenolic compounds) from Gardenia (Gardenia jasminoides Ellis) fruits with response surface methodology*, Journal of Ethnopharmacology.
2. F. Hadizadeh, S.A. Mohajeri, M. Seifi (2010). *Extraction and Purification of Crocin from Saffron Stigmas Employing a Simple and Efficient Crystallization Method*. Pakistan Journal of Biological Sciences.
3. Yingpeng Tong, Yu Jiang, Dan Guo, Yongqiu Yan, Shiping Jiang, Yu Lu, S. Zahra Bathaie, and Ping Wang (2018). *Homogenate Extraction of Crocins from Saffron Optimized by Response Surface Methodology*. Journal of Chemistry.
4. S. Karasu, Y. Bayram, K. Ozkan, O. Sagdic, (2019). *Extraction optimization crocin pigments of safon (Crocus sativus) using response surface methodology and determination stability of crocin microcapsules*. Journal of Food Measurement and Characteziration.

2. Tính cấp thiết

Quả dành dành (tên khoa học *Gardenia jasminoides*), còn gọi là quả chi tử, là một loại quả của cây dành dành, thuộc họ Cà phê (*Rubiaceae*). Loại quả này trồng khá phổ biến ở khu vực miền Bắc Việt Nam. Hiện nay, cây dành dành cũng được trồng ở miền Trung như Quảng Nam, Nghệ An, Thanh Hóa, Hà Tĩnh... Người dân trồng dành dành không chỉ để lấy quả làm dược liệu mà còn để làm cảnh vì hoa dành dành rất đẹp và thơm. Quả dành dành chứa sắc tố màu vàng nên được nhiều người sử dụng để chế biến các món ăn như nấu xôi, làm thạch rau câu, kẹo, nước mắm... Ngoài ra, trong quả còn chứa một số thành phần mang hoạt tính sinh học nên chúng được dùng làm thuốc trong các cửa hàng dược liệu.

Màu sắc là một trong những yếu tố đang ngày càng được quan tâm nhiều hơn trong lĩnh vực thực phẩm. Với xu hướng toàn cầu thay thế chất tạo màu tổng hợp bằng chất tạo màu tự nhiên - là chất màu không độc hại, thân thiện với môi trường, có nguồn gốc tự nhiên. Các chất màu tự nhiên thường được thu nhận như carotenoid, anthocyanin, phycoerythrin... Crocin là một trong những chất thuộc nhóm carotenoid, là phân tạo

màu vàng cam trong thực phẩm. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu đã cho thấy: crocin không những tạo màu tốt mà còn có nhiều tác dụng như cải thiện trí nhớ, chống co giật - bảo vệ thần kinh, chống trầm cảm, chống oxy hóa... Để có thể sử dụng crocin làm chất tạo màu thực phẩm, cần phải thực hiện quá trình chiết xuất, trích ly. Dung môi phổ biến được sử dụng trong chiết xuất crocin là nước, ethanol và axeton. Crocin thường có mặt trong quả cây dành dành và nhụy hoa nghệ tây.

Các nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên đã và đang được nghiên cứu ngày càng rộng rãi từ nhiều nguồn nguyên liệu tự nhiên nhằm mục đích cung cấp đến thị trường tiêu thụ nguồn chất màu tự nhiên, an toàn cho người sử dụng. Do đó, đề tài “Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành” là đề tài mang tính cấp thiết.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành nhằm bổ sung thêm nguồn chất màu tự nhiên cho ngành công nghiệp thực phẩm. Nghiên cứu của đề tài tập trung vào quy trình chiết xuất chất màu tự nhiên crocin thông qua việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất. Từ đó, nghiên cứu tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu tự nhiên từ quả dành dành nhằm thu nhận chất màu có năng suất cao.

4. Cách tiếp cận

Từ các nghiên cứu đã được công bố về các phương pháp chiết xuất chất màu crocin khác nhau, đề tài hướng đến nghiên cứu và đề xuất quy trình chiết xuất chất màu crocin từ quả dành dành với các thông số công nghệ tối ưu nhằm thu nhận chất màu có năng suất cao.

5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Quả dành dành

Phạm vi nghiên cứu: Tại các Phòng thí nghiệm thuộc Khoa Công nghệ Hoá học-Môi trường, Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng.

6. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chiết xuất chất màu crocin: phương pháp chiết siêu âm

Phương pháp hóa sinh: xác định hàm lượng crocin

Phương pháp toán học: tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu sử dụng phần mềm Stargraphic Centurion XVI

7. Nội dung nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu bao gồm:

- Tìm hiểu và viết tổng quan đề tài
- Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu.
- + Phương pháp tiền xử lý nguyên liệu
- + Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu: nồng độ dung môi, tỷ lệ nguyên liệu và dung môi, cường độ siêu âm, thời gian siêu âm.
- Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN LÝ THUYẾT

1.1. Tổng quan về nguyên liệu dành dành

1.1.1. Đặc điểm

Dành dành thuộc họ Cà phê, chi *Gardenia*. Loài này nổi bật với các đặc điểm hình thái điển hình của chi và họ. Tên chi *Gardenia* được nhà khoa học Ellis đặt vào năm 1761, nhằm vinh danh nhà tự nhiên học người Mỹ Alexander Garden. Do đó, tên khoa học đầy đủ của loài này là *Gardenia jasminoides* Ellis (đồng nghĩa *Gardenia florida* L.) (Wiat, 2021).



Hình 1.1. Cây dành dành

(Nguồn: https://vi.wikipedia.org/wiki/D%C3%A0nh_d%C3%A0nh)

Theo các tài liệu y học cổ truyền Trung Quốc, loài dành dành (*Gardenia jasminoides*) còn gọi là Nam hương, Chi tử, Mẫu đơn hoặc Bạch hải đường. Đặc biệt, trong y học nó được sử dụng như một vị thuốc với tên gọi Chi tử, có ý nghĩa được giải thích là do quả có hình dạng giống chiếc chén (Chi: chén đựng rượu). Các danh pháp Hán-Việt đồng nghĩa khác đã được ghi nhận trong các sách như Bản Kinh và Bản Thảo Cương Mục bao gồm: Sơn chi tử, Mộc ban, Việt đào và Tiên chi.

Dành dành là cây thân gỗ lâu năm với kích thước trung bình. Chiều cao của cây

trưởng thành ngoài tự nhiên thường đạt từ 1 m đến 3 m. Đặc trưng sinh trưởng của loài này là tốc độ rất chậm, với mức tăng trưởng hàng năm được ghi nhận vào khoảng 15 cm (Do et al., 2001).

Lá có màu xanh lục sẫm, bề mặt nhẵn bóng và được sắp xếp theo kiểu đối xứng. Phiến lá có kích thước lớn, hình dạng thuôn dài-trái xoan hoặc bầu dục kéo dài, với đầu lá tù hoặc có mũi nhọn và gốc lá hình xiên.

Gardenia jasminoides có hoa với kích thước tương đối lớn và phát triển đơn độc ở đầu cành (mọc đơn lẻ ở đỉnh cành). Về mặt hình thái, hoa được phân thành hai dạng chính: hoa đơn và hoa kép. Màu sắc đặc trưng của hoa là màu trắng khi mới nở, thường chuyển sang vàng nhạt khi hoa già hoặc sắp tàn (Dao et al., 2001).



Hình 1.2. Hoa dành dành (Nguồn: <https://vnras.com/danh-danh-chi-tu-nhung-cay-thuoc-va-vi-thuoc-viet-nam-do-tat-loi/>)

Quả dành dành được sử dụng nhiều, đặc biệt trong dược liệu (Chi tử). Quả có hình dạng thuôn bầu dục (hoặc hình trứng hẹp/hình thoi).

Đặc điểm nổi bật của quả là sự hiện diện của 5 đến 9 đường gờ lồi (cạnh lồi) chạy dọc theo chiều dài quả, tạo nên cấu trúc có góc cạnh rõ rệt. Đỉnh quả có đài hoa tồn tại (đài khô còn sót lại). Khi chín, quả chuyển sang màu vàng cam đến đỏ nâu và hơi bóng.



Hình 1.3. Quả dành dành (Nguồn: <https://havamall.com/shop/bot-danh-danh-say-lanh-havafoodies-50g-gardenia-powder/>)

Vỏ quả tương đối mỏng và giòn. Bên trong, quả có 2 đến 5 ngăn (buồng) không hoàn toàn và chứa nhiều hạt. Thịt quả có màu vàng cam.

Hạt có hình dạng dẹt và hơi tròn, được xếp khít lại với nhau. Hạt có màu vàng cam đến nâu đỏ, bên ngoài thường được bao bọc bởi một chất com màu vàng hoặc đỏ, có mùi nhẹ, vị hơi chua và đắng.

Thời điểm thu hoạch quả thường diễn ra vào khoảng tháng 8 đến tháng 10 khi quả đã chín già và bắt đầu chuyển sang màu vàng (Do et al., 2001).

1.1.2. Phân bố

Loài dành dành (*Gardenia jasminoides*) được công bố có nguồn gốc bắt nguồn từ Trung Quốc và Nhật Bản ((Wiert, 2021).

Về mặt sinh thái, loài cây này thể hiện tính ưa ẩm và ưa sáng, mặc dù vẫn có khả năng chịu bóng nhất định. *G. jasminoides* thường phát triển mạnh mẽ trên đất ẩm và có xu hướng hình thành các bụi lớn ở các vị trí gần nguồn nước như bờ ao, bờ kênh rạch, hoặc bờ suối, Đặc điểm sinh học quan trọng là cây ra hoa và đậu quả mạnh mẽ hàng năm.

Tại Việt Nam, dành dành phân bố phổ biến khắp các tỉnh đồng bằng và trung du, tập trung cao nhất tại các tỉnh thuộc Đồng bằng sông Hồng và Bắc Trung Bộ. Nguồn cung cấp dành dành trong nước được đánh giá là phong phú, với lượng khai thác và tiêu thụ hàng năm dao động từ 30 đến 40 tấn. Đáng chú ý, ở Hải Dương và Hưng Yên, việc

trồng dành dành tại bờ ao được áp dụng như một phương thức kép, vừa có tác dụng chống sạt lở bờ đất vừa tối ưu hóa việc thu hoạch quả (Đỗ et al., 2001).

1.1.3. Thành phần hóa học

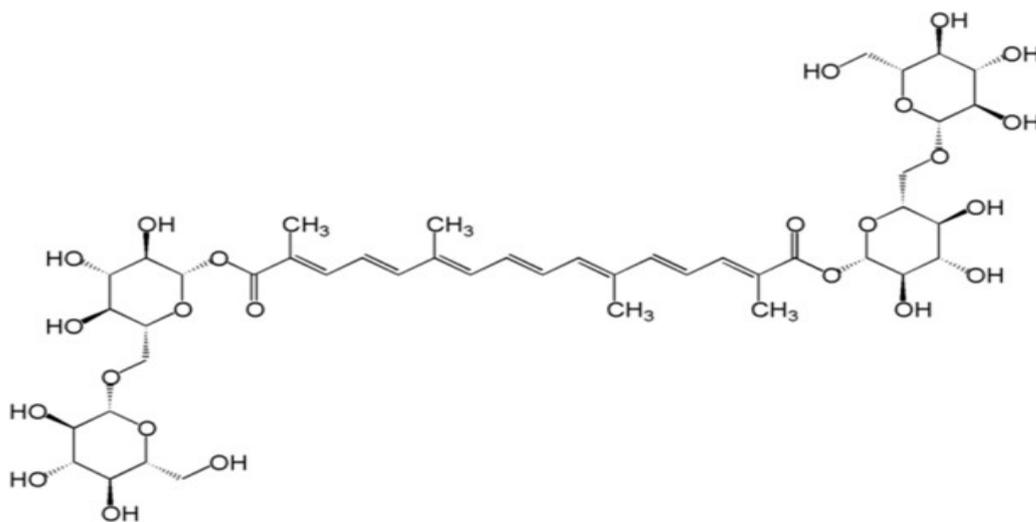
Nhiều hợp chất sinh học từ quả dành dành đã được nghiên cứu và xác định bao gồm geniposide, genipin, gardenoside, crocin và iridiod đã được tìm thấy trong dành dành (Xiao et al., 2017).

❖ Crocin

Crocin là một digentiobiosyl ester của crocetin, là thành phần có hoạt tính sinh học của nghệ tây. Ngoài ra, chúng cũng được tìm thấy trong quả dành dành (*Gardenia jasminoides* Ellis). Crocin là hợp chất carotenoid ưa nước, tan tốt trong dung môi hữu cơ phân cực, kết tinh với methanol cho tinh thể hình kim màu đỏ sáng (Alavizadeh & Hosseinzadeh, 2014). Crocin là thành phần tạo màu cho thực phẩm (Yeon et al., 2001; Đỗ et al., 2023)

Các thành phần chính của sắc tố màu vàng từ dành dành chính là thành phần crocin. Thành phần chính là crocetin-digentiobiosyl ester (crocin) chiếm 68,3%, crocetin-monogentiobiosyl-monoglucosyl ester chiếm 4,5%, crocetin-monogentiobiosyl ester (trans) chiếm 2,5%, crocetin-monogentiobiosyl ester (cis) chiếm 5,3%, crocetin – diglucosyl ester (trans) chiếm 15,3%, Crocetin – monoglucosyl ester (trans) chiếm 2,5%, crocetin – monoglucosyl ester (cis) chiếm 0,9% (Xi & Qian, 2006).

Công thức phân tử crocin: $C_{44}H_{64}O_{24}$



Hình 1.4. Công thức cấu tạo crocin (Đỗ et al., 2023)

Bảng 1.1. Thành phần của các dẫn xuất crocetin từ quả dành dành (Xi & Qian, 2006).

STT	Hợp chất	Thành phần (%)
1	Crocetin – digentiobiosyl ester (trans) Crocin	68,3
2	Crocetin – monogentiobiosyl-monoglucosyl ester	4,5
3	Crocetin – monogentiobiosyl ester (trans)	2,5
4	Crocetin – monogentiobiosyl ester (cis)	5,3
5	Crocetin – diglucosyl ester (trans)	15,3
6	Crocetin – monoglucosyl ester (trans)	2,5
7	Crocetin – monoglucosyl ester (cis)	0,9

1.1.4. Công dụng

❖ Các hoạt tính sinh học của dành dành

Hoạt tính chống oxy hóa

Sắc tố caroten là hợp chất chống oxy hóa. Các dẫn xuất crocetin và sắc tố caroten có thành phần polyene có khả năng kháng oxy hóa cao. Hiệu quả hỗ trợ hạn chế quá trình axit linoleic có khả năng oxy hóa đối với β -carotene và bixin có chứa caroten có lượng carbon tương đương 25 con số C_{25} (thành phần chính của sắc tố annato) cùng với khả năng chống oxy hóa của bảy loại dẫn xuất crocetin đã được nghiên cứu (Xiao et al., 2017).

Crocetin với hoạt tính chống oxy hóa tham gia chuyển hóa oxit nitric trong nước tiểu. Crocetin có thể làm tăng hoạt động tổng hợp NO nội mô nên nó được cho là có tác dụng chống tăng cholesterol máu.

Chống tăng lipid máu

Crocetin thu được từ chiết xuất nước của dành dành đã được tìm thấy có tác dụng hạ huyết áp. Khi crocin và crocetin được cho chuột thử nghiệm, cholesterol và lipid đã được hạn chế lại và thành phần này đã được giảm đi, đồng thời nồng độ lipoprotein-cholesterol mật độ cao tăng lên đáng kể.

Crocetin có thể giúp chống tăng lipid máu. Giúp hạ đường huyết ở chuột vì thành phần này có thể ức chế chọn lọc hoạt động của lipase tuyến tụy. Tác dụng hạ đường huyết của crocin lên men với vi khuẩn axit lactic có thể được cải thiện (Liu & Qian,

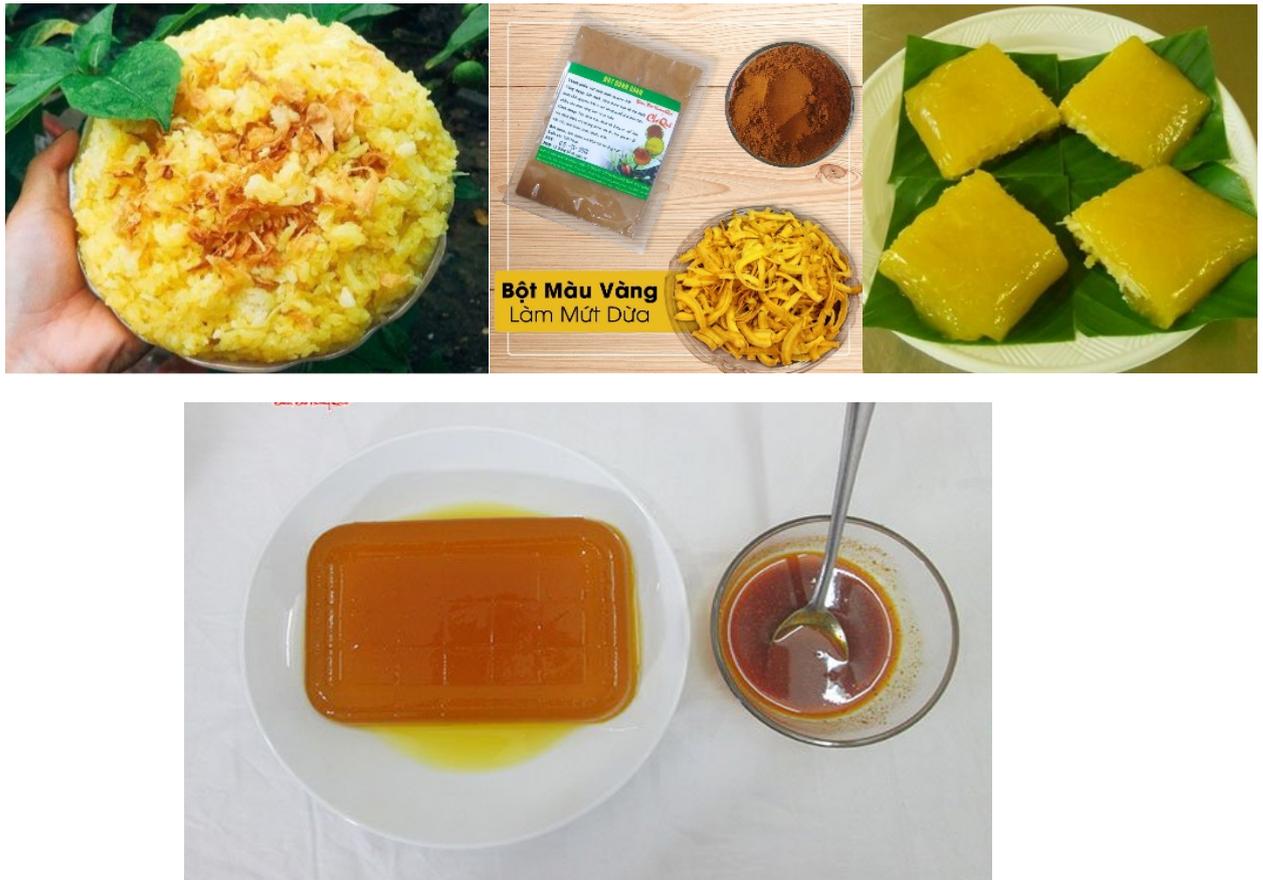
2005; Xu et al., 2006).

❖ Công dụng tạo màu cho thực phẩm

Dành dành chủ yếu được dùng để tạo phẩm màu trong các sản phẩm thực phẩm như xôi, kẹo, thạch,... tạo màu vàng cam tùy theo hàm lượng và nồng độ sử dụng (Lee et al., 2005; Chen et al., 2009; Nguyen et al., 2023)



Hình 1.5. Bột màu từ quả dành dành (Nguồn: <https://havamall.com/shop/bot-danh-danh-say-lanh-havafoodies-50g-gardenia-powder/>)



Hình 1.6. Các sản phẩm sử dụng quả dành dành để tạo màu (Nguồn: <https://choquevn.com/ngat-ngay-voi-huong-vi-kho-cuong-cua-thach-rau-cau-bot-danh-danh-4321>)

❖ Một số công dụng khác

Tinh dầu của dành dành được chiết xuất từ hoa dành dành. Những cánh hoa dành dành được phun lên một loại chất béo không mùi cho đến khi hương thơm trong cánh hoa được hấp thụ hết. Tiếp đến, hỗn hợp chất béo và tinh dầu từ hoa được sẽ tách ra bằng cồn, sau khi cồn bay hơi hoàn toàn, phần thu được chính là tinh chất của hoa (Yamada et al., 1996).

1.2. Tổng quan về chất màu

1.2.1. Giới thiệu

Chất màu thực phẩm đã được sử dụng từ lâu nhằm tạo nên giá trị cảm quan cho sản phẩm thực phẩm. Việc sử dụng hợp chất màu trong thực phẩm là hợp chất màu của rượu vang, vào năm 400 trước Công nguyên. Hợp chất màu tổng hợp đầu tiên được tạo thành vào năm 1856 bởi Sir William Henry Perkins. Giữa chất màu tự nhiên và tổng hợp thì

chất màu tổng hợp thường được sử dụng nhiều hơn vì tính ổn định, giá thành thấp và bảo quản thời gian dài.



Hình 1.7. Chất màu sử dụng trong thực phẩm (Nguồn:

<https://www.amazon.in/Friendly-Irritant-Pink-Royal-Blue/dp/B0CXNCGWWG?th=1>)

Chất màu tự nhiên là các hợp chất màu có nguồn gốc từ thiên nhiên chủ yếu từ thực vật.

Chất màu tự nhiên bao gồm các màu đỏ, vàng và xanh lam từ anthocyanin; màu xanh lá cây là chlorophyll và màu vàng từ carotenoid. Ngoài ra, để có được các màu khác như nâu hoặc đen thì có thể dùng các màu caramen và polyphenol.

Bên cạnh đó, các chất màu tự nhiên còn có thể mang giá trị về mặt dinh dưỡng như: các vitamin, các axit hữu cơ, glycozit, các nguyên tố vi lượng. Do vậy, khi sử dụng chất màu tự nhiên để nhuộm màu không chỉ cải thiện được giá trị cảm quan mà còn làm tăng hoạt tính sinh học cho thực phẩm. Tuy nhiên, so với chất màu tổng hợp chất màu tự nhiên thường kém bền và có giá thành cao do việc thu hồi chúng từ các nguồn tự nhiên khá tốn kém (Đỗ et al., 2023).

1.2.2. Các phương pháp chiết xuất chất màu

- ❖ Ngâm trong dung môi

Ngâm trong dung môi là phương pháp cổ điển dễ dàng thực hiện. Vật liệu được ngâm lý trong dung môi có thể tiến hành kết hợp đảo khuấy hoặc lắc. Đây là phương pháp đơn giản dễ thực hiện tuy nhiên thời gian ngâm thường kéo dài và khó lôi kéo các thành phần hòa tan (Nguyen et al., 2020).

Ưu điểm: Kỹ thuật đơn giản và rẻ tiền

Nhược điểm: Thời gian chiết có thể kéo dài.

❖ Chiết Soxhlet

Quy trình này trích ly liên tục các hợp chất từ nguyên liệu bằng cách sử dụng dung môi nóng chảy, được lặp đi lặp lại trong một chu trình đun sôi-ngưng tụ-hòa tan. Phương pháp này hiệu quả để tách các hợp chất như tinh dầu, lipid, ..., Tuy nhiên, kỹ thuật này cũng tiêu tốn nhiều thời gian, tiêu thụ năng lượng

❖ Siêu âm

Quá trình trích ly chiết xuất mẫu được thực hiện nhờ sóng siêu âm trong thời gian ngắn.

Ưu điểm: Năng suất chiết cao, dễ thực hiện

Nhược điểm: Quy trình siêu âm thực hiện thời gian ngắn, tuy nhiên nếu kéo dài một số hợp chất hữu cơ có thể bị biến tính.

❖ Vi sóng

Quá trình chiết được hỗ trợ vi sóng giúp đẩy nhanh quá trình hòa tan dịch chiết.

Ưu điểm: Thời gian chiết ngắn

Nhược điểm: Thiết bị đắt tiền

1.3. Chiết xuất siêu âm

Sóng siêu âm (ultrasound) là một loại sóng cơ học được hình thành từ sự lan truyền dao động của các phân tử trong môi trường, với tần số vượt qua ngưỡng nghe của tai người (16 – 20KHz). Đặc tính vật lý của sóng siêu âm là sóng dọc, hay còn gọi là sóng nén.

Sóng siêu âm dao động với dải tần số từ 20 KHz – 25 MHz, đang được khai thác trong nhiều lĩnh vực. Lĩnh vực được ứng dụng này thường được phân loại thành hai lĩnh vực chính dựa trên tần số và năng lượng sử dụng. Sóng siêu âm về bản chất khác với sóng điện từ (Soltani- Firouz et al., 2022).

Nguyên tắc hoạt động của siêu âm trong ứng dụng chiết tách: khi thực hiện sóng siêu âm phần năng lượng sẽ chuyển thành cơ năng. Quá trình này sẽ tạo ra các phần bọt, sau

đó phá vỡ bọt khí khi rung đồng thời phá vỡ tế bào của nguyên liệu từ đó chiết xuất ra các thành phần (Wang et al., 2021).

Cơ sở của phương pháp chiết siêu âm là nguyên vật liệu cùng với dung môi được đưa vào thiết bị, sau đó được ngâm chiết dưới tác động của sóng siêu âm. Khi tiến hành, nguyên liệu với các tế bào sẽ bị làm vỡ ra. Điều này cho phép các hệ dung môi tiến hành thâm thấu và đi vào bên trong nó một cách dễ dàng hơn, từ đó thực hiện qua trình chiết xuất (Kumar et al., 2021)

Ưu điểm:

Thiết bị vận hành đơn giản

Có thể chiết xuất được nhiều nhóm hoạt chất và sử dụng dung môi chiết đa dạng

Quy mô Mẫu: lượng mẫu có thể chiết lên đến hàng trăm gram.

Tiết kiệm năng lượng và bảo toàn chất lượng

Giảm được nhiệt độ và áp suất.

Nhược điểm:

Tái sử dụng dung môi

Một số hợp chất có thể bị biến tính khi chiết xuất bằng siêu âm

1.4. Giới thiệu về quá trình tiền xử lý nguyên liệu

1.4.1. Làm khô nguyên liệu (Nguyễn et al., 2024)

Năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời tự nhiên để làm khô nguyên liệu, khi thực hiện phơi nguyên liệu dưới ánh sáng mặt trời một phần hơi ẩm trong nguyên liệu sẽ bay hơi ra cho đến khi khô ráo.

** Ưu điểm:*

- Tiết kiệm chi phí và dễ thực hiện.

** Nhược điểm:*

- Khó kiểm soát điều kiện làm khô nguyên liệu

- Nguyên liệu sau khi phơi khô vẫn có thể còn độ ẩm lớn có thể gây ẩm mốc nguyên liệu.

- Mất nhiều thời gian để đạt độ ẩm theo yêu cầu

Sấy đối lưu

Các tác nhân nhiệt cao như không khí nóng, khói lò, ... dưới sự chuyển động của các tác nhân sấy theo vòng tuần hoàn trong buồng sấy, nguyên liệu sẽ tiến hành trao đổi

nhiệt và trao đổi ẩm, bốc hơi nước, khiến độ ẩm thoát ra ngoài làm nguyên liệu khô hoàn toàn.

** Ưu điểm:*

- + Ổn định nhiệt độ sấy với thời gian điều chỉnh.
- + Thiết bị có giá thành rẻ, dễ vận hành.

** Nhược điểm:*

- + Nguyên liệu sấy có thể bị co, biến dạng, tổn thất giá trị dinh dưỡng
- + Khó tách ẩm được hoàn toàn.

Sấy thăng hoa

Đây là quá trình tách ẩm từ nguyên liệu bằng cách dựa vào điểm ba pha của nước, sự thăng hoa của nước. Quá trình xảy ra qua hai giai đoạn: lạnh đông và sấy chân không từ đó có thể tách ẩm và giữ lại các giá trị quý của nguyên liệu.

** Ưu điểm:*

- + Giá trị dinh dưỡng, cấu trúc của nguyên liệu ít tổn thất.
- + Độ ẩm sau khi sấy thấp <4%, giúp thời gian bảo quản nguyên liệu được kéo dài hơn trong điều kiện thông thường.
- + Cấu trúc nguyên liệu sau khi sấy không bị thay đổi, giòn xốp dễ nghiền thành bột.

** Nhược điểm:*

- + Thời gian sấy lâu hơn, thiết bị sấy thăng hoa đòi hỏi công suất cao, đắt tiền
- + Quy cách vận hành, bảo trì phải đúng quy cách.
- + Chi phí vận hành, sản xuất sản phẩm sấy thăng hoa cao

1.4.2. Làm nhỏ nguyên liệu (Nguyen et al., 2020)

Nghiền

Quá trình làm nhỏ nguyên liệu bằng phương pháp cơ học nhằm làm nhỏ và trực tiếp phá vỡ cấu trúc nguyên vật liệu bằng các lực cơ học. Để thực hiện nghiền, vật liệu sẽ phải chịu các tác dụng lực dẫn đến biến dạng

Tùy vào kích thước nguyên liệu sau nghiền mà có thể phân chia ra nghiền thô, nghiền trung bình, nghiền mịn, nghiền keo, nghiền nhỏ...

Nghiền kết hợp nitơ lỏng

Đưa nguyên liệu về trạng thái đóng băng nhanh bằng nitơ lỏng (-196°C), khi đó nguyên liệu sẽ bị đóng băng rất giòn và dễ bị phá vỡ cấu trúc, kết hợp với lực tác dụng trong quá trình nghiền sẽ nghiền nhỏ được nguyên liệu.

Phương pháp enzyme

Sử dụng các hệ enzyme như cellulase, pectinase, amylase nhằm phân hủy phần vỏ của nguyên liệu, giúp nguyên liệu dễ dàng tiếp xúc với hệ dung môi, tăng diện tích tiếp xúc giữa tế bào nguyên liệu và dung môi.

1.5 Tình hình nghiên cứu

1.5.1. Thế giới

Phần phẩm màu vàng cam hòa tan tốt trong nước và có thể chiết xuất được từ dành dành đó chính là crocin. Để tối ưu hóa các thông số chiết xuất crocin từ quả dành dành, cụ thể là nhiệt độ chiết (45 – 55°C), thời gian (40 – 60 phút), tỷ lệ quả dành dành (15 – 25%) và nồng độ ethanol (50 – 60%), từ mẫu nguyên liệu sấy khô ở các nhiệt độ khác nhau (55 – 70°C) bằng phương pháp sấy đối lưu. Tại các điều kiện tối ưu đạt được như nhiệt độ chiết 55°C, thời gian 57 phút, phần trăm quả trong dung môi ở mức 24% và nồng độ ethanol là 56%. Kết quả cho thấy bột dành dành khô duy trì tốt hàm lượng crocin (6,64 mg/g chất khô (CK), sản phẩm có hoạt độ nước thấp và độ ẩm lần lượt là 0,33 và 5,72% thích hợp để bảo quản, duy trì được màu sắc và đặc tính tự nhiên vốn có của nguyên liệu thô, (Yang et al., 2009).

Ngoài ra, sắc tố crocin còn chứa nhiều trong hoa nghệ tây (*Crocus sativus*). Nghiên cứu của nhóm tác giả Zhu đã xác định các yếu tố ảnh hưởng đến chiết xuất và đánh giá độ ổn định liên quan đến nhiệt độ và độ pH của vi nang crocin. Ảnh hưởng của các biến số quy trình đến năng suất crocin đã được xác định thành công mô hình bậc hai ($R^2 > 0,98$) và adj R. Các thông số của quy trình, cụ thể là thời gian chiết (4,4 phút), nhiệt độ 55°C, mức biên độ siêu âm (94%) và tỷ lệ (L/S) (1000) được xác định là điểm chiết tối ưu. Độ ổn định nhiệt và pH của crocin được xác định các biến nhiệt độ tại 60°C, 70 °C, 80 °C và 90°C và các mức pH (2, 4,5 và 6). Sự phân hủy crocin cho thấy động học bậc nhất và hằng số tốc độ phân hủy (k) có sự thay đổi đáng kể khi thay đổi pH và nhiệt độ ($p < 0,05$). Khi thực hiện ở nhiệt độ cao kết hợp môi trường có pH thấp cho thấy hàm lượng crocin bị phân hủy (k) cao hơn. Nghiên cứu này cho thấy crocin từ nhụy nghệ tây nên được bảo quản bằng cách đóng gói sấy phun (Zhu et al., 2014).

1.5.2. Trong nước

Nghiên cứu về nhân giống *in vitro* cây dành dành được thực hiện nhằm xây dựng sơ đồ quy trình sản xuất hiệu quả, đảm bảo cây con sinh trưởng tốt. Nguyên liệu sử dụng chính là hạt lấy từ quả dành dành bánh tẻ. Quy trình tối ưu bao gồm bước khử trùng quan

trọng: sử dụng Presept 0,5%, tỷ lệ hạt nảy mầm đạt 90,59%. Khi tiến hành nhân nhanh chồi, môi trường MS được phối trộn 1,5 mg/L BA, hệ số nhân chồi thu được đạt giá trị 7,29 chồi/mẫu. Khi chuyển sang giai đoạn nuôi cấy để sinh trưởng, các vi chồi được nuôi với môi trường được bổ sung các thành phần như: MS kết hợp 30 g/l đường sucrose và 150ml nước dừa/lít, cho kết quả là sự phát triển nhanh và chất lượng vi chồi tốt. Cuối cùng, để có thể ra rễ tối ưu nhóm đã tiến hành sử dụng MS phối trộn thêm 0,5 mg/L IBA, 100% rễ được ra với hình thái rễ đạt chất lượng (Lê et al., 2024).

Ngoài ra, nghiên cứu này còn xác định quả dành dành là một nguồn nguyên liệu dồi dào crocin, với hàm lượng đạt tới 16,04 mg/g NLT và 14,63 mg/g CK. Năng suất chiết crocin đạt cao nhất khi sử dụng ethanol: nước với tỷ lệ tối ưu là 40:60 hoặc 50:50 (v/v). Các điều kiện chiết cụ thể cũng được xác định rõ: 20 ml/g dung môi tại 40⁰C trong 45 phút cho nguyên liệu tươi, và 25 mL/g dung môi tại 70⁰C trong 60 phút cho nguyên liệu khô. Ngoài ra, nghiên cứu còn đánh giá độ bền của crocin, khẳng định nó khá bền với nhiệt độ dưới 100⁰C trong thời gian dài (140 phút) và ổn định trong các điều kiện pH khác nhau, từ axit yếu đến trung tính và kiềm

Bên cạnh đó, theo nhóm tác giả Lee và cs đã nghiên cứu tại điều kiện ethanol/H₂O 50%, với tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/3 tại 25⁰C trong 72 giờ cho việc chiết xuất crocin. Kết quả của cuộc nghiên cứu quá trình tách geniposide từ dịch trích của quả dành dành cho thấy, lượng bão hoà của crocin và geniposide cùng hấp phụ trên nhựa Amberlite XAD – 16 là 0,074 mg/g nhựa hấp phụ. Hiệu suất thu hồi crocin là 93,5 (3,5% khi sử dụng ethanol 50% thể tích để rửa giải crocin (Lee et al., 2014) .

Tác giả Lê Thị Phương với nghiên cứu chiết tách chất màu từ quả dành dành và ứng dụng trong nhuộm vải tơ tằm Quảng Nam. Mục đích của nghiên cứu là chiết tách các hợp chất màu tự nhiên từ quả dành dành và xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến việc trích ly chất màu từ quả dành dành.

Tiếp theo đó, sử dụng phần phẩm màu đã được tách từ quả dành dành mang đi nhuộm vải tơ tằm ở Quảng Nam. Phương pháp chung nhin được sử dụng: 80⁰C, thời gian thực hiện quá trình nhuộm kéo dài 60 phút, chất cầm màu được sử dụng trong nghiên cứu là Al₂(SO₄)₃ 5g/L. Cấu trúc tế vi của vải tơ tằm trước và sau khi nhuộm được khảo sát bằng ảnh SEM và cho thấy có sự gắn màu lên bề mặt khi thực hiện nhuộm sợi vải tơ tằm bằng phẩm màu đã được chiết tách từ hạt dành dành. Vải được nhuộm màu đạt độ bền màu cao (Lê, 2022).

Từ những nghiên cứu trên cho thấy giá trị của cây dành dành đặc biệt là quả dành dành. Các nghiên cứu này đã chứng minh được các giá trị của crocin, các điều kiện chiết xuất nhằm mục đích nâng cao khả năng ứng dụng của quả dành dành trong thực phẩm, hóa nhuộm, y học, ...

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Quả dành dành tươi được thu hái tại xã Thăng Bình, Đà Nẵng. Lựa chọn quả phải chín đều, không bị sâu, không bị dập nát, thối hỏng. Tiến hành bóc vỏ, phân loại và sấy khô nguyên liệu.



Hình 2.1 Hình ảnh quả dành dành sau khi thu hái và bóc vỏ

Đối với nghiên cứu về các ảnh hưởng của việc tiền xử lý nguyên liệu đến năng suất thu hồi crocin. Do đó, quả dành dành sau khi được bóc vỏ, phân loại được tiến hành sấy khô.

+ Mẫu sấy đôi lưu: dành dành được sấy bằng thiết bị sấy đôi lưu cưỡng bức tại điều kiện: 70 °C trong 24 giờ (Nguyen et al., 2022). Sau khi dành dành đã khô đến độ ẩm dưới 5%, tiến hành xử lý làm nhỏ thu mẫu bột khô theo hai cách:

- Nghiền thô bằng máy xay với tốc độ 9.500 vòng/phút
- Nghiền kết hợp nitơ lỏng

+ Mẫu sấy thăng hoa: dành dành được sấy khô bằng thiết bị sấy thăng hoa tại điều kiện làm lạnh đông -45 °C và sấy thăng hoa 45 °C trong 24 giờ. Sau khi mẫu đã sấy khô, xử lý mẫu tương tự mẫu sấy đôi lưu (Nguyen et al., 2020).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chiết xuất chất màu crocin

Quá trình chiết xuất crocin thô được thực hiện bằng thiết bị siêu âm VC 750 (Sonics & Materials, Inc., Newtown, CT, Hoa Kỳ) hoạt động ở tần số 20 kHz \pm 50 Hz với công suất đầu ra 750 W.

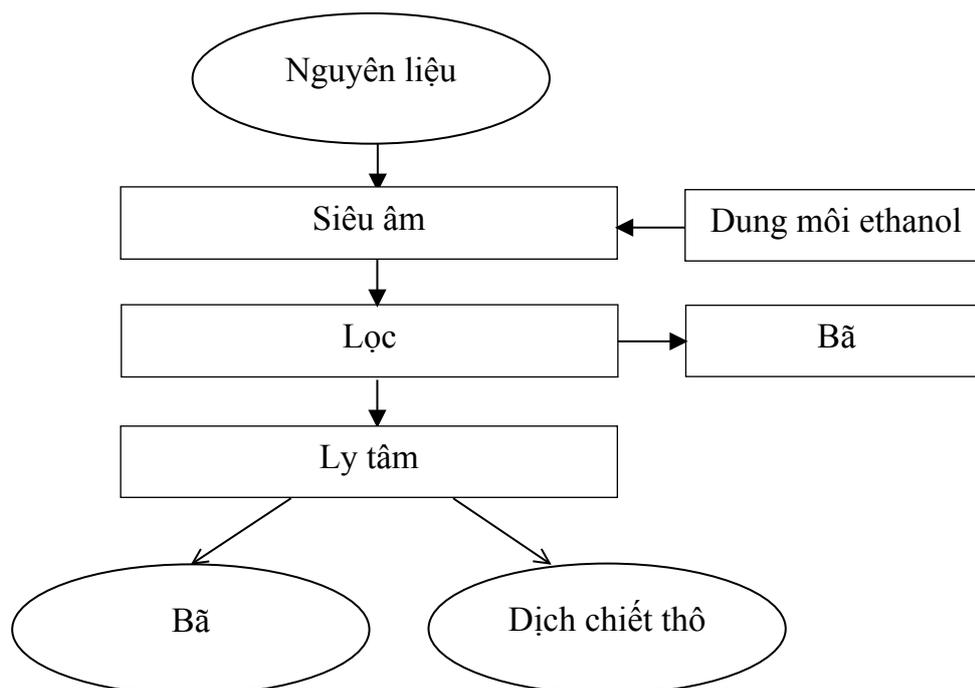
Lấy 1 g bột dành dành cho vào bình chiết và bổ sung dung môi với thể tích dung môi chiết thích hợp là 100 mL.

Chiết xuất hỗ trợ siêu âm được tiến hành tại biên độ 50%, 6 phút (Nguyen et al., 2022).

Sau đó, dịch chiết được mang đi lọc và ly tâm ở tốc độ 6.000 vòng/phút trong khoảng thời gian 15 phút (Samy et al., 2017).

Dịch chiết thô (CT) thu được sẽ xác định năng suất chất màu crocin.

Quy trình chiết xuất cơ bản được thực hiện như sau:



Hình 2.2. Quy trình chiết xuất crocin bằng phương pháp siêu âm

2.2.2. Xác định hàm lượng crocin bằng phương pháp quang phổ hấp thụ

Phương pháp đo quang phổ hấp thụ phân tử ở bước sóng 440 nm được tiến hành để xác định chất màu crocin (Nguyen et al., 2022).

$$a = \frac{A.M.V.F}{\epsilon.l.m} \quad (1)$$

Trong đó:

a: Lượng chất màu crocin (mg/g)

A: Độ hấp thụ quang đo được tại bước sóng 440 nm

F: Độ pha loãng

M: Khối lượng phân tử của crocin = 977 g/mol

V: Thể tích dịch chiết (l)

l: bề dày lớp chất màu (cuvet)

ϵ : Là hệ số hấp thụ phân tử của chất màu crocin = 89.000 ml/(cm.mol)

m: khối lượng mẫu dùng để chiết xuất chất màu (g).

2.2.3. Phương pháp toán học

Thiết kế thí nghiệm Box- Behnken

Trong nghiên cứu này, bốn yếu tố ảnh hưởng đến năng suất crocin chiết xuất từ quả dành dành là: tỷ lệ dung môi, tỷ lệ nguyên liệu/ 100ml dung môi, cường độ siêu âm, thời gian siêu âm.

Sử dụng mô hình Box–Behnken design theo 2 mức, 4 yếu tố. Bốn biến được thực hiện nghiên cứu là:

Tỷ lệ nguyên liệu/ 100ml dung môi (A);

Tỷ lệ dung môi (B);

Cường độ siêu âm (C)

Thời gian siêu âm (D)

Các hệ số thực nghiệm và mức độ mã hóa như sau:

Bảng 2.1. Bảng mã hóa và khoảng biến thiên của các yếu tố nghiên cứu

Biến nghiên cứu	Đơn vị	Mã hóa	Giá trị		
			-1	0	+1
Tỷ lệ mẫu/ 100ml dung môi	g/100ml	A	2	3	4
Nồng độ dung môi	%	B	20	40	60
Cường độ siêu âm	%	C	50	60	70
Thời gian siêu âm	phút	D	4	6	8

Thiết kế bao gồm 54 thí nghiệm trong đó tiến hành sáu điểm thí nghiệm tại tâm (bảng 2.2)

Bảng 2.2. Bảng ma trận mã hóa theo thiết kế BBD

STT	A (g/100ml)	B (%)	C (%)	D (phút)	Hàm lượng crocin mg/g CK
1	2	60	60	6	
2	2	40	50	6	
3	2	40	60	8	
4	2	20	60	6	
5	2	40	60	4	
6	2	40	70	6	

7	2	60	60	6	
8	2	40	50	6	
9	2	40	60	8	
10	2	20	60	6	
11	2	40	60	4	
12	2	40	70	6	
13	3	40	60	6	
14	3	60	50	6	
15	3	60	60	8	
16	3	60	60	4	
17	3	40	50	4	
18	3	40	70	8	
19	3	40	70	4	
20	3	40	60	6	
21	3	20	70	6	
22	3	60	70	6	
23	3	40	60	6	
24	3	20	60	4	
25	3	40	50	8	
26	3	20	60	8	
27	3	20	50	6	
28	3	40	60	6	
29	3	60	50	6	
30	3	60	60	8	
31	3	60	60	4	
32	3	40	50	4	
33	3	40	70	8	
34	3	40	70	4	
35	3	40	60	6	
36	3	20	70	6	
37	3	60	70	6	

38	3	40	60	6	
39	3	20	60	4	
40	3	40	50	8	
41	3	20	60	8	
42	3	20	50	6	
43	4	20	60	6	
44	4	60	60	6	
45	4	40	70	6	
46	4	40	60	4	
47	4	40	50	6	
48	4	40	60	8	
49	4	20	60	6	
50	4	60	60	6	
51	4	40	70	6	
52	4	40	60	4	
53	4	40	50	6	
54	4	40	60	8	

Phân tích dữ liệu

Các điểm thử nghiệm khác nhau theo bảng 2.2 đã được thực hiện và tiến hành xử lý bằng cách sử dụng phân tích hồi quy bội (mô hình bậc hai). Một phân tích thống kê (STATGRAPHICS) đã được áp dụng để xử lý mô hình phù hợp với dữ liệu được quan sát. Mô hình đã được xử lý và đề xuất (Phương trình (5)) cho hàm lượng crocin (Y) là:

$$Y = b_0 + \sum_{n=1}^3 b_n.X_n + \sum_{n=1}^3 b_{nn}.X_n^2 + \sum_{n=1}^3 b_{nm}.X_n.X_m \quad (2)$$

Trong đó:

b_0 là giao điểm của Y (hằng số);

b_n là hệ số hồi quy tác động tuyến tính của X_n lên Y;

b_{nn} và b_{nm} là hệ số hồi quy của hiệu ứng bậc hai trên Y ;

X_n, X_m là các giá trị độc lập.

Phân tích phương sai (ANOVA) được áp dụng như một phương pháp phân tích thống kê các phản hồi, trong đó mức xác suất tới hạn (giá trị p) là 0,05 được coi là phản ánh ý nghĩa thống kê của các tham số.

Tất cả thí nghiệm đều được tiến hành ba lần và các giá trị thu được đều được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình và độ lệch chuẩn.

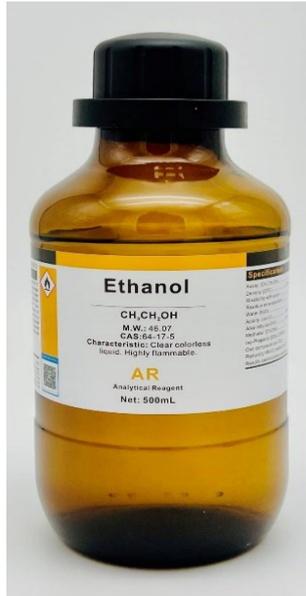
2.3. Hóa chất và dụng cụ

- Hóa chất

Nitơ lỏng được mua tại Công ty TNHH Venmer Việt Nam và bảo quản bằng trong bình cách nhiệt.



Hình 2.3. Nitơ lỏng



Hình 2.4 Ethanol

- Dụng cụ

Bảng 2.3. Dụng cụ thí nghiệm

STT	Dụng cụ thí nghiệm
1	Bình tam giác 50ml
2	Phễu lọc
3	Cốc thủy tinh 250ml
4	Ống đong 25ml
5	Cốc sứ
6	Ống bóp
7	Giấy lọc
8	Buret
9	Cối – chày xù
10	Ống ly tâm
11	Đũa thủy tinh

- **Thiết bị**



Hình 2.5. Thiết bị siêu âm



Hình 2.6. Thiết bị UV – Vis



Hình 2.7. Thiết bị sấy đối lưu



Hình 2.8. Thiết bị sấy thăng hoa



Hình 2.9. Thiết bị ly tâm



Hình 2.10. Máy lọc

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình tiền xử lý nguyên liệu đến quá trình thu nhận chất màu

Tiền xử lý nguyên liệu đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện đáng kể hiệu suất chiết xuất các hợp chất. Mục đích chính của việc xử lý sơ bộ là nhằm tạo điều kiện thuận lợi hơn cho sự tiếp xúc giữa dung môi và các hợp chất cần chiết xuất.

Hiện nay, có nhiều kỹ thuật tiền xử lý như nghiền, lạnh đông, sấy khô... Các phương pháp này được xem là những công cụ thích hợp hỗ trợ cho công đoạn chiết xuất sau đó do khả năng thay đổi cấu trúc vật lý của vật liệu, dẫn đến việc tăng cường hiệu quả thu hồi và duy trì chất lượng của các hợp chất được chiết xuất (Phalla et al., 2022). Do đó, nghiên cứu này đã thực hiện các khảo sát về phương pháp tiền xử lý nguyên liệu khác nhau nhằm mục đích gia tăng hàm lượng tổ crocin có giá trị từ quả dành dành.

Cụ thể, các mẫu quả dành dành đầu tiên sẽ thực hiện sấy khô bằng sấy đối lưu (SDL) và sấy thăng hoa (STH), sau đó các mẫu sẽ được nghiền bằng kỹ thuật nghiền thô (NT) truyền thống và kỹ thuật nghiền mịn hỗ trợ bằng nitơ lỏng (NTL).



Hình 3.1. Mẫu dành dành trước khi tiền xử lý nguyên liệu
Các mẫu thu được sau trước và sau khi xử lý nguyên liệu

**SDL-NT****SDL-NTL****STH-NT****STH-NTL**

Hình 3.2. Các mẫu sau khi thực hiện tiền xử lý nguyên liệu

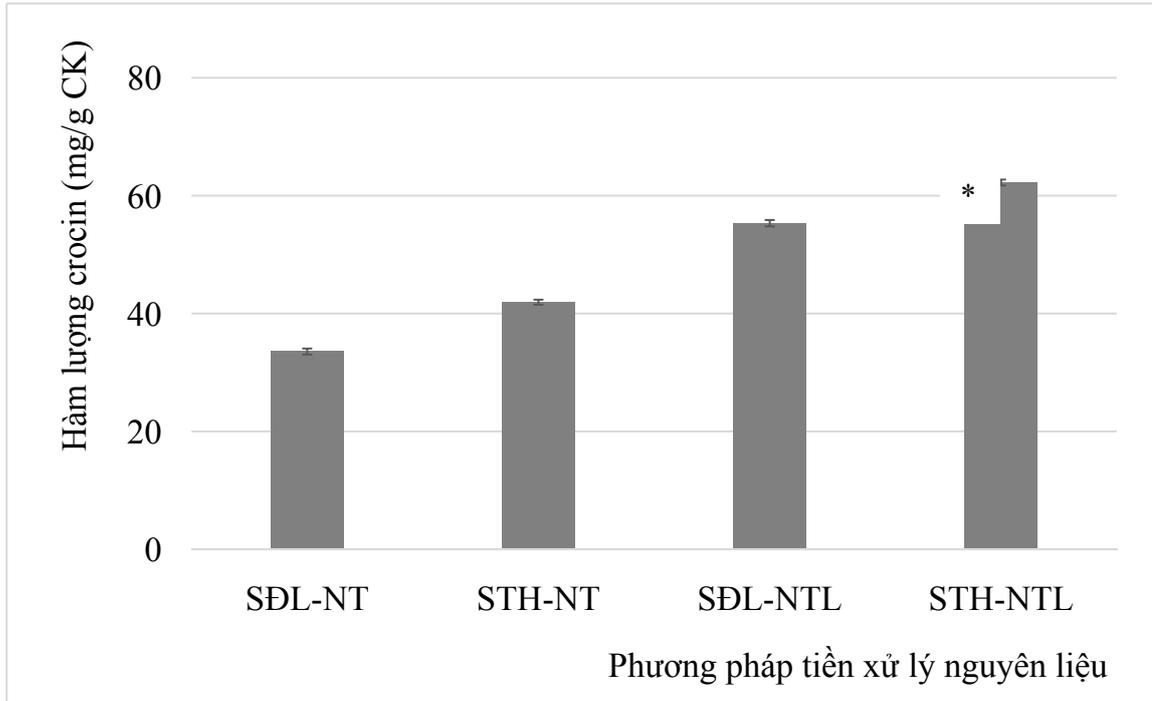
SDL-NT: Mẫu sấy đối lưu, nghiền thô

STH-NT: Mẫu sấy thăng hoa, nghiền thô

SDL-NTL: Mẫu sấy đối lưu, nghiền nitor lỏng

STH-NTL: Mẫ sáy thắg hoa, nghiề nitor lờg

Sau khi các mẫ đượ xử lý, tiến hành lấy 1 g bột dành dành cho vào bình chiết và bổ sung 100 mL nước. Chiết xuất siêu âm đượ tiến hành ở cường độ siêu âm 50% trong 6 phút Sau khi trích ly, dịch chiết đượ lọc chân không và ly tâm. Dịch chiết thô thu đượ đem đi xác định khối lượng chất màu crocin, kết quả đượ trình bày như sau:



Hình 3.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của phương pháp tiền xử lý nguyên liệu đến hàm lượng crocin. SĐL-NT: Mẫ sáy đối lưu, nghiề thô; STH-NT: Mẫ sáy thắg hoa, nghiề thô; SĐL-NTL: Mẫ sáy đối lưu, nghiề nitor lờg; STH-NTL: Mẫ sáy thắg hoa, nghiề nitor lờg. Kết quả khác biệt có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa $p < 5\%$ đượ đánh dấu bằng ký hiệu (*) cho các mẫ.

Hàm lượng crocin thu nhận theo đồ thị hình 3.3 có sự thay đổi sau khi các mẫ đượ tiền xử lý bằng các kỹ thuật khác nhau. Do đó, có thể thấy rằng việc xử lý sơ bộ nguyên liệu đã ảnh hưởng đáng kể đến sự thu hồi crocin trong quá trình chiết xuất.

Theo kết quả từ hình 3.3 cho thấy, đối với các mẫ đượ sáy đối lưu hàm lượng crocin chiết xuất đượ dao động từ $33,55 \pm 0,51$ mg/g CK đến $55,33 \pm 0,54$ mg/g CK, trong khi đó đối với các mẫ thực hiện sáy thắg hoa, chúng thay đổi từ $41,92 \pm 0,43$ mg/g CK đến $62,23 \pm 0,50$ mg/g CK.

Năng suất crocin cao nhất được thu nhận từ mẫu được xử lý sơ bộ: sấy thăng hoa và nghiền kết hợp nitơ lỏng ($62,23 \pm 0,50$ mg/g CK). Từ đó, có thể thấy được sự hiệu quả trong việc kết hợp xử lý sơ bộ đến năng suất thu hồi crocin.

Tác động của sấy thăng hoa đối với quả dành dành cho thấy các mẫu sấy thăng hoa dễ chiết xuất hơn, đặc biệt là khi được nghiền trong nitơ lỏng để giảm kích thước hạt. Vật liệu sấy thăng hoa đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu về chiết xuất các hợp chất hoạt tính sinh học (Kunal et al., 2015; Sun et al., 2015; Oprica et al., 2019; Krakowska-Sieprawska et al., 2022). Các nghiên cứu chứng minh phương pháp sấy thăng hoa nguyên liệu có thể nâng cao hiệu quả thu nhận các hợp chất quý từ các quy trình chiết xuất. Đối với phương pháp này, điểm khác biệt chính nằm ở cơ chế loại bỏ nước, mức độ mất nước (sấy thăng hoa loại bỏ tới 98% lượng nước, trong khi sấy truyền thống chỉ loại bỏ 70% – 80%). Đồng thời, phương pháp sấy thăng hoa có thể duy trì và giữ được các thành phần dinh dưỡng cao (Jiang et al., 2019; Oprica et al., 2019; Elshaafi et al., 2020; Krakowska-Sieprawska et al., 2022).

Bên cạnh đó, nghiền lạnh hay còn gọi là nghiền nitơ lỏng là một kỹ thuật tiên tiến, bằng cách sử dụng nhiệt độ cực thấp, khoảng -196°C . Quá trình nghiền kết hợp nitơ lỏng cho phép giảm kích thước hạt tối đa (Hemery et al., 2011; Balbino et al., 2019).

Vì vậy, tiền xử lý nguyên liệu đóng một vai trò quan trọng, ảnh hưởng lớn đến hiệu quả chiết xuất và thu nhận crocin. Do đó, mẫu nguyên liệu STH-NLT sẽ được sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo của nghiên cứu này.

3.2. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu

3.2.1 Khảo sát sơ bộ ảnh hưởng của phương pháp chiết xuất

Trước khi thực hiện khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu 02 kỹ thuật trích ly đến hàm lượng chất màu trong phạm vi phòng thí nghiệm: chiết xuất ngâm lý trong dung môi có hỗ trợ lắc và chiết xuất bằng phương pháp siêu âm.

Cách thực hiện phương pháp siêu âm được tiến hành như thí nghiệm mục 3.1 đối với mẫu STH-NLT. Đối với phương pháp chiết xuất ngâm lý trong dung môi có hỗ trợ lắc: tiến hành lấy 1 g bột dành dành đã tiền xử lý cho vào bình chiết và bổ sung 100 mL nước. Đặt mẫu chiết vào thiết bị ủ lắc nhiệt, điều chỉnh nhiệt độ 55°C , thời gian 45 phút, tốc độ lắc 150 rpm (Nguyen et al., 2022). Kết quả nghiên cứu thể hiện qua bảng 3.1.

Bảng 3.1. Kết quả thu nhận hàm lượng crocin theo kỹ thuật chiết xuất

Kỹ thuật chiết	Ngâm-lắc	Siêu âm
Hàm lượng crocin (mg/g CK)	42,12± 0,35	62,89 ± 0,32*

(*): Kết quả khác biệt có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa $p < 5\%$

Từ kết quả nghiên cứu bảng 3.1 cho thấy hiệu quả của phương pháp chiết xuất siêu âm so với phương pháp ngâm kết hợp lắc. Hàm lượng crocin thu nhận sau thời gian ngâm lý trong dung môi kết hợp lắc đạt $42,12 \pm 0,35$ mg/g CK thấp hơn phương pháp siêu âm khoảng 20 mg/g CK. Điều đó cho thấy rằng siêu âm tạo ra dao động mạnh giúp dung môi thấm sâu và hòa tan crocin tốt hơn so với ngâm mẫu trong dung môi và kết hợp lắc. Quá trình ngâm và lắc giúp chất màu có thể khuếch tán tự nhiên tuy nhiên cần thực hiện ở thời gian dài để có thể thu nhận chúng hiệu quả (Nguyen et al., 2020). Trong khi đó, siêu âm thực hiện thời gian ngắn có thể tạo sự rung động mạnh, phân tán nguyên liệu hiệu quả (Sarfarazi et al., 2022). Chính vì vậy, chúng tôi tiến hành thực hiện phương pháp siêu âm trong nghiên cứu tiếp theo.

3.2.2 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng bằng phương pháp siêu âm

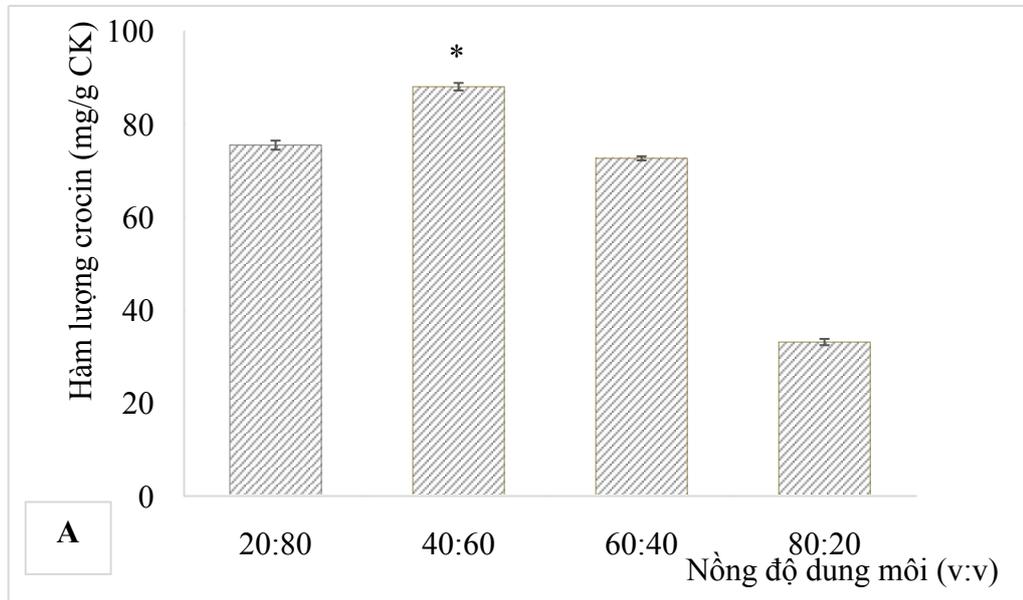
Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất crocin bao gồm (Nguyen & Pham, 2016; Yingpeng et al., 2018):

- ✓ Nồng độ dung môi
- ✓ Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi
- ✓ Cường độ siêu âm
- ✓ Thời gian siêu âm

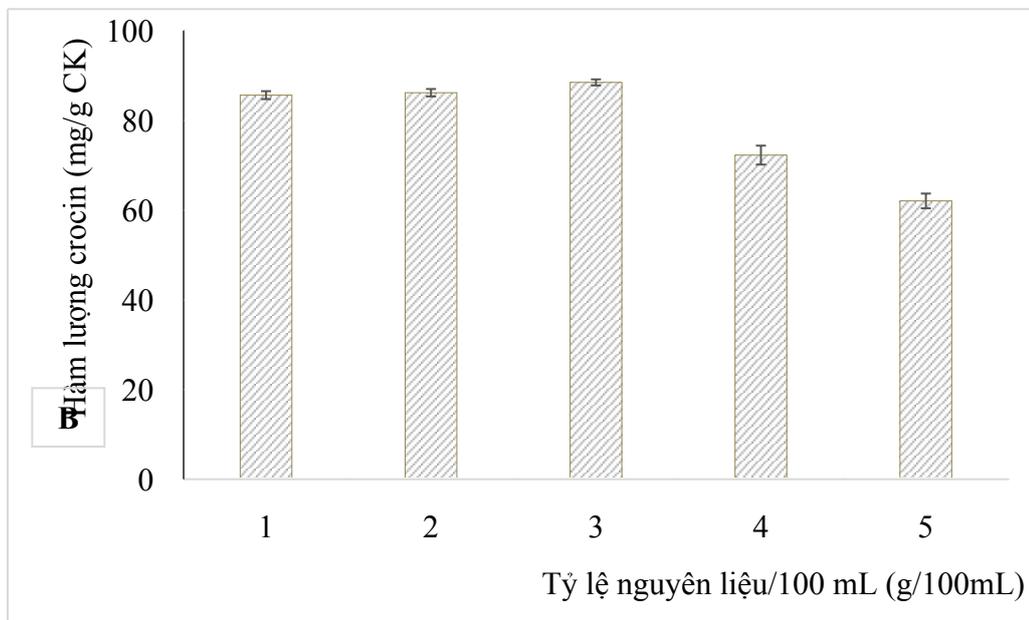
Các nghiên cứu được thực hiện lần lượt theo các yếu tố ảnh hưởng như trên. Đầu tiên, tiến hành xác định ảnh hưởng nồng độ dung môi, chúng tôi tiến hành lựa chọn hệ dung môi ethanol: nước. Lấy 1gram mẫu bột dành dành thực hiện chiết bằng phương pháp siêu âm trong 100ml dung môi, sóng siêu âm hỗ trợ với cường độ 50% thực hiện chiết 6 phút. Tiếp theo, mẫu chiết sẽ được lọc và ly tâm thu hồi dịch chiết crocin thô (Nguyen et al., 2022). Tiến hành xác định hàm lượng crocin từ các mẫu khảo sát.

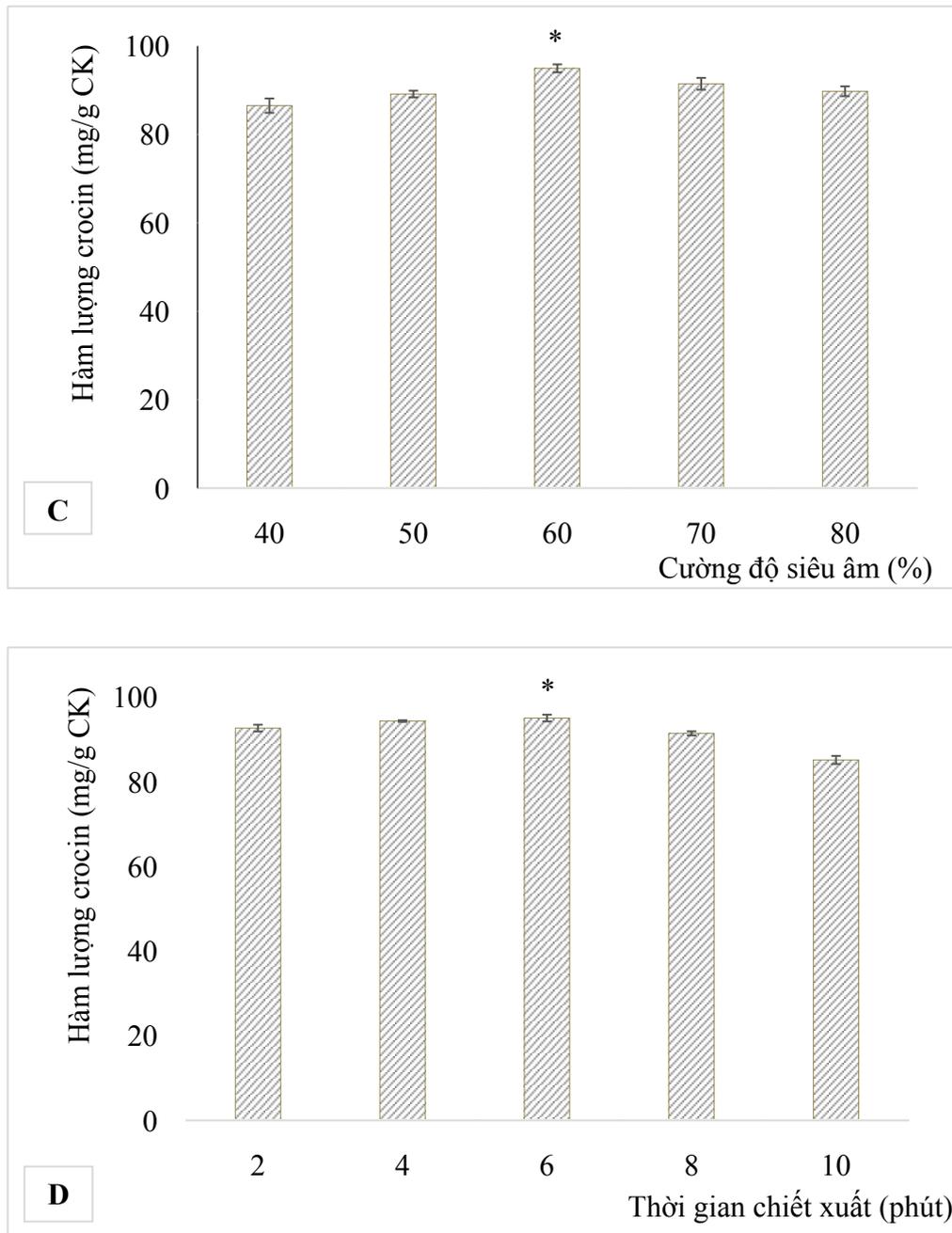
Sau khi xác định được hệ dung môi chiết xuất, chúng tôi tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu và dung môi (từ 1g/100mL đến 5g/100mL). Cố định điều kiện chiết xuất đối với hệ dung môi, cường độ siêu âm và thời gian siêu âm. Xác định được tỷ lệ nguyên liệu và dung môi, chúng tôi tiến hành tương tự đối với các yếu tố ảnh hưởng

khác như cường độ siêu âm (từ 40% đến 80%) và thời gian siêu âm (từ 2 phút đến 10 phút). Tổng hợp tất cả các nghiên cứu khảo sát trên, chúng tôi thực hiện chi tiết qua đồ thị hình 3.4. như sau:



*





Hình 3.4. Kết quả khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng crocin

A. Nồng độ dung môi; B. Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi; C. Cường độ siêu âm; D.

Thời gian siêu âm. Kết quả khác biệt có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa $p <$

5% được đánh dấu bằng ký hiệu (*) cho các mẫu

Năng suất crocin đạt giá trị cao sau khi chiết xuất tại nồng độ hệ dung môi ethanol: nước tỷ lệ thể tích 40 ethanol :60 nước, tương ứng nồng độ dung môi ethanol 40%) là 88,04

$\pm 0,45$ mg/g CK; tỷ lệ nguyên liệu và dung môi (3g/mL) là $88,45 \pm 0,68$ mg/g/CK; cường độ siêu âm (60%) là $94,95 \pm 0,91$ mg/g CK và thời gian siêu âm (6 phút) là $95,04 \pm 0,81$ mg/g CK.

✓ **Nồng độ dung môi**

Cấu trúc của crocin bao gồm hai thành phần riêng biệt: nhóm glycosyl ưa nước (hydrophilic) và phân đoạn polyene kỵ nước (hydrophobic) có nguồn gốc từ axit crocetin. Với cấu tạo độc đáo này cho phép crocin hòa tan hiệu quả trong ethanol và nước. Tuy nhiên, khi trích ly với lượng nước quá mức có thể cản trở độ hòa tan của phần kỵ nước, và ngược lại nếu lượng ethanol quá mức có thể làm giảm độ hòa tan của phần ưa nước (Shi et al., 2016; Nguyen et al., 2022).

✓ **Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi**

Hiệu suất chiết xuất crocin tăng khi tỷ lệ nguyên liệu tăng. Tuy nhiên, khi tỷ lệ khối lượng mẫu tiếp tục tăng, diện tích bề mặt tiếp xúc giữa nguyên liệu thô và dung môi bị giảm, hoặc lượng dung môi có thể trở nên không đủ để hòa tan các hợp chất sắc tố trong nguyên liệu. Điều này có thể dẫn đến sự suy giảm hiệu suất chiết xuất crocin (Nguyen et al., 2022).

✓ **Cường độ siêu âm**

Phương pháp siêu âm giúp tăng cường hiệu suất chiết xuất sắc tố crocin, với hàm lượng crocin cao nhất được thu nhận khi thực hiện ở cường độ siêu âm đạt 60%. Tuy nhiên, khi cường độ này được tăng lên 80%, hàm lượng crocin lại giảm. Sự suy giảm này có thể là do cường độ siêu âm quá mức, gây ra sự phá vỡ và phân hủy của một số sắc tố crocin. Cường độ siêu âm cao cũng có thể dẫn đến sự tăng sinh nhiệt, làm suy thoái sắc tố crocin (Wang et al., 2012; Kutlu et al., 2022; Lipeng et al., 2023).

✓ **Thời gian siêu âm**

Thời gian siêu âm bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như tỷ lệ nguyên liệu, dung môi được sử dụng và cường độ siêu âm. Thời gian siêu âm kéo dài có thể sẽ nâng cao hiệu suất chiết xuất. Tuy nhiên, vượt quá một ngưỡng nhất định, việc kéo dài thời gian siêu âm không còn cải thiện hiệu suất và thậm chí có thể làm thay đổi cấu trúc sắc tố hoặc chiết xuất các hợp chất không mong muốn. Nếu quá trình siêu âm quá ngắn, dung môi có thể chưa xâm nhập hoặc mới xâm nhập một phần vào mẫu chiết để hòa tan crocin, dẫn đến hiệu suất chiết xuất thấp (Naczek et al., 2004; Silva et al., 2007; Xin-Sheng et al., 2012).

Từ các kết quả thu nhận như trên, chúng tôi đã tiếp tục thực hiện tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng.

3.3. Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin

Tiến hành tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng bằng phương pháp bề mặt đáp ứng theo mô hình Box – Behnken design.

Thiết kế thí nghiệm

Mức thiết kế thí nghiệm của các biến độc lập được sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày qua bảng 2.1. Thực hiện 54 thí nghiệm theo các điều kiện chiết xuất đã được biểu diễn ở bảng 2.2, thu nhận kết quả nghiên cứu được trình bày theo bảng 3.2.

Bảng 3.2. Kết quả thực nghiệm hàm lượng chất màu crocin thu nhận theo ma trận các yếu tố ảnh hưởng

STT	Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi g/100mL	Nồng độ dung môi (%)	Cường độ siêu âm (%)	Thời gian siêu âm (phút)	Hàm lượng crocin (mg/g CK)
1	2	60	60	6	80,94
2	2	40	50	6	72,00
3	2	40	60	8	77,85
4	2	20	60	6	68,52
5	2	40	60	4	79,62
6	2	40	70	6	82,62
7	2	60	60	6	79,76
8	2	40	50	6	72,08
9	2	40	60	8	77,53
10	2	20	60	6	69,69
11	2	40	60	4	78,61
12	2	40	70	6	82,29
13	3	40	60	6	95,58
14	3	60	50	6	67,32
15	3	60	60	8	65,80
16	3	60	60	4	64,75
17	3	40	50	4	63,05
18	3	40	70	8	59,28

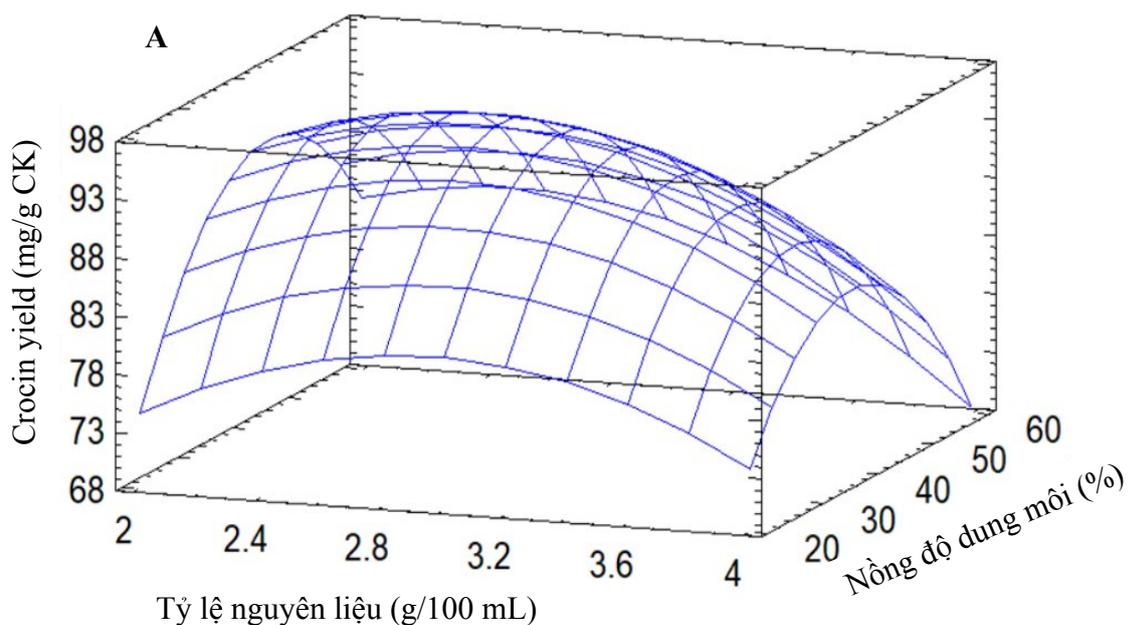
19	3	40	70	4	60,54
20	3	40	60	6	93,70
21	3	20	70	6	62,52
22	3	60	70	6	71,17
23	3	40	60	6	95,77
24	3	20	60	4	70,01
25	3	40	50	8	56,45
26	3	20	60	8	68,54
27	3	20	50	6	71,37
28	3	40	60	6	94,53
29	3	60	50	6	66,52
30	3	60	60	8	66,82
31	3	60	60	4	66,69
32	3	40	50	4	63,47
33	3	40	70	8	60,38
34	3	40	70	4	61,91
35	3	40	60	6	94,18
36	3	20	70	6	54,86
37	3	60	70	6	71,56
38	3	40	60	6	96,51
39	3	20	60	4	70,75
40	3	40	50	8	57,30
41	3	20	60	8	69,93
42	3	20	50	6	71,98
43	4	20	60	6	69,03
44	4	60	60	6	67,04
45	4	40	70	6	71,89
46	4	40	60	4	65,68
47	4	40	50	6	70,01
48	4	40	60	8	68,80
49	4	20	60	6	70,61
50	4	60	60	6	68,54
51	4	40	70	6	71,71

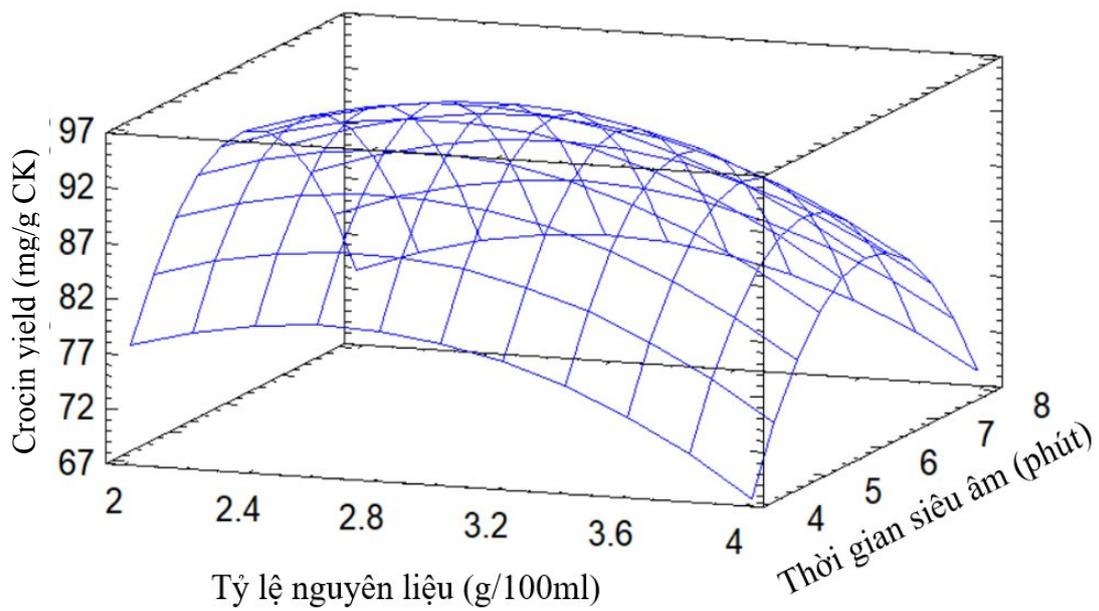
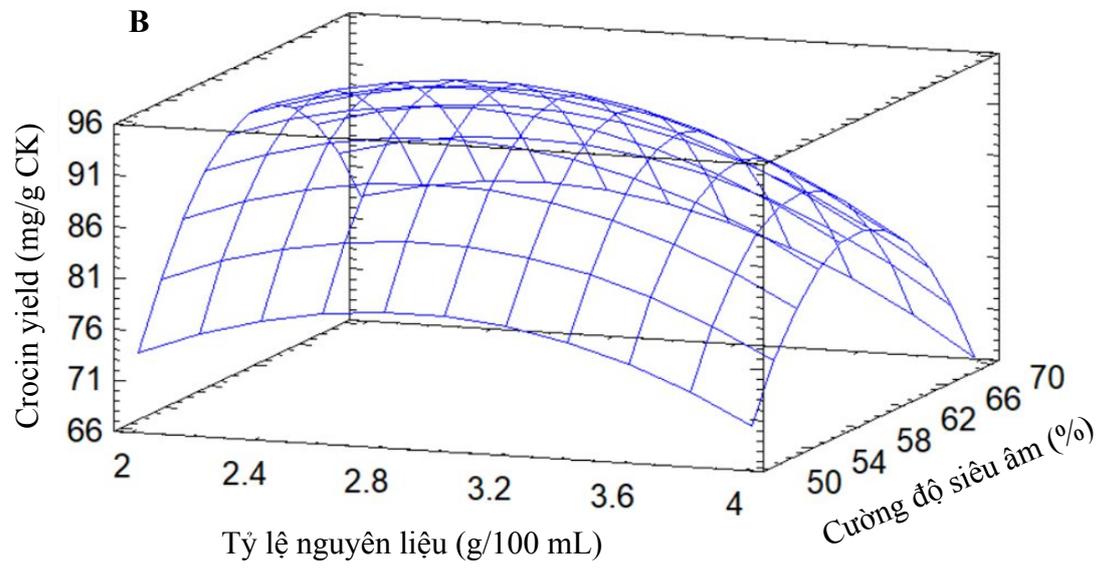
52	4	40	60	4	65,93
53	4	40	50	6	70,33
54	4	40	60	8	69,50

Từ các kết quả được trình bày trong bảng 3.2 cho thấy, chất màu có hàm lượng đạt giá trị tốt nhất tại thí nghiệm số 38. Hàm lượng crocin đạt được 96.51 mg/g CK khi thực hiện chiết xuất với tỷ lệ nguyên liệu và dung môi là 3 g/ 100mL, nồng độ dung môi là 40%, cường độ siêu âm là 60%, và thời gian siêu âm là 6 phút. Ngược lại, tại thí nghiệm số 36, với tỷ lệ nguyên liệu và dung môi là 3 g/ 100mL, nồng độ dung môi là 20%, cường độ siêu âm là 70%, và thời gian siêu âm là 6 phút, năng suất thu nhận chất màu đạt thấp nhất là 54,86 mg/g CK. Tại các điểm trung tâm, tỷ lệ nguyên liệu và dung môi là 3 g/ 100mL, nồng độ dung môi là 40%, cường độ siêu âm là 60%, và thời gian siêu âm là 6 phút, hàm lượng crocin dao động từ 9,70 mg/g CK đến 96,51 mg/g CK.

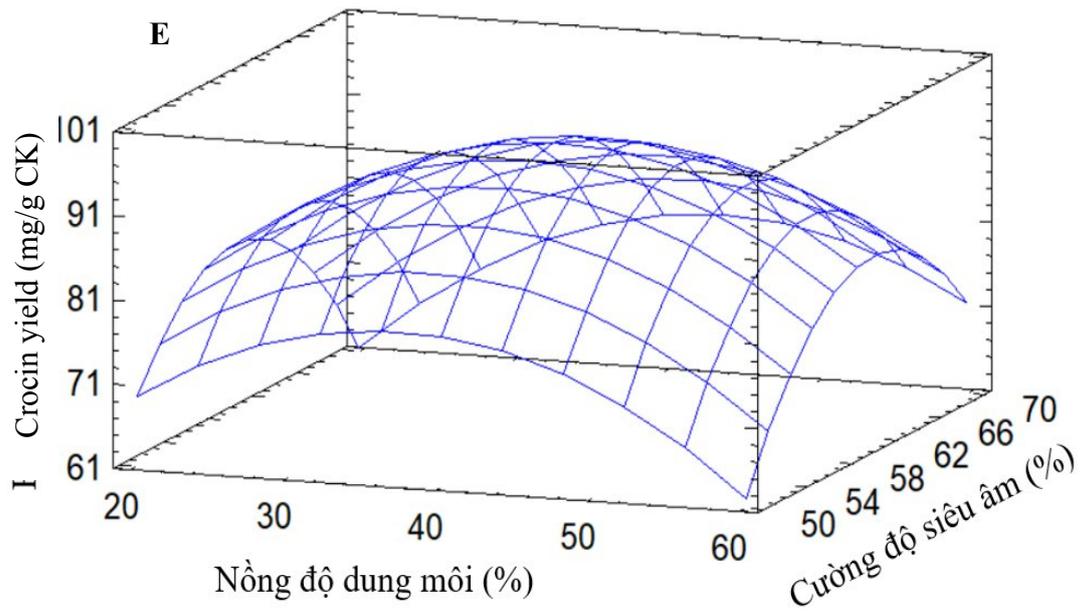
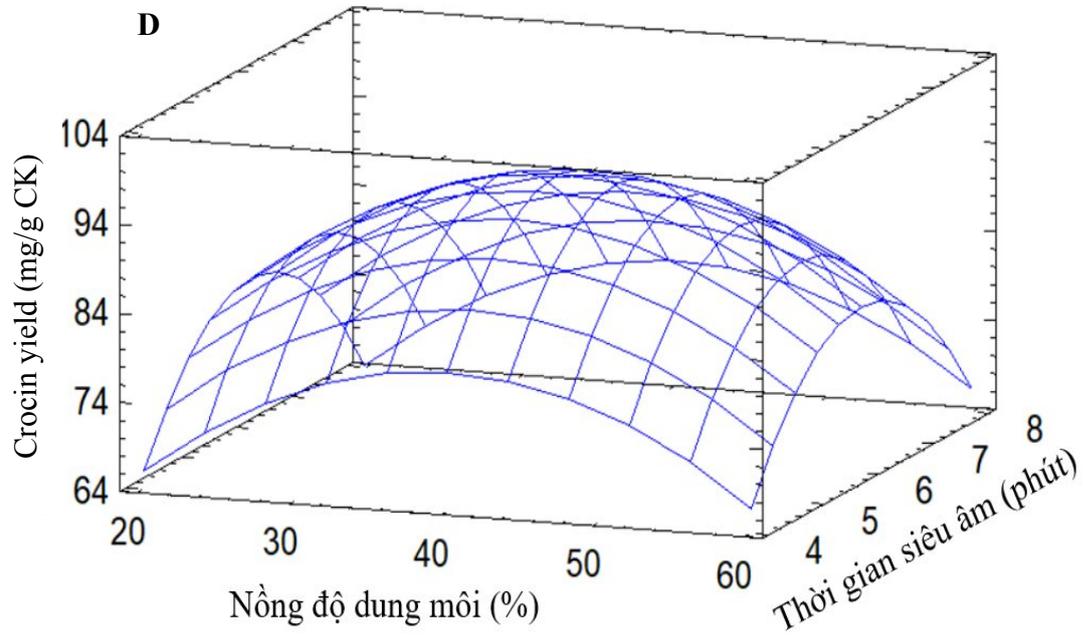
Tối ưu hóa bề mặt đáp ứng

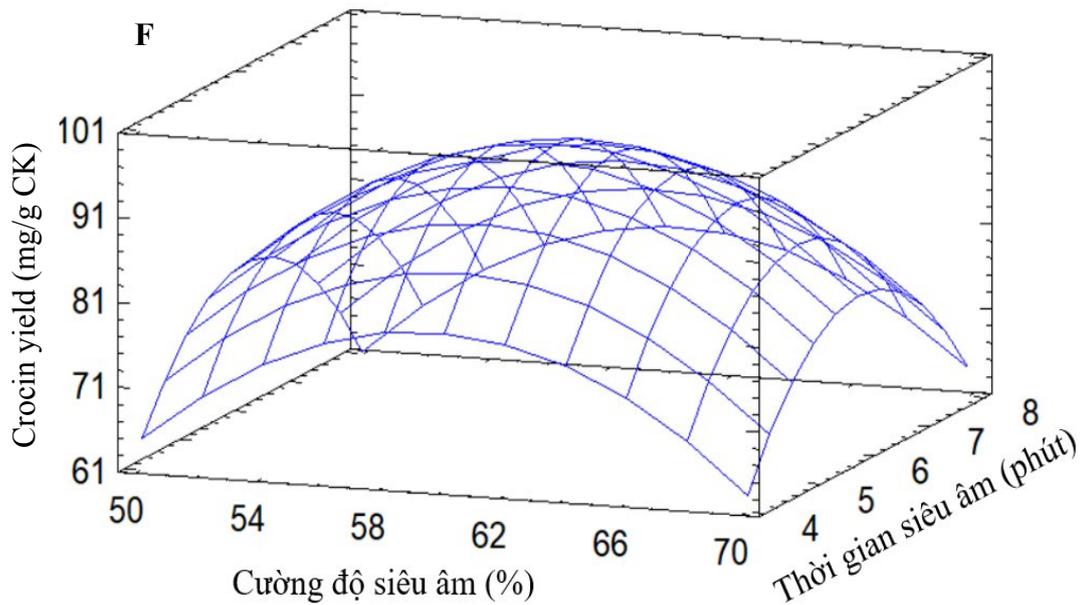
Dựa vào kết quả thực hiện thí nghiệm và áp dụng phần mềm Statgraphic Centurion XVI, tiến hành phân tích dữ liệu. Kết quả thu được thể hiện qua mô hình cho thấy sự ảnh hưởng của các thông số này đến nồng độ crocin thu nhận. Kết quả được trình bày trong hình 3.5 với các mối liên hệ tương tác sau:





C





Hình 3.5. Bề mặt đáp ứng ước tính theo các thông số tỷ lệ nguyên liệu, nồng độ dung môi, cường độ siêu âm, thời gian siêu âm

- A. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu (g/100 mL) và nồng độ dung môi (%) và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin
- B. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu (g/100 mL) và cường độ siêu âm (%) và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin
- C. Ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu (g/100ml) và thời gian siêu âm và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin
- D. Nồng độ dung môi (%) và thời gian siêu âm (phút) và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin
- E. Nồng độ dung môi (%) và cường độ siêu âm (%) và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin
- F. Cường độ siêu âm (%) và thời gian siêu âm (%) và tương tác của chúng đến hàm lượng crocin

Bên cạnh đó, sự phù hợp của mô hình còn được kiểm tra qua hệ số xác định tương quan R^2 . Theo Guan và Yao (2008), mô hình tương quan tốt khi hệ số xác định tương quan R^2 lớn hơn 0,8. Mô hình tương quan thực nghiệm đã thỏa mãn điều kiện với thông số R^2 cao ($R^2= 0,91$).

Bảng 3.3. Kết quả phân tích thống kê ANOVA mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy cho quá trình chiết xuất

Nguồn	Tổng bình phương	Độ tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P
A	356,05	1	356,05	26,72	0,0000
B	15,20	1	15,20	1,14	0,2921
C	3,26	1	3,26	0,24	0,6235
D	6,85	1	6,85	0,51	0,4774
A ²	544,32	1	544,32	40,85	0,0000
AB	88,11	1	88,11	6,61	0,0141
AC	38,59	1	38,59	2,90	0,0968
AD	11,38	1	11,38	0,85	0,3612
B ²	1840,24	1	1840,24	138,09	0,0000
BC	151,90	1	151,90	11,40	0,0017
BD	1,51	1	1,51	0,11	0,7386
C ²	2651,6	1	2651,6	198,97	0,0000
CD	12,45	1	12,45	0,93	0,3397
D ²	2723,99	1	2723,99	204,40	0,0000
Total error	519,73	39	13,3265		
Total (corr.)	5627,55	53			

Phương trình hồi quy cho thấy mối quan hệ giữa hàm lượng crocin và bốn biến phụ thuộc (theo các giá trị mã hoá) đối với mô hình bậc hai của bề mặt đáp ứng theo thiết kế Box – Behnken đã trích xuất được mô tả trong phương trình (3) hệ số xác định $R^2=0,91$.

$$Y = -695,22 + 55,25A + 1,79B + 18,37C + 41,71D - 7,14A^2 - 0,17AB - 0,22AC + 0,60AD - 0,033B^2 + 0,022BC + 0,01BD - 0,16C^2 + 0,06CD - 3,99D^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,91$$

Trong đó:

Y: hàm lượng crocin (mg/g CK)

A: Tỷ lệ nguyên liệu/ 100 mL (mg/100 mL)

B: Nồng độ dung môi v:v (%)

C: Cường độ siêu âm (%)

D: Thời gian siêu âm (phút).

Kết quả mô hình dự đoán theo phương pháp bề mặt đáp ứng như sau: năng suất chất màu tự nhiên crocin đạt 95,65 (mg/g CK) thực hiện tối ưu hóa tại các điều kiện: tỷ lệ nguyên liệu/ 100 mL dung môi (A) 2,70g/100 mL; tỷ lệ dung môi (B) 41,48%; cường độ siêu âm (C) 60,41% và thời gian siêu âm (D) 5,95 phút.

Tiến hành thí nghiệm thực nghiệm theo kết quả dự kiến, chúng tôi có được bảng tóm tắt như sau:

Bảng 3.4. Bảng tóm tắt kết quả quá trình chiết xuất chất màu

Yếu tố	Hàm lượng crocin trước khi tối ưu hóa	Sau tối ưu hóa	
		Giá trị từ mô hình hóa	Giá trị từ thực nghiệm
Tỷ lệ nguyên liệu/100ml dung môi (g/100ml)	3	2,70	2,70
Nồng độ dung môi (%)	40	41,48	41,48
Cường độ siêu âm (%)	60	60,41	60,41
Thời gian siêu âm (phút)	6	5,95	5,95
Hàm lượng crocin (mg/g CK)	95,04 ± 0,81	95,65	97,05 ± 0,63

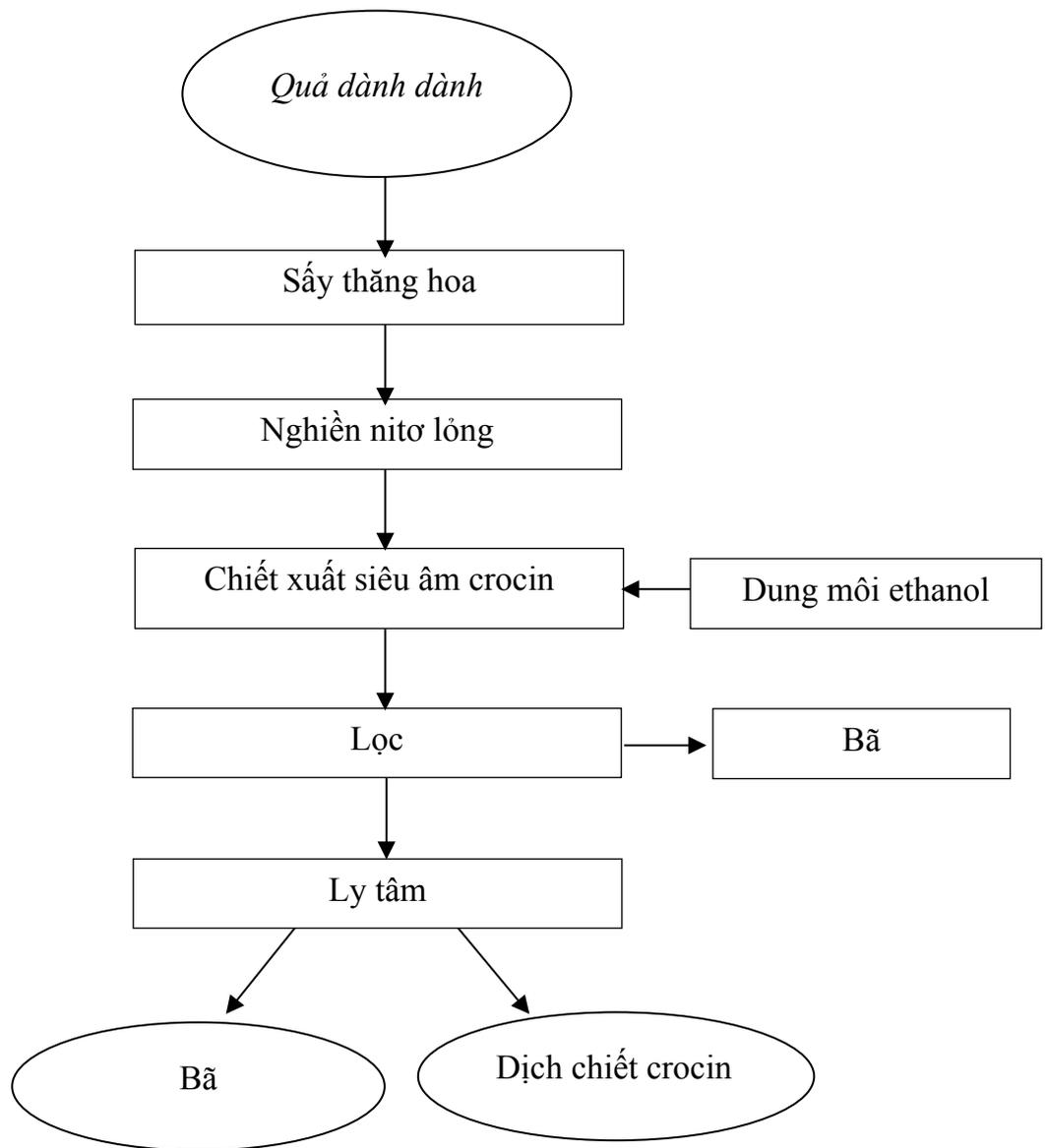
Sau khi tiến hành thực nghiệm tại các điều kiện tối ưu, hàm lượng crocin đã tăng thêm 2,01 mg/g CK so với giá trị trước khi tối ưu hóa. Đồng thời, khi thực hiện tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất thì tỷ lệ nguyên liệu sử dụng cho quá trình thu nhận crocin đã giảm đáng kể từ 3 g xuống còn 2,7 g. Điều này cho thấy, khi thực hiện tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng đã thu nhận hàm lượng crocin đạt năng suất cao đồng thời có thể tiết kiệm được vật liệu chiết xuất, mang lợi ích về mặt kinh tế.



Hình 3.6. Hình ảnh về chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành

3.4. Đề xuất quy trình chiết xuất chất màu crocin từ quả dành dành theo quy mô phòng thí nghiệm

3.4.1. Sơ đồ quy trình chiết xuất



Hình 3.7. Sơ đồ quy trình chiết xuất chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành bằng phương pháp siêu âm

3.4.2. Thuyết minh quy trình chiết xuất

3.4.2.1. Nguyên liệu

Yêu cầu nguyên liệu: Quả dành dành sử dụng là quả chín, còn nguyên vẹn, không hư hỏng, không bị nấm mốc.

3.4.2.2. Sấy thăng hoa

a. Mục đích:

+ Mục đích:

- Sấy khô nguyên liệu
- Chuẩn bị cho công đoạn tiếp theo

+ Cách thực hiện:

Nguyên liệu sau khi được bóc vỏ và phân loại tiến hành sấy thăng hoa. Sử dụng thiết bị sấy thăng hoa mini SUNSAY (2–5kg/mẻ).



Hình 3.8. Thiết bị sấy thăng hoa

Quá trình sấy thăng hoa nguyên liệu bao gồm hai giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên, cấp đông hạt 12 giờ tại nhiệt độ -45°C , sau đó được sấy khô bằng máy sấy thăng hoa tại 45°C trong 12 giờ đến khối lượng không đổi, điều kiện sấy không ánh sáng.

c. Nghiền nitơ lỏng

+ Mục đích:

- Làm nhỏ nguyên liệu

- Tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn tiếp theo

+ Cách thực hiện:

Sử dụng cối sứ và chày sứ để nghiền nguyên liệu. Đầu tiên, đặt cối sứ vào thau có chứa sẵn đá mịn để làm lạnh cối trước khi nghiền. Tiếp theo, cho nguyên liệu sấy vào cối sứ, sau đó từ từ cho dung dịch nitơ lỏng -196°C và tiến hành nghiền mịn nhanh chóng. Lưu ý: trong quá trình nghiền bằng nitơ lỏng cần tiến hành mang găng tay dày tránh bị bỏng lạnh.

d. Chiết xuất siêu âm crocin

+ Mục đích:

Chiết xuất chất màu tự nhiên

+ Cách thực hiện:

Cho 3 gram mẫu nguyên liệu vào thiết bị siêu âm, tiến hành bổ sung 100 mL dung môi ethanol nồng độ 41,48%. Thực hiện chiết xuất crocin tại điều kiện thời gian chiết xuất 5,95 phút, cường độ siêu âm 60,41%. Sau khi thực hiện quá trình chiết, tiến hành lọc mẫu.

e. Lọc

+ Mục đích: tách bã dành dành và thu nhận dịch chiết thô crocin

+ Cách thực hiện:

Sau khi tiến hành chiết xuất bằng phương pháp siêu âm, tiến hành lọc chân không thủ công.

f. Ly tâm

+ Mục đích: tách phần bã còn lại từ dịch chiết thô crocin sau khi lọc

+ Cách thực hiện:

Sau khi tiến hành lọc, tiến hành ly tâm mẫu bằng thiết bị ly tâm. Điều kiện thực hiện ly tâm: 6.000 vòng/phút, thời gian ly tâm 15 phút. Kết thúc quá trình ly tâm, thu nhận dịch chiết thô crocin và bã.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

- Thông qua các kết quả nghiên cứu cho thấy, công đoạn xử lý mẫu chiết rất quan trọng trong quy trình chiết xuất.

- Quả dành dành được sấy đôi lưu và sấy thăng hoa khi kết hợp nghiền bằng nitơ lỏng có thể nâng cao hiệu suất chiết xuất crocin thô.
- Quả dành dành sấy thăng hoa, nghiền kết hợp nitơ lỏng cho năng suất chất màu crocin đạt $62,23 \pm 0,50$ mg/g CK.

- Phương pháp siêu âm đã đạt hiệu quả cao. Hàm lượng crocin thu được đạt $95,04 \pm 0,81$ mg/g CK khi thực hiện tại các điều kiện chiết xuất như sau:

- Nồng độ dung môi ethanol: nước: 40%.
- Tỷ lệ nguyên liệu và dung môi: 3g/100 mL
- Cường độ siêu âm: 60%
- Thời gian siêu âm: 6 phút.

- Phương pháp tối ưu hóa bề mặt đáp ứng đạt hiệu quả nâng cao khả năng thu hồi crocin thô. Hàm lượng crocin thu được đạt $97,05 \pm 0,63$ mg/g CK khi thực hiện tại các điều kiện chiết xuất tối ưu như sau:

- Nồng độ dung môi ethanol: nước: 41,48%.
- Tỷ lệ nguyên liệu và dung môi: 2,7g/100 mL
- Cường độ siêu âm: 60,41%
- Thời gian siêu âm: 5,95 phút.

2. Kiến nghị

- Nghiên cứu quy trình tinh sạch và ổn định crocin từ mẫu dịch chiết thô
- Nghiên cứu tạo sản phẩm bột chất màu crocin

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alavizadeh, S. H., & Hosseinzadeh, H. (2013). Bioactivity assessment and toxicity of crocin: A comprehensive review. *Food and Chemical Toxicology*, *64*, 65–80.
- Balbino, S., Dorić, M., Vidaković, S., Kraljić, K., Škevin, D., Drakula, S., Voučko, B., Čukelj, M. N., Obranovic, M., & Curic, D. (2019). Application of cryogenic grinding pretreatment to enhance extractability of bioactive molecules from pumpkin seed cake. *Journal of Food Process Engineering*, *42*, 1–12.
- Chen, Y., Zhang, H., Li, Y. X., Cai, L., Huang, J., Zhao, C., Jia, L., Buchanan, R., Yang, T., & Jiang, L. J. (2009). Crocin and geniposide profiles and radical scavenging activity of gardenia fruits (*Gardenia jasminoides* Ellis) from different cultivars and at the various stages of maturation. *Fitoterapia*, *81*, 269–273.
- Đào, T. V., Giang, T. S., & Mai, H. Y. (2001). Nghiên cứu thành phần hoá học và thăm dò độc tính cấp của quả dành dành (*Gardenia jasminoides*). *Tạp chí Dược học*, *41*(4), 16–18.
- Đỗ, H. B., Bùi, X. C., Nguyễn, T. Đ., Đỗ, T. Đ., Phạm, V. H., Vũ, N. L., Phạm, D. M., Phạm, K. M., Đoàn, T. N., Nguyễn, T., & Trần, T. (2001). *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Đỗ, T. H. T., Phạm, V. K., Nguyễn, T. Á. H., Vũ, T. T., Lê, T. T., & Lê, T. H. H. (2023). Xác định đồng thời crocin và crocetin trong thực phẩm bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao sử dụng detector chuỗi diod quang (HPLC-PDA). *Tạp chí Kiểm nghiệm và An toàn thực phẩm*, *6*(3), 313-324.
- Elshaafi, I. M., Musa, K. H., & Abdullah, S. N. (2020). Effect of oven and freeze drying on antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of fig (*Ficus carica* L.) leaves. *Food Research*, *4*, 2114–2121.
- Ghadrdoost, B., Abbas, A. V., Ali, R. P., Razieh, H., Ahmad, R. B., Fareshteh, M., Saeed, H., Hamid, R. S., & Sharzad, P. (2011). Protective effects of saffron extract and its active constituent crocin against oxidative stress and spatial learning and memory deficits induced by chronic stress in rats. *European Journal of Pharmacology*, *667*, 222–229.
- He, M. L., Cheng, X. W., Chen, J. K., & Zhou, T. S. (2006). Simultaneous Determination of Five Major Biologically Active Ingredients in Different Parts of *Gardenia jasminoides* Fruits by HPLC with Diode-Array Detection. *Chromatographia*, *64*,

713–717.

Hemery, Y., Chaurand, M., Holopainen, U., Lampi, A., Lehtinen, P., Piironen, V., Sadoudi, A., & Rouau, X. (2011). Potential of dry fractionation of wheat bran for the development of food ingredients, Part I: Influence of ultra-fine grinding. *Journal of Cereal Science*, *53*(1), 1–8.

Hosseinzadeh, H., Sadeghnia, H. R., Ghaeni, F., Motamedshariaty, V., & Mohajeri, S. (2011). Effects of Saffron (*Crocus sativus* L.) and its Active Constituent, Crocin, on Recognition and Spatial Memory after Chronic Cerebral Hypoperfusion in Rats. *Phytotherapy Research*, *26*, 381–386.

Huang, H., Zhu, Y., Fu, X., Zou, Y., Li, Q., & Luo, Z. (2022). Integrated natural deep eutectic solvent and pulse-ultrasonication for efficient extraction of crocins from gardenia fruits (*Gardenia jasminoides* Ellis) and its bioactivities. *Food Chemistry*, *380*, 132–216.

Jiang, G. H., Lee, K. C., Ameer, K., & Eun, J. B. (2019). Comparison of freeze-drying and hot air-drying on Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai ‘Niitaka’) powder: Changes in bioaccessibility, antioxidant activity, and bioactive and volatile compounds. *Journal of Food Science and Technology*, *56*, 2836–2844.

Krakowska-Sieprawska, A., Kielbasa, A., Rafińska, K., Ligor, M., & Buszewski, B. (2022). Modern Methods of Pre-Treatment of Plant Material for the Extraction of Bioactive Compounds. *Molecules*, *27*, 1–22.

Kumar, K., Srivastava, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*, 105323.

Kunal, A. G., Mallinath, H., Deepak, B., & Pallavi, S. N. (2015). Lyophilization/freezing—A review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, *4*, 516–543.

Kutlu, N., Pandiselvam, R., Kamiloglu, A., Saka, I., Sruthi, N. U., Kothakota, A., Socol, T. C., & Maerescu, C. M. (2022). Impact of ultrasonication applications on color profile of foods. *Ultrasonics Sonochemistry*, *89*, 106–109.

Lê, Đ., Hoà, B., Uyên, N., Hằng, Đ., Phip, N., Trường, N., Sơn, Đ. (2024). Nhân giống invitro cây dành dành (*Gardenia jasminoides* Ellis). *Tạp Chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, *21*(2), 226–236.

Lee, E. J., Hong, J. K., & Whang, W. K. (2014). Simultaneous determination of bioactive

- marker compounds from *Gardeniae fructus* by high performance liquid chromatography. *Archives of Pharmacal Research*, 37(8), 992–1000.
- Lê, T. P. (2022). *Nghiên cứu chiết tách chất màu từ quả dành dành và ứng dụng trong nhuộm vải tơ tằm Quảng Nam*. Luận văn thạc sĩ, Đại học Sư phạm Đà Nẵng.
- Lee, I. A., Lee, J. B., Baek, N. I., & Hyun, K. (2005). Antihyperlipidemic Effect of Crocin Isolated from the Fructus of *Gardenia jasminoides* and Its Metabolite Crocetin. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 28, 2106–2110.
- Lipeng, S., Shuixiu, P., Mingming, Z., Yufan, S., Abdul, Q., Liu, Y., Arif, R., Baoguo, X., Qiufang, L., Haile, M., & Xiaofeng, R. (2023). A comprehensive review of Ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 1–25.
- Liu, J., & Qian, Z. Y. (2005). Effects of crocin on cholestane-beta, alpha, beta-triol-induced apoptosis and related gene expression of cultured endothelial cells. *Journal of China Pharmaceutical University*, 36, 254–259.
- Liu, Y., Zhe, W., Zhang, R., Peng, Z., Wang, Y., Gao, H., Guo, Z., & Xiao, J. (2022). Ultrasonic-assisted extraction of polyphenolic compounds from *Paederia scandens* (Lour.) Merr. Using deep eutectic solvent: optimization, identification, and comparison with traditional methods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 86, 106005.
- Mostapha, B., Yazid, K. K., Aicha, B., Malika, C., Salima, D., Yassine, B., & Djamel, K. (2024). Optimizing the aqueous extraction of crocin from saffron and modeling the kinetics of its degradation during storage and heat treatment. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 16, 136–149.
- Naczki, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054, 95–111.
- Nguyễn, H. T. L., & Bùi, P. T. H. (2024). Tổng quan các phương pháp sấy thăng hoa hiện đại trong công nghệ thực phẩm. *Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một*, (71)4.
- Nguyễn, T. H., & Nguyễn, T. T. T. (2016). Chiết tách và khảo sát độ bền của chất màu Crocin từ quả dành dành. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 14(12), 1978–1985.
- Nguyen, H. P. T., Morançais, M., Fleurence, J., Pham, T. T. M., Nguyen-Le, C. T., Mai, T. P. C., Tran, T. N. L., & Dumay, J. (2020). Optimisation of hydrolysis conditions for extraction of R-phycoerythrin from *Gracilaria gracilis* by enzyme polysaccharidase and response surface methodology. *International Food Research Journal*, 27,

1147–1155.

Nguyen, T., Huynh, N. P., Ngo, T., & Vo, M. (2022). Extraction Optimization of Crocin from Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) fruits using response surface methodology and quality evaluation of foam-mat dried powder. *Horticulturae*, *8*, 1199–1210.

Oprica, L., Antohe, R. G., Verdes, A., & Grigore, M. N. (2019). Effect of freeze-drying and oven-drying methods on flavonoids content in two romanian grape varieties. *Revista de Chimie (Bucharest)*, *70*, 491–494.

Phalla, C., Peany, H., & Sovannmony, L. (2022). Effect of Pretreatment on Extractions of Essential Oil from Kaffir Lime (*Citrus Hystrix* DC.) Leaves. *Techno-Science Research Journal*, *10*(2), 38–42.

Samy, A., Ahmed, T., Ali, A., & Samy, H. (2017). Potential protective effect of crocin against hyperhomocysteinemia induced oxidative stress in rats. *Benha Veterinary Medical Journal*, *33*, 271–282.

Sarfarazi, M., Rajabzadeh, Q., Tavakoli, R., & Jafari, S. (2022). Ultrasound-assisted extraction of saffron bioactive compounds; separation of crocins, picrocrocin, and safranal optimized by artificial bee colony. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 1010–1016.

Shi, J., Mazza, G., & Maguer, L. M. (2016). *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects*. CRC Press.

Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2022). Food Colour Additives: A Synoptical Overview on Their Chemical Properties, Applications in Food Products, and Health Side Effects. *Foods*, *11*(3), 379.

Silva, E. M., Rogez, H., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, *55*, 381–387.

Soltani Firouz, M., Sardari, H., Chamgordani, P. A., & Behjati, M. (2022). Power ultrasound in the meat industry (freezing, cooking and fermentation): Mechanisms, advances and challenges. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 106027.

Sun, Y., Shen, Y., Liu, D., & Ye, X. (2015). Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT—Food Science and Technology*, *60*, 1269–1275.

TCVN 6470:2010 (2010). *Phụ gia thực phẩm - Phương pháp thử đối với các chất tạo màu*. Bộ Khoa học và Công nghệ - Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, Hà Nội.

- Trần, D. L. (2020). *Nghiên cứu chiết xuất, bào chế và đánh giá độc tính cấp của viên nang CTHEPAD*. Luận văn thạc sĩ, Học Viện Y Dược Cổ Truyền Việt Nam.
- Wang, X. S., Wu, Y. F., Dai, S. L., Chen, R., & Shao, Y. (2012). Ultrasound-assisted extraction of geniposide from *Gardenia jasminoides*. *Ultrasonics Sonochemistry*, *19*, 1155–1159.
- Wang, X. P., et al. (2011). Ultrasonic – Assisted Extraction of Gardenia Yellow from *Fructus Gardeniae*. *Advanced Materials Research*, *239-242*, 1989–1992.
- Wiar, C. (2021). Antiparasitic Asian medicinal plants in the Clade Lamiids. In C. Wiar, *Medicinal Plants in Asia and Pacific for Parasitic Infections: Botany, Ethnopharmacology, Molecular Basis, and Future Prospect*. Elsevier. pp. 363–463.
- Xi, L., & Qian, Z. (2006). Pharmacological properties of crocetin and crocin (digentiobiosyl ester of crocetin) from saffron. *Natural Product Communications*, *1*(1), 65–75.
- Xiao, W., Li, S., Wang, S., & Ho, C.T. (2017). Chemistry and bioactivity of *Gardenia jasminoides*. *Journal of Food and Drug Analysis*, *25*(1), 43–61. (Xuất hiện 2 lần trong danh sách gốc, chỉ giữ lại 1)
- Xu, G. L., Qian, Z. Y., Yu, S. Q., Gong, Z. N., & Shen, X. (2006). Evidence of crocin against endothelial injury induced by hydrogen peroxide in vitro. *Journal of Asian Natural Products Research*, *8*, 79–85.
- Yamada, S., Oshima, H., Saito, I., & Hayakawa, J. (1996). Adoption of crocetin as an indicator compound for detection of Gardenia Yellow in food products. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, *37*(6), 372–377.
- Yang, B., Liu, X., & Gao, Y. (2009). Extraction optimization of bioactive compounds (crocin, geniposide and total phenolic compounds) from Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) fruits with response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *10*(4), 610–615.
- Yeon, S. P., et al. (2001). Quantitative analysis of crocetin colorants in Gardenias (*Gardenia jasminoides* Ellis) by LC/DAD/MS. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *7*(6), 375–379.
- Yingpeng, T., Yu, J., Dan, G., Yongqiu, Y., Shiping, J., Yu, L., Zahra, B. S., & Ping, W. (2018). Homogenate extraction of crocins from Saffron optimized by Response Surface Methodology. *Journal of Chemistry*, *2018*, 1–6.

Zhu, X., Mang, Y., Shen, F., Xie, J., & Su, W. (2014). Homogenate extraction of gardenia yellow pigment from *Gardenia Jasminoides* Ellis fruit using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1575–1581.



ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THUYẾT MINH

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

NGHIÊN CỨU CHIẾT XUẤT CHẤT MÀU THỰC PHẨM TỰ NHIÊN CROCIN TỪ QUẢ DÀNH DÀNH

Mã số: T2024-06-06

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Hữu Phước Trang
Đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường
Chương trình đào tạo: Kỹ thuật thực phẩm

Đà Nẵng, 12/2024

10. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

10.1. Ngoài nước

Crocin là một hợp chất hóa học carotenoid tự nhiên được tìm thấy trong hoa của cây nghệ và cây dành dành [1]. Đây là một diester hình thành từ các gentiobiose disaccharide và axit crocetin dicarboxylic. Crocin có màu đỏ đậm và ở dạng tinh thể, nhiệt độ nóng chảy 186°C. Khi hòa tan trong nước nó có màu vàng hoặc màu vàng cam, hòa tan tốt trong nước [2]. Crocin có thể được chiết xuất bằng phương pháp cơ bản như ngâm trong dung môi. Ngoài ra, các nghiên cứu chiết xuất chất màu hiện nay được nghiên cứu rộng rãi như phương pháp vi sóng, siêu âm, hoặc sự kết hợp giữa các phương pháp nhằm nâng cao khả năng chiết xuất từ nguyên liệu hoa nghệ tây và quả dành dành [2][3]. Chất màu crocin được ứng dụng trong ngành thực phẩm và y học. Bên cạnh vai trò chất màu, nó còn là chất chống oxi hóa, bảo vệ gan bị tổn thương, chống tăng lipid trong máu [4].

Tài liệu tham khảo:

1. Yang Bin, Xuan Liu, Yanxiang Gao (2009). *Extraction optimization of bioactive compounds (crocin, geniposide and total phenolic compounds) from Gardenia (Gardenia jasminoides Ellis) fruits with response surface methodology*, Journal of Ethnopharmacology.
2. F. Hadizadeh, S.A. Mohajeri, M. Seifi (2010). *Extraction and Purification of Crocin from Saffron Stigmas Employing a Simple and Efficient Crystallization Method*. Pakistan Journal of Biological Sciences.
3. Yingpeng Tong, Yu Jiang, Dan Guo, Yongqiu Yan, Shiping Jiang, Yu Lu, S. Zahra Bathaie, and Ping Wang (2018). *Homogenate Extraction of Crocins from Saffron Optimized by Response Surface Methodology*. Journal of Chemistry.
4. S. Karasu, Y. Bayram, K. Ozkan, O. Sagdic, (2019). *Extraction optimization crocin pigments of safon (Crocus sativus) using response surface methodology and determination stability of crocin microcapsules*. Journal of Food Measurement and Characterization.

10.2. Trong nước

Dành dành còn có tên là Chi tử, mẫu đơn hay bạch hải đường. Ở nước ta, dành dành thường được dùng làm cây cảnh, quả sử dụng làm thuốc [1]. Quả dành dành còn có tác dụng làm chất màu tự nhiên vừa đẹp mắt vừa tốt cho sức khỏe. Quả dành dành cho ra màu vàng không độc có thể sử dụng tạo màu cho thực phẩm như nhuộm xôi, làm mứt dừa, làm bánh, thạch rau câu, nước mắm [2][3]... Hạt dành dành thường khá cứng, vì vậy trước khi muốn sử dụng cần phải ngâm với nước trong một khoảng thời gian sau đó sử dụng làm màu thực phẩm tạo màu các món ăn [3]. Một số các nghiên cứu ở nước ta bước đầu đã thực hiện chiết xuất chất màu bằng phương pháp ngâm, đánh giá về độ bền màu của chất màu, nghiên cứu bột màu (Phạm Thành Quân 2000; Nguyễn Thị Thanh Thủy và cs 2016; Nguyễn Hữu Phước Trang và cs 2023).

Tài liệu tham khảo:

1. Phạm Thành Quân (2000). *Nghiên cứu chất màu tan trong nước từ quả dành dành Gardenia Jasminoides Ellis*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Khoa Công nghệ Hoá học. Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh.
2. Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thị Hiền (2016). *Chiết tách và khảo sát độ bền của chất màu crocin từ quả dành dành*, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.
3. Nguyễn Hữu Phước Trang, Võ Thị Thảo Nhi, Trần Thị Kim Hồng, Trần Thị Ngọc Linh, Phạm Thị Nga (2023). *Bước đầu nghiên cứu thu nhận bột màu vàng tự nhiên chiết xuất từ quả dành dành (Gardenia Jasminodes ellis)*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng.

10.3. Danh mục các công trình đã công bố thuộc lĩnh vực của đề tài của chủ nhiệm và những thành viên tham gia nghiên cứu

1. Huu Phuoc Trang Nguyen, Michèle Morançais, Joel Fleurence, Justine Dumay (2017) *Mastocarpus stellatus as a source of R-phycoerythrin: optimization of enzyme assisted extraction using response surface methodology*. Journal of Applied Phycology: 1563-1570 (SCIE, Q1).
2. Huu Phuoc Trang Nguyen, Michèle Morançais, Paul Déléris, Joël Fleurence, Chau Thanh Nguyen-Le, Khanh Ha Vo & Justine Dumay (2019). *Purification of R-phycoerythrin from a marine macroalga Gracilaria gracilis by anion-exchange chromatography*. Journal of Applied Phycology: 1573-1576 (SCIE, Q1).
3. Nguyen, H. P. T., Morançais, M., Fleurence, J., Pham, T. T. M., Nguyen-Le, C. T.; Mai, T. P. C., Tran, T. N. L. and Dumay, J (2020). *Optimisation of hydrolysis conditions for extraction of R-phycoerythrin from Gracilaria gracilis by enzyme polysaccharidase and response surface methodology*. International Food Research Journal: 1147- 1155 (SCIE, Q3).
4. Nguyễn Hữu Phước Trang, Võ Thị Thảo Nhi, Trần Thị Kim Hồng, Trần Thị Ngọc Linh, Phạm Thị Nga (2023). Bước đầu nghiên cứu thu nhận bột màu vàng tự nhiên chiết xuất từ quả dành dành (*Gradenia Jasminodes ellis*). Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng: 13-17.
5. Trần Thị Ngọc Linh, Trần Thị Kim Hồng, Phạm Phú Song Toàn. Nghiên cứu chiết tách tannin từ quả Điều già (*Anacardium occidentale L.*) và ứng dụng bảo quản dầu thực vật. *Tạp chí Khoa học Công nghệ (Đại học Đà Nẵng)*. Số: 11 (108). Trang: 102-106. Năm 2016.

11. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Quả dành dành (tên khoa học *Gardenia jasminoides*), còn gọi là quả chi tử, là một loại quả của cây dành dành, thuộc họ Cà phê (*Rubiaceae*). Loại quả này trồng khá phổ biến ở khu vực miền Bắc Việt Nam. Hiện nay, cây dành dành cũng được trồng ở miền Trung như Quảng Nam, Nghệ An, Thanh Hóa, Hà Tĩnh... Người dân trồng dành dành không chỉ để lấy quả làm dược liệu mà còn để làm cảnh vì hoa dành dành rất đẹp và thơm. Quả dành dành chứa sắc tố màu vàng nên được nhiều người sử dụng để chế biến các món ăn như nấu xôi, làm thạch rau câu, kẹo, nước mắm... Ngoài ra, trong quả còn chứa một số thành phần mang hoạt tính sinh học nên chúng được dùng làm thuốc trong các cửa hàng dược liệu.

Màu sắc là một trong những yếu tố đang ngày càng được quan tâm nhiều hơn trong lĩnh vực thực phẩm. Với xu hướng toàn cầu thay thế chất tạo màu tổng hợp bằng chất tạo màu tự nhiên - là chất màu không độc hại, thân thiện với môi trường, có nguồn gốc tự nhiên. Các chất màu tự nhiên thường được thu nhận như carotenoid, anthocyanin, phycoerythrin... Crocin là một trong những chất thuộc nhóm carotenoid, là phần tạo màu vàng cam trong thực phẩm. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu đã cho thấy: crocin không những tạo màu tốt mà còn có nhiều tác dụng như cải thiện trí nhớ, chống co giật - bảo vệ thần kinh, chống trầm cảm, chống oxy hóa... Để có thể sử dụng crocin làm chất tạo màu thực phẩm, cần phải thực hiện quá trình chiết xuất, trích ly. Dung môi phổ biến được sử dụng trong chiết xuất crocin là nước, ethanol và axeton. Crocin thường có mặt trong quả cây dành dành và nụ hoa nghệ tây. Các nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên đã và đang được nghiên cứu ngày càng rộng rãi từ nhiều nguồn nguyên liệu tự nhiên nhằm mục đích cung cấp đến thị trường tiêu thụ nguồn chất màu tự nhiên, an toàn cho người sử dụng. Do đó, đề tài "Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành" là đề tài mang tính cấp thiết.

12. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành nhằm bổ sung thêm nguồn chất màu tự nhiên cho ngành công nghiệp thực phẩm. Nghiên cứu của đề tài tập trung vào quy trình chiết xuất chất màu tự nhiên crocin thông qua việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất. Từ đó, nghiên cứu tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu tự nhiên từ quả dành dành nhằm thu nhận chất màu có năng suất cao.

13. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

13.1. Đối tượng nghiên cứu

Quả dành dành

13.2. Phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu được thực hiện tại các phòng thí nghiệm của khoa Công nghệ Hóa học-Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đà Nẵng (PTN Công nghệ Sinh học, PTN Công nghệ Thực phẩm, PTN Công nghệ Kỹ thuật Hóa học).

14. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

14.1. Cách tiếp cận

Từ các nghiên cứu đã được công bố về các phương pháp chiết xuất chất màu crocin khác nhau, đề tài hướng đến nghiên cứu và đề xuất quy trình chiết xuất chất màu crocin từ quả dành dành với các thông số công nghệ tối ưu nhằm thu nhận chất màu có năng suất tốt.

14.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chiết xuất chất màu crocin

Phương pháp hóa lý: xác định hàm lượng crocin

Phương pháp tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu sử dụng phần mềm Stargraphic Centurion XVI

Các phương pháp phân tích và xử lý số liệu

15. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ KẾ HOẠCH NGHIÊN CỨU

15.1. Nội dung nghiên cứu

- Nội dung 1: Tìm hiểu và viết tổng quan đề tài
- Nội dung 2: Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu
- Nội dung 3: Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin
- Nội dung 4: Phân tích, xử lý kết quả nghiên cứu, viết bài báo

15.2. Kế hoạch nghiên cứu

STT	Nội dung công việc	Sản phẩm	Thời gian (tháng/năm bắt đầu - tháng/năm kết thúc)	Người thực hiện (ghi cụ thể họ và tên) – chèn cột số ngày công
1.	Nội dung 1: Tìm hiểu và viết tổng quan đề tài	Bảng báo cáo	01/2025- 02/2025	Nguyễn Hữu Phước Trang Trần Thị Kim Hồng Trần Thị Ngọc Linh
2.	Nội dung 2: Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu	Bảng tổng hợp số liệu kết quả các nghiên cứu	03/2025- 05/2025	Nguyễn Hữu Phước Trang Trần Thị Kim Hồng Trần Thị Ngọc Linh
3.	Nội dung 3: Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin	Bảng báo cáo	06/2025- 08/2025	Nguyễn Hữu Phước Trang Trần Thị Kim Hồng
4.	Nội dung 4: Phân tích, xử lý kết quả nghiên cứu, viết bài báo	Bảng tổng hợp số liệu kết quả các nghiên cứu	09/2025- 12/2025	Nguyễn Hữu Phước Trang

Trần Thị Kim
Hồng
Trần Thị Ngọc
Linh

16. SẢN PHẨM

16.1. Sản phẩm khoa học

- Bài báo đăng trên tạp chí có tên trong danh mục Scopus/WoS
- Bài báo đăng trên tạp chí/ký yếu được tính điểm trong danh mục HỖCDGSNN
- Sản phẩm khác:
 - Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm Tài liệu hướng dẫn thực hành
 - Bài thực hành/bài thí nghiệm Giáo trình Tài liệu tham khảo

16.2. Sản phẩm đào tạo:

- Đào tạo Cao học Đào tạo NCS
- Hướng dẫn sinh viên bảo vệ đề tài/đồ án tốt nghiệp
- Hướng dẫn sinh viên nghiên cứu khoa học

16.3. Sản phẩm ứng dụng

- | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Chương trình máy tính | <input type="checkbox"/> | Tiêu chuẩn | <input type="checkbox"/> | Chiến lược | <input type="checkbox"/> |
| Website | <input type="checkbox"/> | Phương pháp | <input type="checkbox"/> | Đề án | <input type="checkbox"/> |
| Thiết bị máy móc | <input type="checkbox"/> | Tài liệu dự báo | <input type="checkbox"/> | Bản quy hoạch | <input type="checkbox"/> |
| Dây chuyền công nghệ | <input type="checkbox"/> | Luận chứng kinh tế | <input type="checkbox"/> | Vật liệu | <input type="checkbox"/> |
| Mô hình | <input type="checkbox"/> | Qui phạm | <input checked="" type="checkbox"/> | Mẫu | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Sơ đồ, bản thiết kế | <input type="checkbox"/> | Bản kiến nghị | <input type="checkbox"/> | Giống cây trồng | <input type="checkbox"/> |
| Qui trình công nghệ | <input type="checkbox"/> | Báo cáo phân tích | <input type="checkbox"/> | Giống vật nuôi | <input type="checkbox"/> |

16.4. Tên sản phẩm, số lượng và yêu cầu khoa học đối với sản phẩm

TT	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu khoa học
1.	Bài báo khoa học đăng hoặc chấp nhận đăng trên tạp chí có tên trong danh mục WoS/ Scopus	01	- Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là thành viên tham gia thực hiện đề tài; - Đơn vị công tác của tác giả liên hệ thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng
2.	Mẫu sản phẩm chất màu chiết xuất từ quả dành dành	100ml	- Mẫu sản phẩm được xác định hàm lượng crocin. - Ứng dụng giảng dạy học phần TN Phụ gia thực phẩm, Ngành Kỹ thuật thực phẩm. - Hội đồng Khoa học thông qua.

17. HIỆU QUẢ (giáo dục và đào tạo, kinh tế - xã hội)

+ Về giáo dục và đào tạo: Nghiên cứu chiết xuất chất màu tự nhiên từ quả dành dành có thể được ứng dụng trong giảng dạy và nghiên cứu đối với các học phần như Phụ gia thực phẩm và Thí nghiệm Phụ gia thực phẩm của ngành Kỹ thuật thực phẩm.

+ Về kinh tế - xã hội: Chất màu tự nhiên crocin từ quả dành dành có thể được ứng dụng thay thế cho các chất màu tổng hợp trong các quy trình sản xuất các sản phẩm thực phẩm như bánh, kẹo, nước mắm,...

18. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG

- Phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu:

Bản giao trực tiếp cho Bộ môn Công nghệ Thực phẩm của Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng.

- Địa chỉ ứng dụng:

Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng, 48 Cao Thắng, P. Thanh Bình, Q. Hải Châu, TP. Đà Nẵng

STT	Mô tả chi tiết nội dung chi	Đơn vị tính chi			Chi số
		Tổng kinh phí (ĐVT: VNĐ)	Khả năng chi trả (ĐVT: VNĐ)	Còn ngoài khác	
1	Chi trả công lao động trực tiếp	37.694.000	37.694.000	0	Giao khoán
2	Chi trả vật tư nguyên vật liệu	0	0	0	
3	Chi trả điện, nước, chi trả các chi phí	0	0	0	
4	Chi hội thảo khoa học, công tác hội	0	0	0	
5	Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu	0	0	0	
6	Chi điều tra, khảo sát thực địa	0	0	0	
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	304.000	304.000	0	Giao khoán
8	Chi hội đồng tự đánh giá	0	0	0	
9	Quản lý chuyên nhiệm vụ KHCN	2.000.000	2.000.000	0	Giao khoán
10	Chi khác liên quan	0	0	0	
TỔNG CỘNG		40.000.000	40.000.000	0	

Ngày 10 tháng 04 năm 2025
 TM HỘI TRƯỞNG KHOA
 (Chữ ký và đóng dấu)

Ngày 10 tháng 04 năm 2025
 Chủ nhiệm dự án

(Chữ ký)
 Nguyễn Thị Kim Ngọc

(Chữ ký)
 Nguyễn Văn Phước Trang

Đã ký, ngày 10 tháng 04 năm 2025

CHỖ CHỮ KÝ VÀ ĐÓNG DẤU
 HỘI TRƯỞNG
 KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC – MÔI TRƯỜNG
 TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT – ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

PGS.TS. Võ Trung Hùng

19. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI VÀ NGUỒN KINH PHÍ**Tổng kinh phí: 40.000.000****Bằng chữ: Bốn mươi triệu đồng chẵn**

Trong đó:

- Từ nguồn Quỹ KHCN: 40.000.000 VNĐ

- Từ các nguồn kinh phí khác: 0 VNĐ

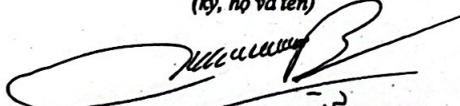
Dự trù kinh phí theo các mục chi (phù hợp với nội dung nghiên cứu):

Stt	Khoản chi, nội dung chi	Tổng kinh phí (ĐVT: VNĐ)	Nguồn kinh phí		Ghi chú
			Kinh phí từ Quỹ KHCN (ĐVT: VNĐ)	Các nguồn khác	
1	Chi tiền công lao động trực tiếp	37.696.000	37.696.000	0	Giao khoán
2	Chi mua vật tư, nguyên vật liệu	0	0	0	
3	Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định	0	0	0	
4	Chi hội thảo khoa học, công tác phí	0	0	0	
5	Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu	0	0	0	
6	Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu	0	0	0	
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	304.000	304.000	0	Giao khoán
8	Chi Hội đồng tự đánh giá	0	0	0	
9	Quản lý chung nhiệm vụ KHCN	2.000.000	2.000.000	0	Giao khoán
10	Chi khác liên quan	0	0	0	
	TỔNG CỘNG	40.000.000	40.000.000	0	

Ngày 29...tháng 01...năm 2025

TM. HỘI ĐỒNG KHOA

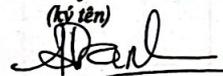
(ký, họ và tên)


Huỳnh Thị Diễm Uyên

Ngày 20 tháng 01 năm 2025

Chủ nhiệm đề tài

(ký tên)


Nguyễn Hữu Phước Trang

Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2025

Cơ quan Chủ trì duyệt**KT. HIỆU TRƯỞNG****PHÓ HIỆU TRƯỞNG****PGS. TS. Võ Trung Hùng**

GIẢI TRÌNH CHI TIẾT CÁC MỤC CHI

Mục 1a: Bản tính thù lao lao động phân theo kế hoạch nghiên cứu

Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN)

3.800.000

đồng

Số TT	Nội dung công việc	Chức danh khoa học	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN) (ĐVT: VNĐ)	Số ngày công (ĐVT: ngày)	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh (ĐVT: tháng)	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ (ĐVT: VNĐ)
(1)	(2)	(2.1)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=6/22 ngày	8=3x5x7
I	Nội dung nghiên cứu						16,80	37.696.000
1	Nội dung 1: Tìm hiểu và viết tổng quan đề tài						2,00	4.560.000
1.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
1.2	Thù lao nhóm 02 thành viên		0,4	2	3.800.000	22	1,00	1.520.000
	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	1	3.800.000	11	0,50	760.000
	Trần Thị Ngọc Linh	Thành viên	0,4	1	3.800.000	11	0,50	760.000
2	Nội dung 2: Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết xuất chất màu					66	3,00	6.840.000

2.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	3.800.000	33	1,50	4.560.000
	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	1	3.800.000	33	1,50	4.560.000
2.2	Thù lao 02 thành viên		0,4	2	3.800.000	33	1,50	2.280.000
	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	1	3.800.000	22	1,00	1.520.000
	Trần Thị Ngọc Linh	Thành viên	0,4	1	3.800.000	11	0,50	760.000
3	Công việc 3: Nghiên cứu tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất chất màu crocin					22	1,00	2.280.000
3.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	3.800.000	11	0,50	1.520.000
	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	1	3.800.000	11	0,50	1.520.000
3.2	Thù lao nhóm 01 thành viên		0,4	1	3.800.000	11	0,50	760.000
	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	1	3.800.000	11	0,50	760.000
4	Công việc 4: Thực nghiệm tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất					66	3,00	6.080.000
4.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
4.2	Thù lao nhóm 02 thành viên		0,4	2	3.800.000	44	2,00	3.040.000
	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	1	3.800.000	22	1,00	1.520.000
	Trần Thị Ngọc Linh	Thành viên	0,4	1	3.800.000	22	1,00	1.520.000

5	Công việc 5: Phân tích, xử lý kết quả nghiên cứu, viết bài báo					66	3,00	6.080.000
5.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	1	3.800.000	22	1,00	3.040.000
5.2	Thù lao nhóm 02 thành viên		0,4	2	3.800.000	44	2,00	3.040.000
	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	1	3.800.000	22	1,00	1.520.000
	Trần Thị Ngọc Linh	Thành viên	0,4	1	3.800.000	22	1,00	1.520.000
6	Thù lao của chủ nhiệm nhiệm vụ:						2,40	9.120.000
	($TL_{CN} = 1,0 \times DM_{CN} \times 20\% \times T$)		1	1	3.800.000		(=20% x 12 tháng)	
7	Thù lao của thư ký khoa học:						2,40	2.736.000
	($TL_{TK} = 0,3 \times DM_{CN} \times 20\% \times T$)		0,3	1	3.800.000		(=20% x 12 tháng)	
TỔNG CỘNG							16,80	37.696.000

Mục 1b: Bản tính thù lao lao động phân theo tên thành viên tham gia nghiên cứu

STT	Họ và tên	Chức danh	Hệ số	Số ngày (nếu có)	Tổng số tháng quy đổi của chức danh (ĐVT: tháng)	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN) (ĐVT: VNĐ)	Thành tiền (ĐVT: VNĐ)	Tổng cộng (ĐVT: VNĐ)
-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
1	Nguyễn Hữu Phước Trang	Chủ nhiệm	1		0	3.800.000	9.120.000	24.320.000
2	Nguyễn Hữu Phước Trang	Thành viên chính	0,8	110	5	3.800.000	15.200.000	
3	Trần Thị Kim Hồng	Thành viên	0,4	88	4	3.800.000	6.080.000	13.376.000
4	Trần Thị Ngọc Linh	Thành viên	0,4	66	3	3.800.000	4.560.000	
5	Mai Thị Phương Chi	Thư ký khoa học	0,3		0	3.800.000	2.736.000	
	Tổng			264	12	-	37.696.000	37.696.000

Mục 2 Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định:

Không

Mục 3 Chi hội thảo khoa học, công tác phí:

Không

Mục 4 Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ hoạt động nghiên cứu:

Không

Mục 5 Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu:

Không

Mục 6 Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu:

Không

Mục 7 Chi văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn:

TT	Nội dung chi	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá	Tổng kinh phí	Nguồn kinh phí (đồng)	
						Kinh phí từ Quỹ KHCN	Nguồn khác
-1	-2	-3	-4	-5	(6) =(4)x(5)	-7	-8
	Chi văn phòng phẩm (chi tiết)						
1	In thuyết minh và đóng bìa	quyển	10	30.400	304.000		
	Tổng cộng				304.000		

Mục 8 Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở:

Không

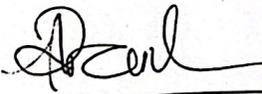
Mục 9 Chi quản lý chung:

2.000.000 đồng

Mục 10 Chi khác:

Không

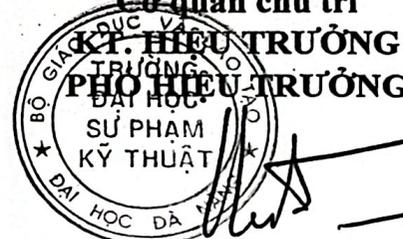
Chủ nhiệm đề tài
(ký, ghi họ và tên)



Nguyễn Hữu Phước Trang

Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2025

Cơ quan chủ trì



PGS. TS. Võ Trung Hùng

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

GIẤY XÁC NHẬN PHỐI HỢP THỰC HIỆN VÀ SỬ DỤNG SẢN PHẨM
SAU KHI HOÀN THÀNH ĐỀ TÀI CẤP TRƯỜNG

Kính gửi: Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng.

1. Tên đề tài:

Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành

2. Chủ nhiệm đề tài (Họ và tên, học vị):

TS. Nguyễn Hữu Phước Trang

3. Đơn vị phối hợp thực hiện và sử dụng sản phẩm đề tài sau khi hoàn thành:

Tên đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật

Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng

Điện thoại: 0912.924.254

a. Nội dung công việc phối hợp tham gia trong đề tài:

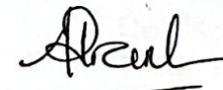
Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường hỗ trợ thiết bị, địa điểm thực hiện nghiên cứu tại Phòng Thí nghiệm Công nghệ Thực phẩm đối với các thành viên thực hiện đề tài nhằm đạt được các sản phẩm dự kiến theo thuyết minh đề tài.

b. Cam kết sử dụng sản phẩm đề tài sau khi hoàn thành:

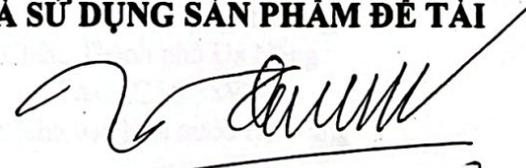
Khi đề tài được duyệt thực hiện, chúng tôi cam kết sẽ phối hợp với chủ nhiệm đề tài để thực hiện đề tài và sẽ tiếp nhận, sử dụng sản phẩm của đề tài sau khi hoàn thành.

Đà Nẵng, ngày 10 tháng 1 năm 2025

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI


Nguyễn Hữu Phước Trang

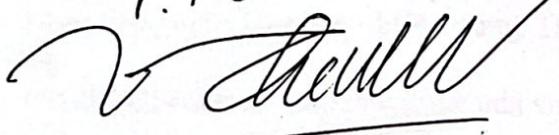
**ĐƠN VỊ PHỐI HỢP THỰC HIỆN
VÀ SỬ DỤNG SẢN PHẨM ĐỀ TÀI**


Nguyễn Văn Đoàn

KT. THỦ TRƯỞNG ĐƠN VỊ

(ký và ghi rõ họ và tên)

P. TRUONG KHADA


Nguyễn Văn Đoàn

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Ngày 24 tháng 01 năm 2025

HỢP ĐỒNG TRIỂN KHAI THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

Số: 06/HĐ-KHCNCS-2024

- Căn cứ Bộ luật dân sự ngày 24 tháng 11 năm 2015;
- Căn cứ Luật khoa học và công nghệ ngày 18 tháng 6 năm 2013;
- Căn cứ Quyết định số 1749/QĐ-TTg ngày 08 tháng 11 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật (ĐHSPKT) thuộc Đại học Đà Nẵng;
- Căn cứ Thông tư số 03/2023/TT-BTC ngày 10 tháng 01 năm 2023 của Bộ trưởng Bộ Tài chính về việc quy định lập dự toán, quản lý sử dụng và quyết toán kinh phí ngân sách nhà nước thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ;
- Căn cứ Quyết định số 216/QĐ-ĐHSPKT ngày 09 tháng 3 năm 2018 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc ban hành Quy định về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở (cấp Trường) do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý;
- Căn cứ Quyết định số 42/QĐ-ĐHSPKT ngày 21 tháng 01 năm 2025 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc phê duyệt kinh phí và giao nhiệm vụ thực hiện đề tài khoa học và công nghệ (KH&CN) cấp Trường;

Sau khi xem xét mục tiêu, nội dung nghiên cứu và sản phẩm khoa học của đề tài KH&CN (sau đây gọi tắt là “đề tài”):

“Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành.”

Mã số: T2024-06-06.

Bên A: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
Đại diện: Ông Nguyễn Lê Hùng Chức vụ: Hiệu trưởng
Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng
Điện thoại: 0236.3822571 Fax: 0236.3894884
Số tài khoản: 3716.1.1055693.00000 tại Kho bạc Nhà nước Đà Nẵng

2. Bên B: Ông (Bà): Nguyễn Hữu Phước Trang là Chủ nhiệm đề tài
- Số CCCD: 046186013175 ngày cấp: 22/03/2022 nơi cấp: Cục trưởng cục cảnh sát Quản lý Hành chính về Trật tự Xã hội.
- Số Tài khoản: 56110000490424 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng
- Mã số thuế: 8122146970
- Đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học - Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng.
- Điện thoại: 0912924254 Email: nhptrang@ute.udn.vn



Và các thành viên tham gia thực hiện đề tài theo thuyết minh được duyệt gồm:

2.1. Bên B: Ông (Bà) Trần Thị Kim Hồng là Thành viên,

- Số CCCD: 049188012238 ngày cấp: 26/01/2022 nơi cấp: Cục cảnh sát Quản lý Hành chính về trật tự xã hội.

- Số Tài khoản: 5610573389 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng

- Mã số thuế: 8122146875

- Đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học - Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

- Điện thoại: 0971813764 Email: ttkhong@ute.udn.vn

2.2. Bên B: Ông (Bà) Trần Thị Ngọc Linh là Thành viên

- Số CCCD: 049184002359 ngày cấp: 22/12/2024 nơi cấp: Bộ Công An

- Số Tài khoản: 5610573398 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng

- Mã số thuế: 8619586183

- Đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học- Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

- Điện thoại: 0989300775 Email: ttlinh@ute.udn.vn

2.3. Bên B: Ông (Bà) Mai Thị Phương Chi là Thư ký đề tài

- Số CCCD: 048184000649 ngày cấp: 27/12/2024 nơi cấp: Bộ Công An

- Số Tài khoản: 5610270617 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng

- Mã số thuế: 0400841889

- Đơn vị: Khoa Công nghệ Hóa học - Môi trường, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

- Điện thoại: 0985501577 Email: mtpchi@ute.udn.vn

Cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Hợp đồng thực hiện đề tài KH&CN cấp Trường (sau đây gọi tắt là Hợp đồng) với các điều khoản sau:

Điều 1. Đối tượng Hợp đồng

1. Bên A đặt hàng và Bên B nhận đặt hàng thực hiện đề tài KH&CN cấp trường (sau đây gọi là đề tài) theo các nội dung trong Thuyết minh đề tài đã được phê duyệt (sau đây gọi tắt là Thuyết minh).

2. Thuyết minh là bộ phận không tách rời của Hợp đồng.

3. Nội dung Thuyết minh có thể được điều chỉnh bằng văn bản của cơ quan có thẩm quyền trên cơ sở sự thống nhất của hai Bên.

Điều 2. Thời gian thực hiện Hợp đồng

1. Thời gian thực hiện đề tài là 12 tháng, từ tháng 01 năm 2025 đến tháng 12 năm 2025.

2. Thời gian thực hiện hợp đồng có thể được điều chỉnh theo thời gian thực hiện đề tài bằng quyết định của cơ quan có thẩm quyền.

Điều 3. Kinh phí đề tài:

1. Kinh phí thực hiện:

Tổng cộng:	40.000.000	đồng
Trong đó:		
- Kinh phí từ nguồn Khoa học công nghệ:	40.000.000	đồng
+ Kinh phí khoán:	40.000.000	đồng
+ Kinh phí không giao khoán:	0	đồng
- Kinh phí từ các nguồn khác:	0	đồng

2. Tạm ứng và thanh quyết toán kinh phí

- Tạm ứng đợt 1: Ngay sau khi ký kết hợp đồng, bên A sẽ tạm ứng cho bên B tối đa 50% giá trị hợp đồng khi có yêu cầu tạm ứng của bên B.
- Tạm ứng đợt 2: Bên A cấp tạm ứng tối đa 40% tổng giá trị còn lại của hợp đồng khi có đề nghị của bên B và sau khi bên B phải hoàn thành hồ sơ thanh toán tối thiểu bằng 50% mức kinh phí đã tạm ứng các đợt trước đó trên cơ sở đề tài được đánh giá hoàn thành tiến độ thực hiện đợt 1. Bên A thực hiện thanh toán cho bên B theo đúng quy định hiện hành, đồng thời thu hồi cho đến hết số tiền đã tạm ứng. Số tiền tạm ứng đợt 1 chưa được thu hồi thì sẽ được thu hồi trong lần thanh toán cuối cùng.
- Thanh toán đợt cuối: Sau khi đề tài được nghiệm thu chính thức, bên B phải hoàn thành và nộp hồ sơ thanh quyết toán kinh phí tất cả các nguồn kể từ ngày kết thúc nhiệm vụ theo quyết định phê duyệt nhiệm vụ và hợp đồng đã ký kết và trong phạm vi niên độ tài chính. Bên A thanh toán hết giá trị còn lại của hợp đồng từ nguồn do bên A quản lý theo đúng quy định hiện hành.
- Tùy theo kết quả thực hiện hợp đồng mà bên B chịu những xử lý tài chính trong quy định tại điều 6 hợp đồng này.

Điều 4. Quyền và nghĩa vụ của các bên

1. Quyền và nghĩa vụ của Bên A

- Cung cấp các thông tin cần thiết cho việc triển khai, thực hiện Hợp đồng;
- Bố trí cho Bên B số kinh phí từ Trường ĐHSPT, ĐHĐN quy định tại Điều 3 Hợp đồng này theo tiến độ kế hoạch, tương ứng với các nội dung nghiên cứu được phê duyệt;
- Tổ chức phê duyệt kế hoạch đấu thầu, mua sắm máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu và dịch vụ của đề tài bằng kinh phí do Bên A cấp (nếu có) theo quy định;
- Trước mỗi đợt cấp kinh phí, trên cơ sở báo cáo tình hình thực hiện đề tài của Bên B, Bên A căn cứ vào sản phẩm, khối lượng công việc đã hoàn thành theo Thuyết minh để cấp tiếp kinh phí thực hiện Hợp đồng. Bên A có quyền thay đổi tiến độ cấp hoặc ngừng cấp kinh phí nếu Bên B không hoàn thành công việc đúng tiến độ, đúng nội dung công việc được giao;
- Kiểm tra đột xuất để đánh giá tình hình Bên B thực hiện đề tài theo Thuyết minh. Trường ĐHSPT, ĐHĐN thực hiện kiểm tra định kỳ đánh giá tình hình thực hiện đề tài theo quy định hiện hành về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp Trường;

- e) Kịp thời xem xét, giải quyết theo thẩm quyền hoặc trình cấp có thẩm quyền giải quyết kiến nghị, đề xuất của Bên B về điều chỉnh nội dung chuyên môn, kinh phí và các vấn đề phát sinh khác trong quá trình thực hiện đề tài;
- g) Tổ chức đánh giá, nghiệm thu kết quả thực hiện đề tài của Bên B theo các yêu cầu, chỉ tiêu trong Thuyết minh;
- h) Có trách nhiệm cùng Bên B tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định hiện hành;
- i) Phối hợp cùng Bên B xử lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHQĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHQĐN (nếu có) theo quy định của pháp luật;
- k) Tiếp nhận kết quả thực hiện đề tài, bàn giao kết quả thực hiện đề tài cho tổ chức đề xuất đặt hàng hoặc tổ chức triển khai ứng dụng sau khi được nghiệm thu;
- l) Có trách nhiệm hướng dẫn việc trả thù lao cho tác giả nếu có lợi nhuận thu được từ việc ứng dụng kết quả của đề tài và thông báo cho tác giả việc bàn giao kết quả thực hiện đề tài (nếu có);
- m) Ủy quyền cho Bên B tiến hành đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện đề tài (nếu có) theo quy định hiện hành;
- n) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định của Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

2. Quyền và nghĩa vụ của Bên B

- a) Tổ chức triển khai đầy đủ các nội dung nghiên cứu của đề tài đáp ứng các yêu cầu chất lượng, tiến độ và chỉ tiêu theo Thuyết minh;
- b) Cam kết thực hiện và bàn giao sản phẩm cuối cùng đáp ứng đầy đủ các tiêu chí đã được phê duyệt;
- c) Được quyền tự chủ, tự quyết định việc sử dụng phần kinh phí để thực hiện đề tài theo dự toán kinh phí đề tài, được quyền ký kết hợp đồng thuê khoán chuyên môn với các thành viên tham gia thực hiện; và các hợp đồng khác gồm: mua vật tư, nguyên, nhiên, vật liệu, sửa chữa, mua sắm tài sản cố định, dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu, văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn có giá trị dưới 20 triệu đồng;
- d) Yêu cầu Bên A cung cấp thông tin cần thiết để triển khai thực hiện Hợp đồng;
- đ) Kiến nghị, đề xuất điều chỉnh các nội dung chuyên môn, kinh phí và thời hạn thực hiện Hợp đồng khi cần thiết;
- e) Yêu cầu Bên A cấp đủ kinh phí theo đúng tiến độ quy định trong Hợp đồng khi hoàn thành đầy đủ nội dung công việc theo tiến độ cam kết. Đảm bảo huy động đủ nguồn kinh phí khác theo cam kết. Sử dụng kinh phí đúng mục đích, đúng chế độ hiện hành và có hiệu quả;
- g) Đối với các hợp đồng khác được quy định tại điểm c, khoản 2, Điều 4 hợp đồng này có giá trị từ 20 triệu trở lên: Chủ nhiệm đề tài xây dựng kế hoạch mua sắm để gửi Bên A phê duyệt và thực hiện mua sắm theo quy định của pháp luật;

h) Chấp hành các quy định pháp luật trong quá trình thực hiện Hợp đồng. Tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp đầy đủ thông tin cho các cơ quan quản lý trong việc giám sát, kiểm tra, thanh tra đối với đề tài theo quy định của pháp luật;

i) Thực hiện việc tự đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở theo quy định hiện hành khi kết thúc đề tài. Sau khi đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở hoàn chỉnh lại hồ sơ theo kết luận của Hội đồng đánh giá cấp cơ sở, Bên B có trách nhiệm chuyển cho Bên A các hồ sơ để Bên A tiến hành việc đánh giá, nghiệm thu theo quy định;

k) Có trách nhiệm quản lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách của Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN (nếu có). Chủ nhiệm đề tài có trách nhiệm bàn giao tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài cho cơ quan chủ quản đề tài để quản lý và sử dụng.

l) Có trách nhiệm cùng Bên A tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định;

m) Thực hiện việc đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ theo ủy quyền của Bên A đối với kết quả nghiên cứu (nếu có);

n) Chủ nhiệm đề tài giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho bộ phận lưu giữ thông tin của cơ quan chủ quản đề tài. Cơ quan chủ quản đề tài xác nhận việc giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho chủ nhiệm đề tài.

o) Các sản phẩm khoa học công bố được tính khi có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN, cụ thể như sau:

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Anh: “This research is funded by The University of Danang – University of Technology and Education under project number T2024-06-06”;

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Việt: “Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2024-06-06”;

Đối với sản phẩm khoa học có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN và các nguồn kinh phí trong nước khác, Trường ĐHSPKT, ĐHĐN sẽ tính mức độ hoàn thành của sản phẩm đó như sau: Phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này được chia theo tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thực hiện. Trong trường hợp không xác định được cụ thể tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thì phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này sẽ bằng một (01) chia cho số nguồn kinh phí trong nước. Tổng số phần các công trình được tính phải đáp ứng yêu cầu về số lượng theo thuyết minh đề tài đã phê duyệt.

Thời gian thực hiện sản phẩm của đề tài phải được triển khai trong khoảng thời gian thực hiện đề tài.

p) Chủ nhiệm đề tài cùng với các cá nhân trực tiếp sáng tạo ra kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ được đứng tên tác giả trong đề tài và hưởng quyền tác giả bao gồm

cả các lợi ích thu được (nếu có) từ việc khai thác thương mại các kết quả thực hiện đề tài theo quy định pháp luật và các thỏa thuận khác (nếu có);

q) Có trách nhiệm trực tiếp hoặc tham gia triển khai ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ theo yêu cầu của Bên A hoặc tổ chức, cá nhân được Bên A giao quyền sở hữu, sử dụng kết quả thực hiện đề tài;

r) Thực hiện bảo mật các kết quả thực hiện đề tài theo quy định về bảo vệ bí mật của nhà nước;

s) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

Điều 5. Chấm dứt Hợp đồng

Hợp đồng này chấm dứt trong các trường hợp sau:

1. Đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu.

2. Bên B bị chấm dứt hợp đồng thực hiện đề tài khi có đề nghị thanh lý Hợp đồng của Hội đồng thanh lý đề tài cấp Trường.

Điều 6. Xử lý tài chính khi chấm dứt Hợp đồng

1. Đối với đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu:

a) Đề tài đã kết thúc và đánh giá nghiệm thu từ mức “Đạt” trở lên thì Bên A thanh toán đầy đủ kinh phí cho Bên B theo quy định tại Hợp đồng này.

b) Đề tài đã kết thúc, nhưng nghiệm thu mức “không đạt” thì Bên A xem xét, quyết toán kinh phí cho Bên B trên cơ sở kết luận của Hội đồng đánh giá về nguyên nhân, trách nhiệm và những nội dung công việc mà Bên B đã thực hiện có sản phẩm thực tế được đánh giá.

Bên B có trách nhiệm hoàn trả toàn bộ số kinh phí ngân sách nhà nước đã cấp nhưng chưa sử dụng. Đối với khoản kinh phí đã sử dụng được áp dụng xử lý đối với trường hợp đề tài không hoàn thành được quy định tại Điều 16 Thông tư liên tịch số 27/2015/TTLT-BKHCN-BTC ngày 30/12/2015 của Bộ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài chính quy định khoản chi thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ sử dụng ngân sách Nhà nước.

2. Đối với đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện:

a) Trường hợp Đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện thì hai bên cùng nhau xác định khối lượng công việc Bên B đã thực hiện để làm căn cứ thanh toán số kinh phí Bên B đã sử dụng nhằm thực hiện đề tài và thu hồi số kinh phí còn lại đã cấp cho Bên B.

b) Trường hợp hai bên thỏa thuận ký Hợp đồng mới để thay thế và kết quả nghiên cứu của Hợp đồng cũ là một bộ phận cấu thành kết quả nghiên cứu của Hợp đồng mới thì số kinh phí đã cấp cho Hợp đồng cũ được tính vào kinh phí cấp cho Hợp đồng mới và được tiếp tục thực hiện với Hợp đồng mới.

3. Đối với Đề tài bị đình chỉ theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền hoặc Hợp đồng bị chấm dứt do Bên B không nộp hồ sơ để đánh giá, nghiệm thu Đề tài theo quy định pháp luật thì Bên A sẽ tiến hành thủ tục thanh lý đề tài theo quy định.

4. Đối với Đề tài không hoàn thành do lỗi của Bên A dẫn đến việc chấm dứt Hợp đồng thì Bên B không phải bồi hoàn số kinh phí đã sử dụng để thực hiện Đề tài, nhưng vẫn phải thực hiện việc quyết toán kinh phí theo quy định của pháp luật.

Điều 7. Gia hạn đề tài

Trong trường hợp Chủ nhiệm chưa hoàn thành các nội dung nghiên cứu và có đề xuất xin gia hạn thời gian thực hiện, Hợp đồng tự động gia hạn thêm tối đa 6 tháng theo quy định (đến tháng 6/2026) trên cơ sở báo cáo định kỳ tình hình thực hiện đề tài và kết luận của đơn vị chủ trì.

Điều 8. Xử lý tài sản khi chấm dứt Hợp đồng

1. Khi chấm dứt Hợp đồng, việc xử lý tài sản được mua sắm hoặc được hình thành bằng ngân sách Trường ĐHSPT, ĐHĐN cấp cho đề tài được thực hiện theo quy định pháp luật.

2. Các sản phẩm vật chất của Đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPT, ĐHĐN: nguồn thu khi các sản phẩm này được tiêu thụ trên thị trường sau khi trừ các khoản chi phí cần thiết, hợp lệ, được phân chia theo quy định pháp luật.

Điều 9. Điều khoản chung

1. Trong quá trình thực hiện Hợp đồng, nếu một trong hai bên có yêu cầu sửa đổi, bổ sung nội dung hoặc có căn cứ để chấm dứt thực hiện Hợp đồng thì phải thông báo cho bên kia ít nhất là 15 ngày làm việc trước khi tiến hành sửa đổi, bổ sung hoặc chấm dứt thực hiện Hợp đồng, xác định trách nhiệm của mỗi bên và hình thức xử lý. Các sửa đổi, bổ sung (nếu có) phải lập thành văn bản có đầy đủ chữ ký của các bên và được coi là bộ phận của Hợp đồng và là căn cứ để nghiệm thu kết quả của đề tài.

2. Khi một trong hai bên gặp phải trường hợp bất khả kháng dẫn đến việc không thể hoặc chậm thực hiện nghĩa vụ đã thỏa thuận trong Hợp đồng thì có trách nhiệm thông báo cho Bên kia trong 10 ngày làm việc kể từ ngày xảy ra sự kiện bất khả kháng. Hai bên có trách nhiệm phối hợp xác định nguyên nhân và báo cáo cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền để giải quyết theo quy định của pháp luật.

3. Hai bên cam kết thực hiện đúng các quy định của Hợp đồng và có trách nhiệm hợp tác giải quyết các vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện. Bên vi phạm các cam kết trong Hợp đồng phải chịu trách nhiệm theo quy định pháp luật.

4. Mọi tranh chấp phát sinh trong quá trình thực hiện Hợp đồng do các bên thương lượng hòa giải để giải quyết. Trường hợp không hòa giải được thì một trong hai bên có quyền đưa tranh chấp ra để giải quyết theo quy định của pháp luật.

5. Hợp đồng tự động thanh lý khi hai bên hoàn thành nghĩa vụ theo hợp đồng đã được ký kết. Trong trường hợp thanh lý đề tài (nếu có), bên B hoàn trả số tiền đã được Hội đồng thanh lý đề tài kết luận trong nội dung của Biên bản họp hội đồng thanh lý đề tài. Bên B

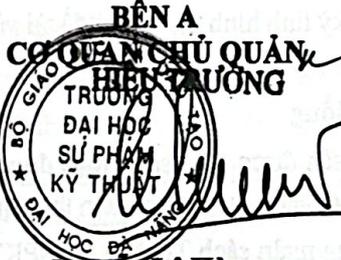


thực hiện việc hoàn trả bằng hình thức chuyển khoản vào tài khoản sau đây của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật trong thời hạn 30 ngày kể từ ngày hợp đồng thanh lý đề tài, chi tiết thông tin như sau:

- Tên tài khoản: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật.
- Số tài khoản: 56110001076650 tại Ngân hàng BIDV chi nhánh Đà Nẵng.

Điều 10. Hiệu lực của Hợp đồng

Hợp đồng này có hiệu lực từ ngày ký. Hợp đồng này được lập thành 06 bản (01 bản gốc và 05 bản chính) và có giá trị như nhau, Bên A giữ 02 bản, Bên B giữ 04 bản có giá trị pháp lý như nhau.



Nguyễn Lê Hùng

BÊN B
CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Nguyễn Hữu Phước Trang

MỤC LỤC MINH CHỨNG SẢN PHẨM CỦA ĐỀ TÀI

Họ và tên chủ nhiệm đề tài: Nguyễn Hữu Phước Trang
Mã số đề tài: T2024-06-06

STT	Tên minh chứng	Mã MC điện tử
SẢN PHẨM KHOA HỌC		
*	Bài báo đăng trên tạp chí quốc tế có tên trong danh mục WoS/Scopus	
	Bài báo số 1: Study on ultrasonic extraction conditions of crocin pigment from Gardenia jasminoides Ellis and optimization using response surface methodology, Food Engineering Progress, 2025, 20 June	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Toàn văn bài báo	
<input checked="" type="checkbox"/>	Danh mục chứng minh tạp chí được xếp hạng: <input type="checkbox"/> Web of Science: <input type="checkbox"/> SCIE <input type="checkbox"/> ESCI; <input checked="" type="checkbox"/> Scopus <input type="checkbox"/> Scimago thứ hạng: <input type="checkbox"/> Q1 <input type="checkbox"/> Q2 <input type="checkbox"/> Q3 <input checked="" type="checkbox"/> Q4 <input type="checkbox"/> Minh chứng ISBN (nếu có)	
SẢN PHẨM ỨNG DỤNG		
*	Hình ảnh: Mẫu sản phẩm chất màu chiết xuất từ quả dành dành	
	<input checked="" type="checkbox"/> Hình ảnh của sản phẩm (dung tích 100 ml) <input checked="" type="checkbox"/> Bài giảng Thí nghiệm Phụ gia thực phẩm <input checked="" type="checkbox"/> Biên bản họp đánh giá sản phẩm đề tài của Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, <input checked="" type="checkbox"/> Biên bản họp đánh giá sản phẩm đề tài của Hội đồng Khoa học Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường	



Study on ultrasonic extraction conditions of crocin pigment from *Gardenia jasminoides* Ellis and optimization using response surface methodology

Trang Nguyen Huu Phuoc*, Hong Tran Thi Kim, Linh Tran Thi Ngoc and Chi Mai Thi Phuong
Department of Chemical Engineering – Environment, University of Technology and Education, University of Da Nang, Vietnam

Abstract

Crocin is a glycosyl ester of crocetin acid and is classified as a water-soluble carotenoid. It is abundant in *Gardenia jasminoides* (Ellis GJE.) GJE is a natural ingredient widely used to impart an orange-yellow hue to traditional Vietnamese products such as cakes, jelly, and fish sauce. Crocin, a key bioactive compound in *Gardenia*, has been used in medicine for its antioxidant, anticancer, and memory-enhancing properties. In this study, we introduced an effective strategy for the extraction of crocin pigments derived from *Gardenia*. The pretreatment of *Gardenia* is crucial in the extraction process, with the most effective method involving freeze-drying *Gardenia* followed by grinding with liquid nitrogen to enhance the extraction efficiency. Second, this study focused on optimizing crocin extraction using ultrasound-assisted methods by evaluating key parameters, including ultrasonic amplitude, extraction time, material-to-solvent ratio, and solvent concentration. The crocin content reached $95.04 \pm 0.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$. Finally, the optimal ultrasound-assisted extraction conditions were determined using response surface methodology, ensuring the maximum extraction efficiency of crocin (ultrasonic amplitude (60.41%), extraction time (5.95 min), solvent concentration (41.48%), and material/solvent ratio (2.7 g/100 mL). The maximum concentration of crocin from *Gardenia* was determined to be $97.05 \pm 1.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$.

Keywords: *Gardenia jasminoides* Ellis, Crocin, Freeze-dried, Ultrasonic extraction, Response surface methodology

Introduction

Crocin, a type of water-soluble carotenoid pigment, primarily consists of monoglycosyl, diglycosyl, or triglycosyl polyene esters of crocetin (Alavizadeh & Hosseinzadeh, 2014). Crocin exhibits multiple pharmacological effects on the nervous system, including anxiolytic properties, antidepressant activity, and improvements in learning and memory (Ghadroost et al., 2011; Hosseinzadeh et al., 2012). Recent studies have also highlighted its potential in treating atherosclerosis, hyperlipidemia, and various other cardiovascular-related disorders (Liu & Qian, 2005; Xu et al., 2006).

Gardenia jasminoides Ellis has been extensively utilized as a natural colorant medicine, where it is recognized for its hemostatic,

anti-inflammatory, analgesic, and antipyretic properties. The major constituents of this fruit include crocin, which is responsible for its strong coloring properties due to its high water solubility. As a result, *gardenia* fruit is extensively utilized as a natural coloring agent in the food industry (Lee et al., 2005). Extraction serves as a crucial initial step in isolating various bioactive compounds from *Gardenia*, enabling their potential applications in different industries (Chen et al., 2009).

Ultrasound-assisted extraction (UAE) has been extensively utilized for extracting proteins, bioactive compounds, and other valuable components from various food sources. Moreover, UAE enhances the efficiency of bioactive compound extraction by promoting the disruption of plant cell wall structures through

Received: May 08, 2025 / Revised: Jun 10, 2025 / Accepted: Jun 20, 2025

Corresponding author: Trang Nguyen Huu Phuoc, Department of Chemical Engineering – Environment, University of Technology and Education, University of Da Nang, Vietnam

E-mail: nhptrang@ute.udn.vn

Copyright © 2025 Korean Society for Food Engineering.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

acoustic cavitation, thereby facilitating the release of intracellular constituents (Liu et al., 2022). According to previous studies, UAE enables the rapid extraction of bioactive compounds while operating at lower temperatures, resulting in reduced energy consumption and minimal solvent usage. As a non-thermal extraction technique, UAE is particularly effective in preserving the functionality of bioactive compounds, especially natural pigments. However, key extraction parameters, including ultrasonic amplitude, extraction time, solvent type, and liquid-to-solid ratio, must be thoroughly investigated and optimized for each specific product to achieve maximum extraction efficiency (Kumar et al., 2021).

Response Surface Methodology (RSM) is a comprehensive mathematical and statistical approach used for empirical modeling and optimization, allowing the evaluation of interactions between multiple independent variables that influence a dependent variable or response (Nguyen et al., 2020). The optimization of crocin extraction conditions using ultrasound has been widely studied, demonstrating significant advantages in enhancing extraction efficiency and yield (Nguyen et al., 2022).

In this study, raw material pretreatment was performed using convection drying, freeze-drying, coarse grinding, and liquid nitrogen grinding. Based on the obtained results, UAE conditions were applied to pretreated *Gardenia* materials to maximize crocin yield. Key extraction parameters, including extraction time, temperature, ultrasonic amplitude, and solvent-to-material ratio, were investigated and optimized. The primary objective of this study was to maximize crocin pigment extraction using UAE following various drying and grinding pretreatment techniques.

Materials and Methods

Raw materials

Gardenia fruit was collected in January 2024 from Quang Nam province, Vietnam. The fruits were first sorted and peeled. Subsequently, one portion of the material was dried using a convection dryer (CD) at 70°C for 24 h (Nguyen et al., 2022), while another portion was freeze-dried (FD) at -45°C for 24 h. Finally, the dried samples were processed using two different comminution methods: (1) coarse grinding with a grinder and (2) homogenization in liquid nitrogen (Nguyen et al., 2020).

Extraction procedures for crocin using the ultrasound-assisted method

UAE was conducted using a VC 750 ultrasonic processor (Sonics & Materials, Inc., Newtown, CT, USA) operating at a frequency of 20 kHz±50 Hz with an output power of 750 W. A 1 g portion of *Gardenia* powder was placed into the extraction vessel and mixed with an appropriate volume of extraction solvent (100 mL). Ultrasound-assisted extraction was conducted at 50% amplitude for 6 min (Nguyen et al., 2022). Following ultrasonic treatment, the extracts were subjected to vacuum filtration and subsequently centrifuged at 6,000 rpm for 15 min (Samy et al., 2017). The resulting crude extracts (CE) were then collected and stored for quantification of crocin.

Crocin determination

Crocin yield was determined by UV-Vis spectrophotometry at

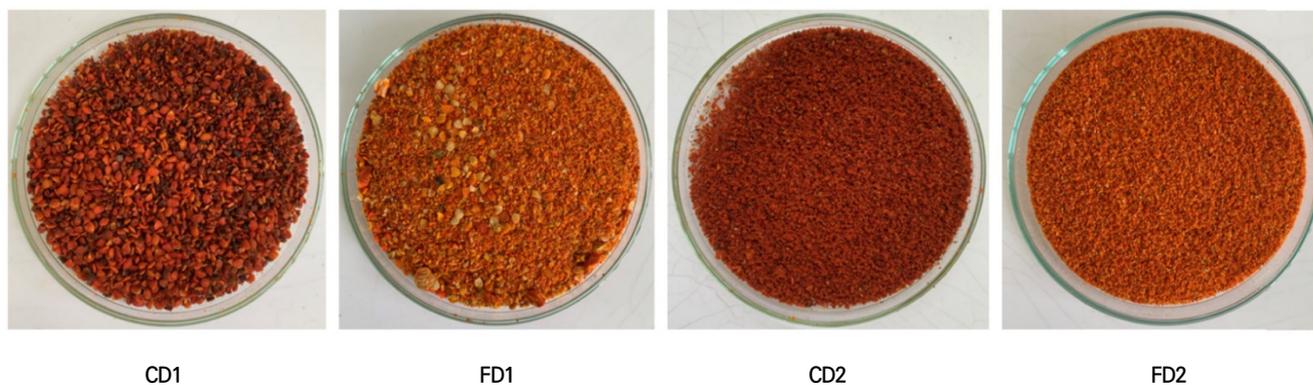


Fig. 1. Pretreatment of materials: CD1: convection drying followed by coarse grinding; FD1: freeze-drying followed by coarse grinding; CD2: convection drying followed by liquid nitrogen grinding; FD2: freeze-drying followed by liquid nitrogen grinding.

440 nm wavelength (Nguyen et al., 2022).

$$a = \frac{A \cdot M \cdot V \cdot F}{\epsilon \cdot l} \quad (1)$$

where:

a is the crocin yield;

A is the absorbance value measured at 440 nm;

F is the dilution;

M is the molar mass of crocin ($M = 977$ g/mol);

l is the optical path length of the pigment layer (1 cm);

ϵ is the molar extinction coefficient of crocin = 89.000 L / (cm · mol).

Experimental design and evaluation

After investigating the factors affecting the crocin extraction process, the pigment content was optimized using the response surface methodology (RSM). The optimization included ultrasonic amplitude (50–70%), extraction time (4–8 min), solvent concentration (20–60%), and material-to-solvent ratio (2 g/100 mL to 4 g/100 mL) in the FD2 sample.

In this study, a three-level, four-factor Box–Behnken Design (BBD) was applied to determine the optimal combination of variables for crocin extraction from FD2. A total of 54 experiments were conducted and designed, including six central points. The factors were systematically varied at high and low levels. Additionally, the medium levels of all four factors were used to assess the linear relationship between the high and low levels of the tested variables (Table 1). In this method, the measured response variable was the crocin concentration. The software Statgraphics Centurion XVI and the ANOVA procedure ($p < 0.05$) were utilized in this study.

Results and Discussion

Effect of different raw material pretreatment methods on crocin extraction yield

Pretreatment plays a crucial role in improving extraction efficiency by modifying the physical and chemical properties of solid samples. Among various pretreatment methods, freezing and drying are widely acknowledged as thermophysical techniques that can be effectively applied to solid matrices to extraction. These methods

Table 1. Levels of factors and coding in the BBD experimental design

Factor	Coding level		
	-1	0	1
Ultrasonic amplitude (%)	50	60	70
Extraction time (min)	4	6	8
Solvent concentration (%)	40	60	80
Material-to-solvent ratio (g/100 mL)	2	3	4

enhance the structural integrity of the material, thereby improving the overall yield and quality of extracted compounds (Phalla et al., 2022). This study investigated various pretreatment techniques to improve the efficiency and yield of crocin pigment extraction from *gardenia* fruit. The applied methods included convective drying and freeze-drying, followed by grinding, employing both coarse grinding and liquid nitrogen-assisted grinding. The impact of these pretreatment techniques on the yield and efficiency of crocin extraction was systematically evaluated, as illustrated in Fig. 2.

According to the Fig. 2, the results present the crocin yield in *Gardenia* fruit extracted under various pretreatment conditions. The findings demonstrate that pretreatment methods significantly affected crocin accumulation during ultrasonic extraction, emphasizing their crucial role in maximizing pigment recovery.

The quantities of crocin extracted with CD ranged from 33.55 ± 0.51 mg · g⁻¹dw to 55.33 ± 0.54 mg · g⁻¹dw, while with FD

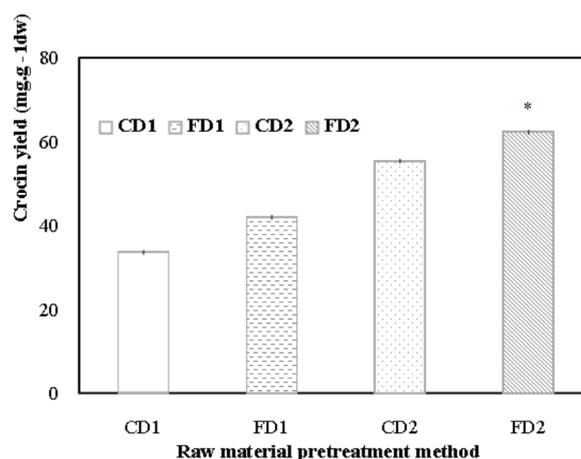


Fig. 2. Effect of different raw material pretreatment methods on crocin extraction yield: CD1: convection dryer and coarse grinding; FD1: freeze-dried and coarse grinding; CD2: convection dryer and liquid nitrogen grinding; FD2: freeze-dried and liquid nitrogen grinding. Data are expressed as the mean ± SD (n=3). Significantly different results with $p < 0.05$ are indicated by (*) for each pretreatment material.

they changed from $41.92 \pm 0.43 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$ to $62.23 \pm 0.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$. After verifying ANOVA ($p < 0.05$) showed that there is a significant difference between the pretreatment methods, the highest crocin extraction yield ($62.32 \pm 0.50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$) was obtained from the freeze-dried sample, followed by grinding with liquid nitrogen ($p < 0.05$), indicating the effectiveness of this pretreatment combination in enhancing crocin recovery.

The impact of freeze-drying on *Gardenia* fruit showed that freeze-dried samples are more extractable, particularly when ground in liquid nitrogen to reduce particle size. Freeze-dried materials have been widely utilized in numerous studies on extraction, the extraction of bioactive compounds (Kunal et al., 2015; Sun et al., 2015; Oprica et al., 2019; Krakowska-Sieprawska et al., 2022), leading to the conclusion that they can enhance the extraction process. There are significant differences between freeze-drying and conventional drying, making freeze-drying a more effective method for sample preparation. The convective drying method often exposes the product to high temperatures, causing chemical and physical alterations. This is particularly crucial for delicate plant extracts, where such changes can significantly impact the final product's quality. The primary distinctions lie in the water removal mechanism, the extent of dehydration—freeze-drying removes up to 98% of water, whereas conventional drying eliminates only 70–80% and nutrient retention, with freeze-dried products preserving substantially higher levels of vitamins and overall nutritional value compared to those dried by convective drying (Jiang et al., 2019; Oprica et al., 2019; Elshaafi et al., 2020; Krakowska-Sieprawska et al., 2022). Moreover, cryogenic grinding is an innovative technique developed to maintain the integrity of volatile and heat-sensitive compounds in various materials. By utilizing ultra-low temperatures, approximately -196°C , this process enables extreme particle size reduction, thereby enhancing extraction efficiency (Hemery et al., 2011; Balbino et al., 2019). Consequently, the pretreatment of materials plays a crucial role in influencing both the extraction efficiency and the recovery of crocin yield from *gardenia* fruit. In the following experiments, the FD2 sample was utilized to investigate the factors influencing extraction and to optimize the process in the following study.

Effect of extraction conditions on crocin yield

Extraction conditions play a crucial role in determining the yield of crocin from *gardenia* fruit. Several factors significantly impact the

crocin content. After reviewing previous studies, we surveyed the following influencing factors: concentration of solvent (ethanol: H_2O ; from 20:80 to 80:20, v:v), material/solvent ratio (from 1 g/100 mL to 5 g/100 mL), ultrasonic amplitude (from 40 to 80%), and extraction time (from 2 to 10 min) (Nguyen & Pham, 2016; Yingpeng et al., 2018). The results of each experiment are presented in Fig. 3.

According to Fig. 3, the values indicate that the highest crocin extraction yield was achieved using an ethanol-water solvent system at a volume ratio (v:v) of 40:60 ($88.04 \pm 0.45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$), with a *Gardenia* raw material ratio of 3 g/100 mL of solvent ($88.45 \pm 0.68 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$), an ultrasonic amplitude of 60% ($94.95 \pm 0.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$), and an extraction time of 6 min ($95.04 \pm 0.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{dw}$), respectively.

The structure of crocin comprises two distinct components: a hydrophilic glycosyl group and a hydrophobic polyene segment derived from crocetin acid. This unique composition allows crocin to dissolve effectively in a solvent system containing both water and alcohol. However, an excessive amount of water may hinder the solubility of the hydrophobic part, whereas an excessive amount of alcohol may reduce the solubility of the hydrophilic part (Shi et al., 2016; Nguyen et al., 2022). In addition, the extraction efficiency of crocin increases as the raw material ratio increases. However, when the mass ratio of the sample continues to rise, the contact surface area between the raw material and the solvent decreases, or the amount of solvent may become insufficient to dissolve the pigment compounds in the raw material, ultimately resulting in a decline in extraction efficiency (Nguyen et al., 2022). The ultrasonic method enhances the extraction efficiency of crocin pigment, with the highest crocin content observed at an ultrasonic amplitude of 60%. However, when the intensity is increased to 80%, the crocin content decreases. This decline is attributed to the excessive ultrasonic amplitude, which induces the breakdown and decomposition of some fused crocin pigments. Higher ultrasonic amplitude also leads to increased heat generation, further contributing to pigment degradation (Wang et al., 2012; Kutlu et al., 2022; Lipeng et al., 2023). Extraction time is influenced by factors such as the type of raw materials, the solvent used, and the ultrasonic amplitude. Generally, a longer extraction time enhances efficiency. However, beyond a certain threshold, further extending the extraction time does not improve efficiency and may alter the pigment structure or extract unwanted compounds that affect color quality. If the ultrasound duration is too short, the solvent may not sufficiently

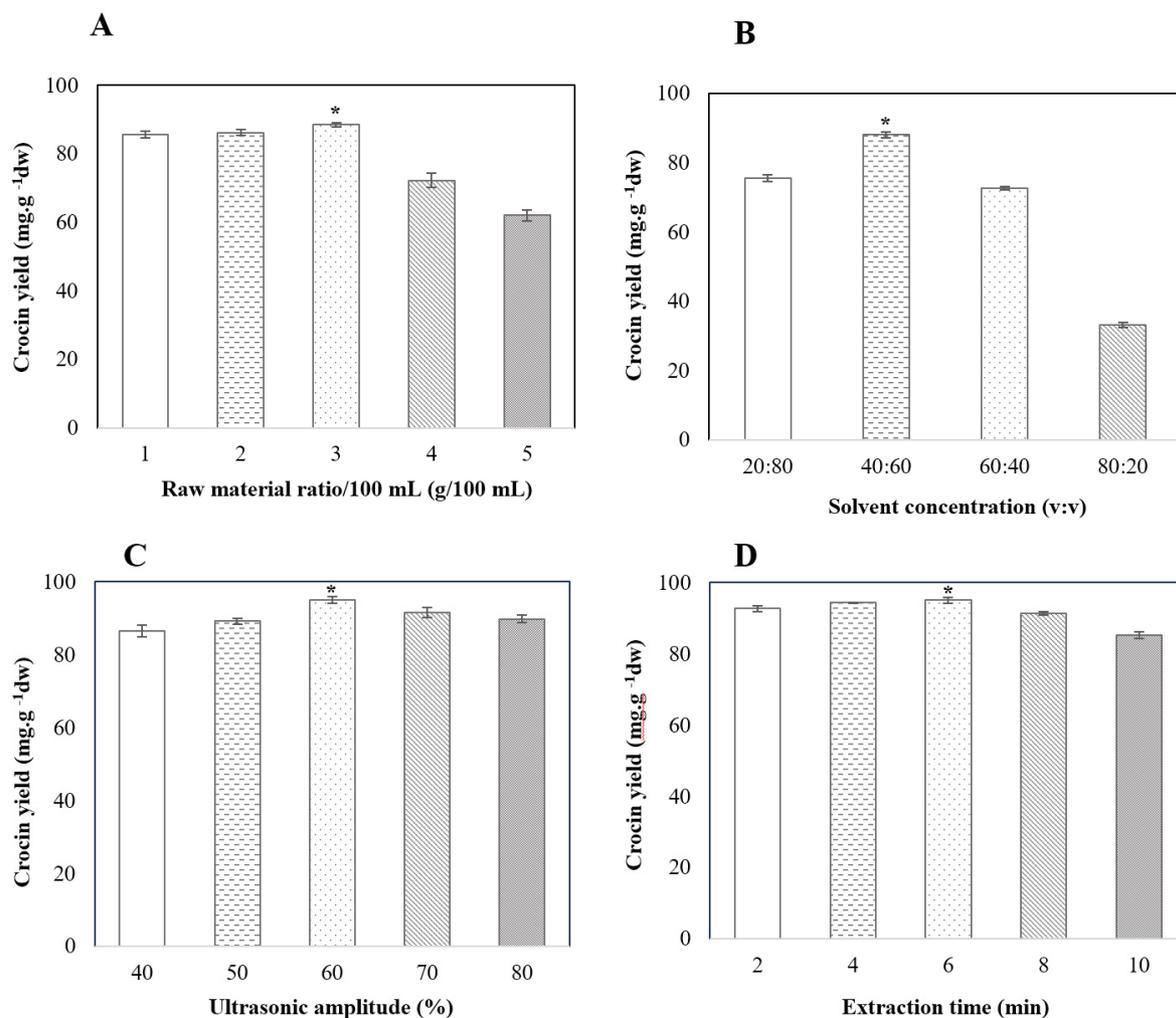


Fig. 3. Effects of extraction factors on crocin yield: A: solvent concentration; B: raw material ratio; C: ultrasonic amplitude; D: extraction time. Data are expressed as the mean±SD (n=3). Significantly different results with $p < 0.05$ are indicated by (*) for each factor.

penetrate the cells to dissolve crocin, resulting in low extraction efficiency. Conversely, if the ultrasound time is excessively prolonged, crocin may undergo oxidation, negatively impacting the extraction yield (Naczka & Shahidi, 2004; Silva et al., 2007; Xin-Sheng et al., 2012). To achieve a high crocin content, we further investigated and optimized the aforementioned factors to enhance the extraction efficiency of this pigment.

Optimization of crocin extraction using response surface methodology (RSM)

Experimental design

The experimental design levels of the independent variables used in the extraction of FD2 are presented in Table 1. The responses,

represented by crocin yield, obtained for each experiment are summarized in Table 2.

From the results in Table 2, it is evident that in experiment No. 38, the crocin content reached its highest value. This was achieved with a raw material-to-solvent ratio of 3 g/100 mL, a solvent concentration of 40%, an ultrasonic amplitude of 60%, and an ultrasound time of 6 min, yielding a maximum crocin content of 96.51 mg · g⁻¹dw. Conversely, in experiment No. 36, with a raw material-to-solvent ratio of 3 g/100 mL, a solvent concentration of 20%, an ultrasonic amplitude of 70%, and an ultrasound time of 6 min, the crocin content reached its lowest value of 54.86 mg · g⁻¹dw. At the central points, where the raw material-to-solvent ratio was 3 g/100 mL, the solvent concentration was 40%, the ultrasonic amplitude was 60%, and the ultrasound time was 6 min, the crocin content ranged from 93.70 to 96.51 mg · g⁻¹dw.

Table 2. Extraction conditions and responses for crocin contents obtained for the BBD

No.	Raw material ratio (g/100 mL)	Solvent concentration (%)	Ultrasonic amplitude (%)	Extraction time (min)	Crocin yield (mg · g ⁻¹ dw)
1	2	60	60	6	80.94
2	2	40	50	6	72.00
3	2	40	60	8	77.85
4	2	20	60	6	68.52
5	2	40	60	4	79.62
6	2	40	70	6	82.62
7	2	60	60	6	79.76
8	2	40	50	6	72.08
9	2	40	60	8	77.53
10	2	20	60	6	69.69
11	2	40	60	4	78.61
12	2	40	70	6	82.29
13	3	40	60	6	95.58
14	3	60	50	6	67.32
15	3	60	60	8	65.80
16	3	60	60	4	64.75
17	3	40	50	4	63.05
18	3	40	70	8	59.28
19	3	40	70	4	60.54
20	3	40	60	6	93.70
21	3	20	70	6	62.52
22	3	60	70	6	71.17
23	3	40	60	6	95.77
24	3	20	60	4	70.01
25	3	40	50	8	56.45
26	3	20	60	8	68.54
27	3	20	50	6	71.37
28	3	40	60	6	94.53
29	3	60	50	6	66.52
30	3	60	60	8	66.82
31	3	60	60	4	66.69
32	3	40	50	4	63.47
33	3	40	70	8	60.38
34	3	40	70	4	61.91
35	3	40	60	6	94.18
36	3	20	70	6	54.86
37	3	60	70	6	71.56
38	3	40	60	6	96.51
39	3	20	60	4	70.75
40	3	40	50	8	57.30
41	3	20	60	8	69.93
42	3	20	50	6	71.98
43	4	20	60	6	69.03
44	4	60	60	6	67.04
45	4	40	70	6	71.89
46	4	40	60	4	65.68
47	4	40	50	6	70.01
48	4	40	60	8	68.80
49	4	20	60	6	70.61
50	4	60	60	6	68.54
51	4	40	70	6	71.71
52	4	40	60	4	65.93
53	4	40	50	6	70.33
54	4	40	60	8	69.50

Response surface methodology

After obtaining the responses from each experiment (Table 2), response surface analysis was conducted within the experimental design investigated. Based on the responses and the effects of the independent variables on the estimates, the optimal conditions for crocin extraction and yield are summarized in Table 3. Three-dimensional graphs illustrating the influence of these parameters on the overall desirability of crocin concentration are presented in Fig. 4: (A) Solvent concentration/raw material ratio; (B) ultrasonic amplitude/raw material ratio; (C) Solvent concentration/extraction time. The convex shape of the graphs suggests that the optimal conditions for crocin extraction were identified with a high desirability value of 91%.

Under these optimized conditions, the highest crocin yield obtained was approximately 95.65 mg · g⁻¹dw, when the independent variables were set at 2.7 g/100 mL (raw material ratio), 5.95 min (extraction time), 60.41% (ultrasonic amplitude) and 41.48% (solvent concentration).

The extraction yield values of crocin obtained throughout the study are presented and summarized in Table 3. After optimization using RSM, the crocin extraction yield increased by 2.01 mg · g⁻¹dw compared to the yield obtained without optimization. However, the raw material ratio significantly decreased to 2.7 g/100 mL from 3 g/100 mL.

With the aid of response surface methodology, the maximum desirability (D) was determined to be 91%, suggesting that the model could predict 91% of the response variability. According to the study by Nguyen et al. (2022), the desirability for crocin yield from *Gardenia jasminoides* Ellis through soaking was determined to be 92.94% using RSM (Nguyen et al., 2022). Similarly, Sarfarazi et al. (2022) demonstrated that maximum desirability for crocin extraction from *Saffron* using UAE was calculated to be 95%. In the present study, the high desirability (D) reflects a highly reliable result, attributed to the cumulative effects of all the analyzed factors. Each parameter had a distinct influence on the obtained responses, with their interactions playing a crucial role not only in the ultrasound process but also in the extraction. These interactions were optimized to achieve the highest yield of crocin.

The results of this study are summarized and presented in Table 3. RSM further confirmed that ultrasound enhanced crocin yield from freeze-dried *Gardenia* and grinding with liquid nitrogen. The application of RSM demonstrated the feasibility and reproducibility of this process, emphasizing the necessity of conducting similar

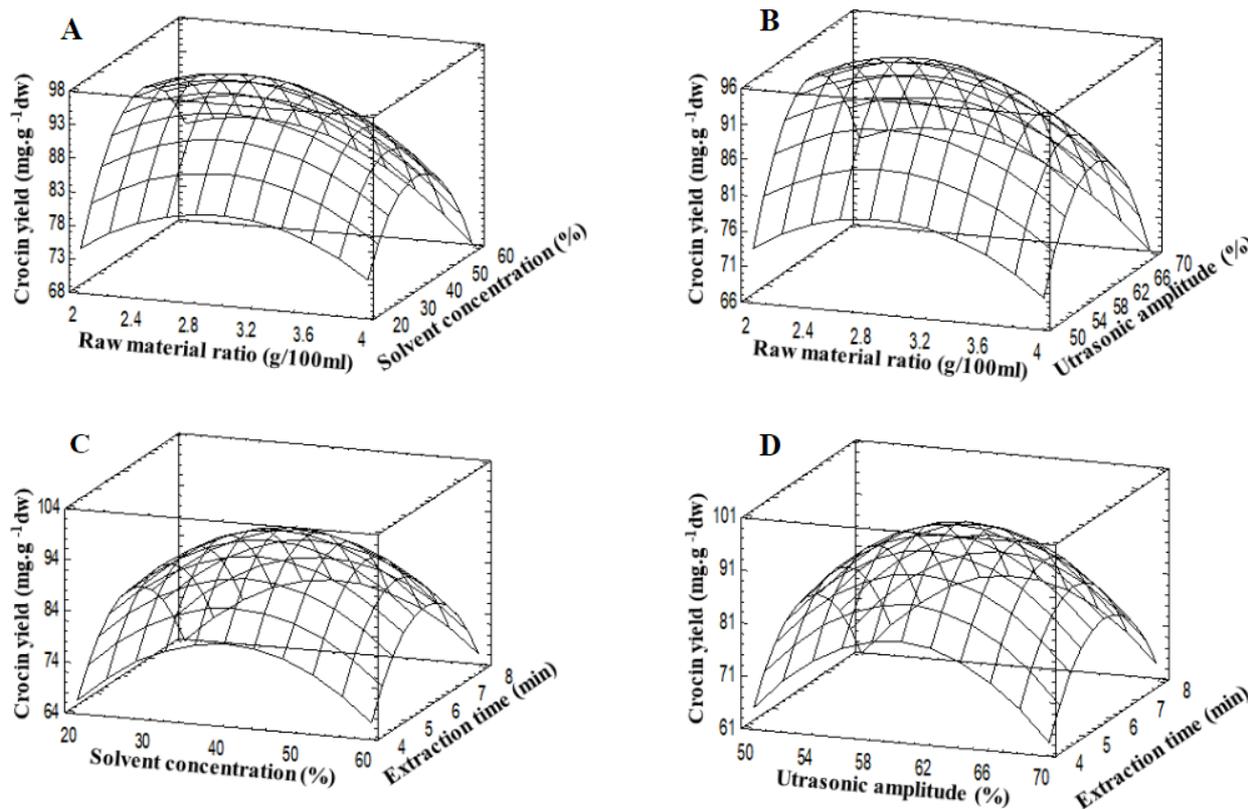


Fig. 4. Estimated response surfaces according to extraction time, solvent concentration, ultrasonic amplitude and raw material ratio parameters. A: crocin yield ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$) as a function of solvent concentration and raw material ratio. B: crocin yield ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$) as a function of ultrasonic amplitude and raw material ratio. C: crocin yield ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$) as a function of solvent concentration and extraction time. D: crocin yield ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$) as a function of ultrasonic amplitude and extraction time.

Table 3. Summary of the results for crocin extraction yield without optimization and optimization from FD2

	Without optimization	Optimization	
		Prediction values	After optimization
Raw material ratio (g/100 mL)	3	2.70	2.70
Time (min)	6	5.95	5.95
Solvent concentration (%)	40	41.48	41.48
Ultrasonic amplitude (%)	60	60.41	60.41
Crocin yield ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$)	95.04±0.81	95.65	97.05±0.63

The mean±standard deviation was obtained within five replicates.

investigations for each material studied. After optimization using RSM, the crocin extraction yield improved compared to the yield obtained without optimization, while the raw material ratio significantly decreased (2.7 g/100 mL instead of 3.0 g/100 mL). It can

contribute to reducing material costs and enhancing economic efficiency. According to the literature, crocin values for *Gardenia jasminoides* Ellis range from 10.08 to 36.97 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ (He et al., 2006; Huang et al., 2022) with reported values of 4 and 20 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ in some cases (Nguyen et al., 2022). For *saffron*, the crocin yields range from 178.06% to 270.65% (Mostapha et al., 2024). In our study, crocin yields varied from 33.55 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ to 97.05 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$, depending on the material pretreatment and extraction conditions. Therefore, this study highlights the impact of different pretreatment methods on crocin extraction and provides valuable insights into the ultrasonic extraction yields of crocin from *Gardenia jasminoides*.

Conclusion

This study highlights the effectiveness of material pretreatment and ultrasound-assisted extraction for optimizing crocin extraction from *Gardenia jasminoides*. In the initial phase, freeze-drying was identified

as the most effective pretreatment technique, while subsequent grinding with liquid nitrogen further enhanced concentration.

The application of response surface methodology enabled the identification of key factors influencing the extraction process at various levels. A strong correlation between predicted and experimental results validated the accuracy and reliability of this model in optimizing crocin production from *Gardenia*. The optimized process significantly improved crocin extraction yield, achieving the highest values previously reported for this material.

The crocin-rich extracts obtained through this method have promising applications in various human-centered industries, including medicine, cosmetics, and food production. However, further research is needed to enhance the quality of the extract through purification techniques such as chromatography or filtration. Additionally, future studies should focus on assessing the thermal stability of crocin and its bioactive compounds.

ORCID

Trang Nguyen Huu Phuoc <https://orcid.org/0000-0003-0882-6029>

Hong Tran Thi Kim <https://orcid.org/0000-0001-6500-7324>

Linh Tran Thi Ngoc <https://orcid.org/0009-0009-6533-9113>

Chi Mai Thi Phuong <https://orcid.org/0009-0003-4511-6867>

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

This research is funded by The University of Danang - University of Technology and Education under project number T2024-06-06.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Nguyen Huu Phuoc T.

Data curation: Nguyen Huu Phuoc T, Mai Thi Phuong C.

Formal analysis: Nguyen Huu Phuoc T.

Methodology: Nguyen Huu Phuoc T, Tran Thi Ngoc L.

Validation: Nguyen Huu Phuoc T, Tran Thi Kim H.

Investigation: Nguyen Huu Phuoc T.

Writing - original draft: Nguyen Huu Phuoc T.

Writing - review & editing: Nguyen Huu Phuoc T, Tran Thi Kim H,
Tran Thi Ngoc L, Mai Thi Phuong C.

Ethics approval

Not applicable.

References

- Alavizadeh SH, Hosseinzadeh H. 2013. Bioactivity assessment and toxicity of crocin: a comprehensive review. *Food Chem. Toxicol.* 64: 65-80.
- Balbino S, Dorić M, Vidaković S, Kraljić K, Škevin D, Drakula S, Voučko B, Čukelj MN, Obranic M, Curic D. 2019. Application of cryogenic grinding pretreatment to enhance extractability of bioactive molecules from pumpkin seed cake. *J. Food Process Eng.* 42: 1-12.
- Chen Y, Zhang H, Li YX, Cai L, Huang J, Zhao C, Jia L, Buchanan, R, Yang T, Jiang LJ. 2009. Crocin and geniposide profiles and radical scavenging activity of gardenia fruits (*Gardenia jasminoides* Ellis) from different cultivars and at the various stages of maturation. *Fitoterapia.* 81: 269-273.
- Elshaafi IM, Musa KH, Abdullah SN. 2020. Effect of oven and freeze drying on antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of fig (*Ficus carica* L.) leaves. *Food Res.* 4: 2114-2121.
- Ghadroost B, Abbas AV, Ali RP, Razieh H, Ahmad RB, Fareshteh M, Saeed H, Hamid RS, Sharzad P. 2011. Protective effects of saffron extract and its active constituent crocin against oxidative stress and spatial learning and memory deficits induced by chronic stress in rats. *Eur. J. Pharmacol.* 667: 222-229.
- He ML, Cheng XW, Chen JK, Zhou TS. 2006. Simultaneous determination of five major biologically active ingredients in different parts of gardenia jasminoides fruits by hplc with diode-array detection. *Chromatographia.* 64: 713-717.
- Hemery Y, Chaurand M, Holopainen U, Lampi A, Lehtinen P, Piironen V, Sadoudi A, Rouau X. 2011. Potential of dry fractionation of wheat bran for the development of food ingredients, Part I: influence of ultra-fine grinding. *J. Cereal Sci.* 53: 1-8.
- Hosseinzadeh H, Sadeghnia HR, Ghaeni F, Motamedshariaty V, Mohajeri S. 2011. Effects of saffron (*Crocus sativus* L.) and its active constituent, crocin, on recognition and spatial memory after chronic cerebral hypoperfusion in rats. *Phytother*

- Res. 26: 381-386.
- Huang H, Zhu Y, Fu X, Zou Y, Li Q, Luo Z. 2022. Integrated natural deep eutectic solvent and pulse-ultrasonication for efficient extraction of crocins from gardenia fruits (*Gardenia jasminoides* Ellis) and its bioactivities. *Food Chem.* 380: 132-216.
- Jiang GH, Lee KC, Ameer K, Eun JB. 2019. Comparison of freeze-drying and hot air-drying on Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai 'Naitaka') powder: Changes in bioaccessibility, antioxidant activity, and bioactive and volatile compounds. *J. Food Sci. Technol.* 56: 2836-2844.
- Krakowska-Sieprawska A, Kielbasa A, Rafińska K, Ligor M, Buszewski B. 2022. Modern methods of pre-treatment of plant material for the extraction of bioactive compounds. *Molecules.* 27: 1-22.
- Kumar K, Srivastava S, Sharanagat V. 2021. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: a review. *Ultrason Sonochem.* 70: 105-325.
- Kunal AG, Mallinath H, Deepak B, Pallavi SN. 2015. Lyophilization/freeze drying: a review. *World J. Pharm. Res.* 4: 516-543.
- Kutlu N, Pandiselvam R, Kamiloglu A, Saka I, Sruthi NU, Kothakota A, Socol TC, Maerescu CM. 2022. Impact of ultrasonication applications on color profile of foods. *Ultrason Sonochem.* 89: 106-109.
- Lee IA, Lee JB, Baek NI, Hyun K. 2005. Antihyperlipidemic effect of crocin isolated from the fructus of gardenia jasminoides and its metabolite crocetin. *Biol. Pharm. Bull.* 28: 2106-2110.
- Lipeng S, Shuixiu P, Mingming Z, Yufan S, Abdul Q, Liu Y, Arif R, Baoguo X, Qiufang L, Haile M, Xiaofeng R. 2023. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrason Sonochem.* 101: 1-25.
- Liu, J, Qian ZY. 2005. Effects of crocin on cholestane-3 β , 5 α , 6 β -triol-induced apoptosis and related gene expression of cultured endothelial cells. *J. China Pharm. Univ.* 36: 254-259.
- Liu Y, Zhe W, Zhang R, Peng Z, Wang Y, Gao H, Guo Z, Xiao J. 2022. Ultrasonic-assisted extraction of polyphenolic compounds from *Paederia scandens* (Lour.) Merr. Using deep eutectic solvent: optimization, identification, and comparison with traditional methods. *Ultrason Sonochem.* 86: 106005.
- Mostapha B, Yazid KK, Aicha B, Malika C, Salima D, Yassine B, Djamel K. 2024. Optimizing the aqueous extraction of crocin from saffron and modeling the kinetics of its degradation during storage and heat treatment. *Carpath. J. Food Sci. Technol.* 16: 136-149.
- Naczki M, Shahidi F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A.* 1054: 95-111.
- Nguyen HPT, Morançais M, Fleurence J, Pham TTM, Nguyen-Le CT, Mai TPC, Tran TNL, Dumay J. 2020. Optimisation of hydrolysis conditions for extraction of R-phycoerythrin from *Gracilaria gracilis* by enzyme polysaccharidase and response surface methodology. *Int. Food Res. J.* 27: 1147-1155.
- Nguyen T, Huynh NP, Ngo T, Vo M. 2022. Extraction optimization of crocin from gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) fruits using response surface methodology and quality evaluation of foam-mat dried powder. *Horticulturae.* 8: 1199-1210.
- Nguyen TTT, Pham TH. 2016. Extraction and stability assessment of crocin pigment from gardenia fruit. *Vietnam J. Agri. Sci.* 14: 1978-1985.
- Oprica L., Antohe R.G., Verdes A., Grigore M.N. 2019. Effect of freeze-drying and oven-drying methods on flavonoids content in two romanian grape varieties. *Rev. Chim.* 70: 491-494.
- Phalla C, Peany H, Sovannmony L. 2022. Effect of pretreatment on extractions of essential oil from kaffir lime (*Citrus Hysteric* DC.) Leaves. *Techno-SRJ.* 10(2): 38-42.
- Samy A, Ahmed T, Ali A, Samy H. 2017. Potential protective effect of crocin against hyperhomocysteinemia induced oxidative stress in rats. *Benha Vet. Med. J.* 33: 271-282.
- Sarfarazi M, Rajabzadeh Q, Tavakoli R, Jafari S. 2022. Ultrasound-assisted extraction of saffron bioactive compounds; separation of crocins, picrocrocin, and safranal optimized by artificial bee colony. *Ultrason Sonochem.* 86: 1010-1016.
- Shi J, Mazza G, Maguer LM. 2016. *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 368-404.
- Silva EM, Rogez H, Larondelle Y. 2007. Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Sep. Purif. Technol.* 55: 381-387.
- Sun Y, Shen Y, Liu D, Ye X. 2015. Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT-Food Sci. Technol.* 60: 1269-1275.
- Wang XS, Wu YF, Dai SL, Chen R, Shao Y. 2012. Ultrasound-assisted extraction of geniposide from *Gardenia jasminoides*. *Ultrason Sonochem.* 19: 1155-1159.
- Xu GL, Qian ZY, Yu SQ, Gong ZN, Shen X. 2006. Evidence of crocin against endothelial injury induced by hydrogen peroxide *in vitro*. *J. Asian Nat. Prod. Res.* 8: 79-85.
- Yingpeng T, Yu J, Dan G, Yongqiu Y, Shiping J, Yu L, Zahra BS, Ping W. 2018. Homogenate extraction of crocins from Saffron optimized by response surface methodology. *J. Chem.* 2018: 1-6.



Sources

Title

Find sources

Title: Food Engineering Progress x

CiteScore 2024 has been released. [View CiteScore methodology](#) > x

Filter refine list

Apply Clear filters

1 result

[Download Scopus Source List](#) [Learn more about Scopus Source List](#)

All Export to Excel Save to source list View metrics for year: 2024

Display options

Display only Open Access journals

Counts for 4-year timeframe

- No minimum selected
- Minimum citations _____
- Minimum documents _____

Citescore highest quartile

Show only titles in top 10 percent

Source title ↓	CiteScore ↓	Highest percentile ↓	Citations 2021-24 ↓	Documents 2021-24 ↓	% Cited ↓
<input type="checkbox"/> 1 Food Engineering Progress	0.7	12% 352/404 Food Science	132	179	39



^ Top of page

1st quartile

2nd quartile

3rd quartile

4th quartile

Source type 

Journals

Book Series

Conference Proceedings

Trade Publications

Apply

Clear filters

About Scopus

[What is Scopus](#)

[Content coverage](#)

[Scopus blog](#)

[Scopus API](#)

[Privacy matters](#)

Language

[日本語版を表示する](#)

[查看简体中文版本](#)

[查看繁體中文版本](#)

[Просмотр версии на русском языке](#)

Customer Service

[Help](#)

[Tutorials](#)

[Contact us](#)

ELSEVIER

[Terms and conditions](#) ↗ [Privacy policy](#) ↗ [Cookies settings](#)

All content on this site: Copyright © 2025 Elsevier B.V. ↗, its licensors, and contributors. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies. For all open access content, the relevant licensing terms apply.



Source details

Food Engineering Progress

Years currently covered by Scopus: from 2019 to 2025

Publisher: Korean Society for Food Engineering

ISSN: 1226-4768 E-ISSN: 2288-1247

Subject area: Agricultural and Biological Sciences: Food Science

Source type: Journal

[View all documents >](#)

[Set document alert](#)

[Save to source list](#)

CiteScore 2024

0.7



SJR 2024

0.156



SNIP 2024

0.223



[CiteScore](#) [CiteScore rank & trend](#) [Scopus content coverage](#)

CiteScore 2024 ▼

$$0.7 = \frac{132 \text{ Citations 2021 - 2024}}{179 \text{ Documents 2021 - 2024}}$$

Calculated on 05 May, 2025

CiteScoreTracker 2025 ⓘ

$$0.6 = \frac{88 \text{ Citations to date}}{140 \text{ Documents to date}}$$

Last updated on 05 November, 2025 • Updated monthly

[CiteScore rank 2024 ⓘ](#)

Category	Rank	Percentile
Agricultural and Biological Sciences	#352/404	12th
Food Science		

[View CiteScore methodology >](#) [CiteScore FAQ >](#) [Add CiteScore to your site !\[\]\(496de14840bbb1ea7b2c6fb9e87228f6_img.jpg\)](#)

About Scopus

[What is Scopus](#)

[Content coverage](#)

[Scopus blog](#)

[Scopus API](#)

[Privacy matters](#)

Language

[日本語版を表示する](#)

[查看简体中文版本](#)

[查看繁體中文版本](#)

[Просмотр версии на русском языке](#)

Customer Service

[Help](#)

[Tutorials](#)

[Contact us](#)

ELSEVIER

[Terms and conditions](#) ↗ [Privacy policy](#) ↗ [Cookies settings](#)

All content on this site: Copyright © 2025 Elsevier B.V. ↗, its licensors, and contributors. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies. For all open access content, the relevant licensing terms apply.

Run AI Peer Review & Novelty Check

SciSpace Agents generate a reviewer-style report, scan novelty across 30 databases, and can automate all research tasks.

Try SciSpace Agent for Free 



Food Engineering Progress

COUNTRY

South Korea

 Universities and research institutions in South Korea

 Media Ranking in South Korea

SUBJECT AREA AND CATEGORY

Agricultural and Biological Sciences
Food Science

PUBLISHER

Korean Society for Food Engineering

SJR 2024

0.156 Q4

H-INDEX

6

PUBLICATION TYPE

Journals

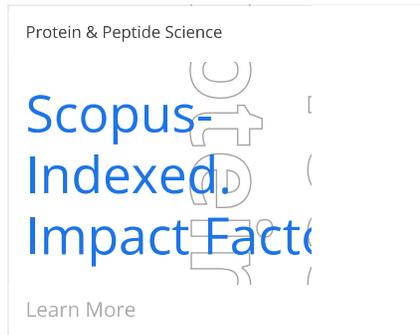
Close

ISSN

COVERAGE

INFORMATION

Ads by 



SCOPE

Food Engineering Progress is published by the Korean Society for Food Engineering (KSFE). The journal aims to publish high quality periodicals presenting the latest advance and the state-of-the-art technologies in various aspects of food engineering. The journal covers specific topics related to physics, chemistry, biochemistry, microbiology, and nutrition in all aspects of food engineering and biotechnology. Topics covered include: - Food processing and engineering - Food chemistry, biochemistry, and toxicology - Food preservation and packaging - Fermentation technology and enzyme engineering - Food microbiology and safety - Food nano-technology

 Join the conversation about this journal

Quartiles

Ads by **clickio**

Close

Discover more

[Journal Search Engine](#)

[Education](#)

[Institutional repository setup](#)

[Grant proposal writing courses](#)

[Scientific data management tools](#)

[Country Rank Data](#)

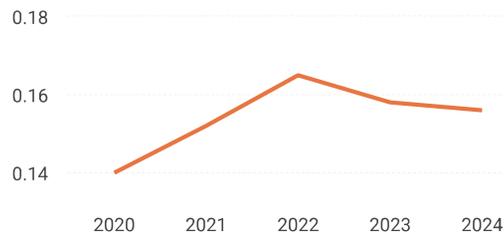
[E-Commerce](#)

[Ranking Methodology Guide](#)

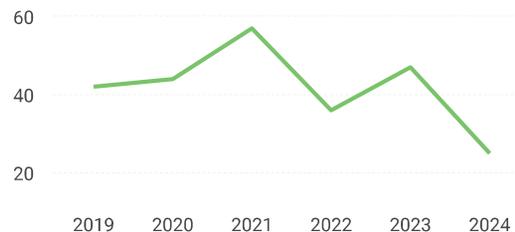
[Scopus Data Access](#)

[Journal Ranking Service](#)

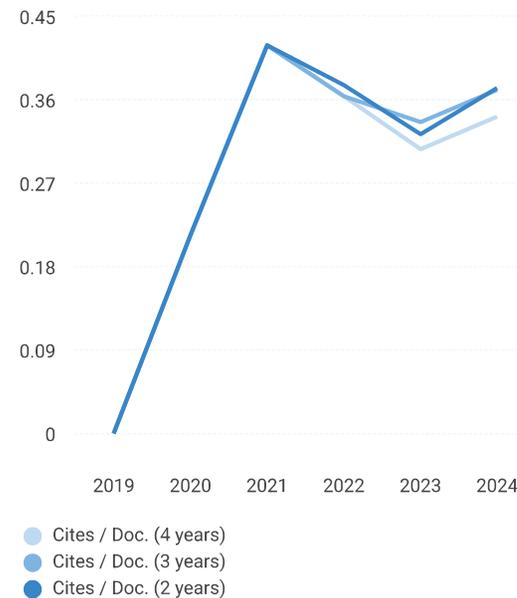
SJR



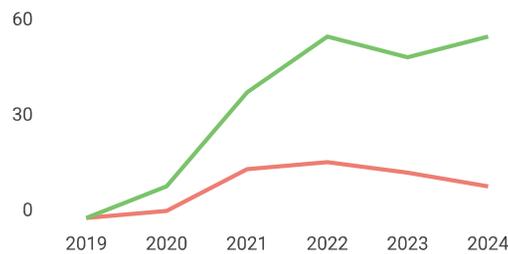
Total Documents



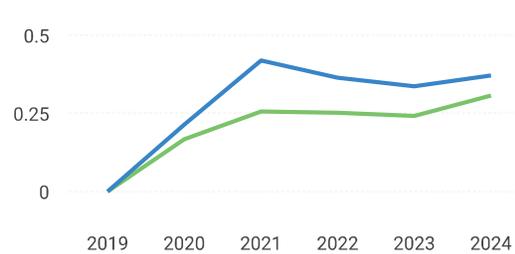
Citations per document



Total Cites Self-Cites



External Cites per Doc Cites per Doc



% International Collaboration

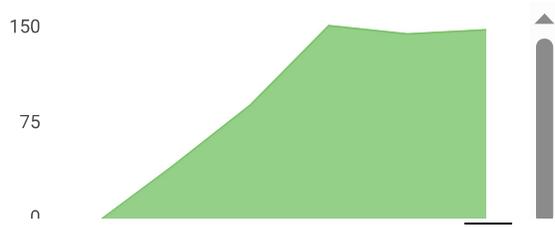
Close

Ads by **clickio**

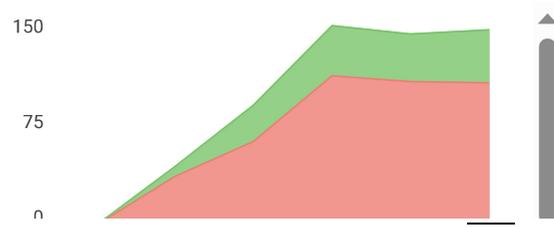
Food Engineering Progress



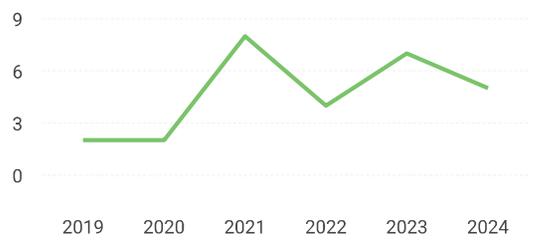
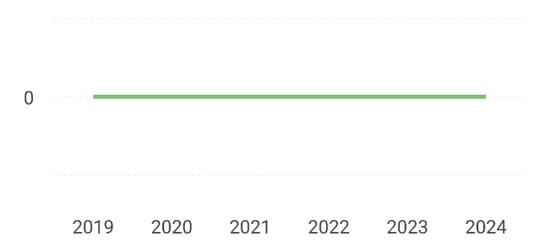
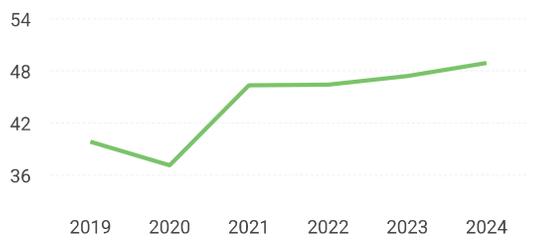
% Female Authors



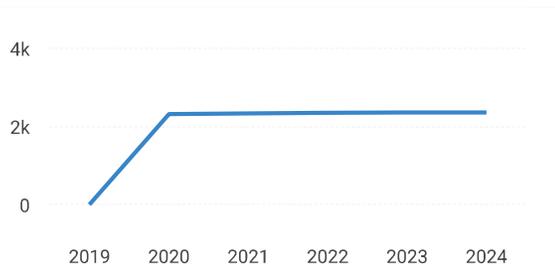
Documents cited by public policy (Overton)



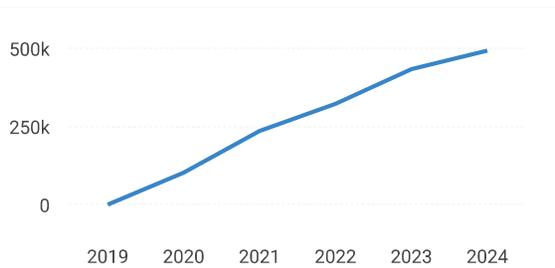
Documents related to SDGs (UN)



Estimated APC



Estimated financial value



Food Engineering Progress

Food Science

Q4

best quartile

SJR 2024

0.16

powered by scimagojr.com

← Show this widget in your own website

Just copy the code below and paste within your html code:

```
<a href="https://www.scimagojr.com" style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">https://www.scimagojr.com
```

SCImago Graphica

Explore, visually communicate and make sense of data with our **new data visualization tool**.



Close

Ads by **clickio**

Metrics based on Scopus® data as of March 2025



Loading comments...

Developed by:



Powered by:



Follow us on @ScimagoJR

Scimago Lab, Copyright 2007-2025. Data Source: Scopus®

EST MODUS IN REBUS

Horatio (Satire 1,1,106)

[Legal Notice](#)

[Privacy Policy](#)

Ads by clickio

Close

MINH CHỨNG SẢN PHẨM ỨNG DỤNG

Mẫu sản phẩm chất màu chiết xuất từ quả dành dành



Hình ảnh mẫu sản phẩm chất màu trong bình đựng dung tích 100 ml

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC - MÔI TRƯỜNG
NGÀNH: KỸ THUẬT THỰC PHẨM

Bài giảng thí nghiệm

Thí nghiệm Phụ gia thực phẩm

(Lưu hành nội bộ)

Biên soạn: ThS. Trần Thị Ngọc Linh
TS. Nguyễn Hữu Phước Trang

Đà Nẵng, 07/2025

MỤC LỤC BÀI THỰC HÀNH SỐ 4

1.1. Giới thiệu.....	1
1.2. Mục đích thí nghiệm.....	1
1.3. Chỉ tiêu khảo sát.....	1
1.4. Tiến hành.....	1
1.5. Kết quả.....	2
1.6. Câu hỏi.....	2

PHỤ GIA TẠO MÀU (BÀI THỰC HÀNH SỐ 4)

1.1. Giới thiệu:

Chất tạo màu tự nhiên có nguồn gốc từ thực vật, tảo, động vật, hoặc các sinh vật khác có thể thay đổi bởi nhiệt và pH. Màu nhân tạo được phát triển để giúp kiểm soát những thay đổi đó, để màu sắc của thực phẩm luôn ổn định trong quá trình xử lý và chế biến.

1.2. Mục đích thí nghiệm:

Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ và pH đến khả năng tạo màu của phụ gia tạo màu nhân tạo và tự nhiên.

1.3. Chỉ tiêu khảo sát:

- Sự biến đổi màu trong môi trường trung tính, pH axit và pH kiềm.
- Sự biến đổi màu ở nhiệt độ 50⁰C, 80⁰C và 100⁰C

1.4. Tiến hành:

- Nguyên liệu: Sữa tiệt trùng vinamilk, lá dứa (màu xanh), dành dành (màu vàng), củ dền (màu đỏ), bột màu xanh nhân tạo (E140), bột màu vàng nhân tạo (E110), bột màu đỏ nhân tạo (E129),

- Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của pH:

1. Hòa tan 5 g axit citric trong 245 g sữa .
2. Hòa tan 10 g muối nở trong 240 g sữa.
3. Cho 50 g dung dịch axit citric vào 4 cốc khác nhau. Ghi nhãn “acid”. Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu.
4. Cho 50 g dung dịch baking soda vào 4 cốc khác nhau. Gắn nhãn chúng là “bazo”. Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu.
5. Cho 50 g dung dịch sữa thường vào 4 cốc khác nhau. Gắn nhãn chúng là "trung tính". Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu.

6. Quan sát màu.

- Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ:

1. Chuẩn bị 4 cốc sữa, mỗi cốc chứa 20g sữa. Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu và đun ở 50⁰C

3. Chuẩn bị 4 cốc sữa, mỗi cốc chứa 20g sữa. Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu và đun ở 80°C

4. Chuẩn bị 4 cốc sữa, mỗi cốc chứa 20g sữa. Thêm vào mỗi cốc 5 giọt mỗi loại màu và đun ở 100°C

5. Quan sát màu.

1.5. Kết quả:

- Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của pH

Màu	<i>Tự nhiên</i>			<i>Nhân tạo</i>		
	<i>pH axit</i>	<i>pH trung tính</i>	<i>pH kiềm</i>	<i>pH axit</i>	<i>pH trung tính</i>	<i>pH kiềm</i>
<i>Màu đỏ</i>						
<i>Màu xanh</i>						
<i>Màu vàng</i>						

- Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ

Màu	<i>Tự nhiên</i>			<i>Nhân tạo</i>		
	<i>50°C</i>	<i>80°C</i>	<i>100°C</i>	<i>50°C</i>	<i>80°C</i>	<i>100°C</i>
<i>Màu đỏ</i>						
<i>Màu xanh</i>						
<i>Màu vàng</i>						

1.6. Câu hỏi:

1.6.1. Trình bày ưu nhược điểm của phụ gia tạo màu tự nhiên, phụ gia tạo màu nhân tạo?

1.6.2. Trình bày cơ chế tạo màu của phụ gia tạo màu?

1.6.3. Nhận xét và giải thích ảnh hưởng của pH, nhiệt độ đến sự tạo màu của phụ gia tạo màu tự nhiên và nhân tạo?

BIÊN BẢN HỌP BỘ MÔN

(V/v đánh giá sản phẩm đề tài Khoa học Công nghệ cấp Trường)

1. Thời gian và địa điểm:

- Thời gian: từ ngày 11/11/2025 đến ngày 12/11/2025
- Địa điểm: họp online

2. Thành phần tham dự:

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------|
| - TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên | Trưởng Khoa, giảng viên BM | Chủ trì |
| - TS. Ngô Thị Minh Phương | Giảng viên BM | Thư ký |
| - TS. Trần Thị Ngọc Thu | Giảng viên BM | Ủy viên |
| - ThS. Trần Thị Ngọc Linh | Giảng viên BM | Ủy viên |

Báo cáo:

TS. Nguyễn Hữu Phước Trang

Chủ nhiệm đề tài

3. Nội dung:

Đánh giá sản phẩm ứng dụng thuộc đề tài Khoa học Công nghệ cấp Trường

- 100ml chất màu tự nhiên chiết xuất từ dành dành trong đó đã được xác định hàm lượng crocin
- Ứng dụng giảng dạy học phần Thí nghiệm Phụ gia Thực phẩm, Ngành Kỹ thuật thực phẩm

Tên đề tài:

“Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành”. Mã số: T2024-06-06.

Sản phẩm ứng dụng được các giảng viên trong Bộ môn Công nghệ Thực phẩm đánh giá và có kết luận như sau:

+ Tác giả đã nghiên cứu tạo được 100ml chất màu tự nhiên từ dành dành trong đó đã được xác định hàm lượng crocin.

+ Kết quả xác định hàm lượng crocin trong dịch chiết chất màu từ dành dành được công bố ở bài báo đăng trên tạp chí Food Engineering Progress (Hàn Quốc) thuộc danh mục Scopus, Q4, với tiêu đề: “Study on ultrasonic extraction conditions of crocin pigment from Gardenia jasminoides Ellis and optimization using response surface methodology”.

<https://doi.org/10.13050/foodengprog.2025.29.3.15>

+ Ngoài ra, sản phẩm ứng dụng được ứng dụng vào bài giảng thí nghiệm môn Phụ gia thực phẩm giảng dạy tại Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Công nghệ Hóa học – Môi trường, cụ thể bài thí nghiệm số 04 - Phụ gia tạo màu.

Kết luận tổng quát của Bộ môn Công nghệ Thực phẩm: Sản phẩm ứng dụng của đề tài đạt theo yêu cầu trong thuyết minh đã đăng ký.

Cuộc họp kết thúc vào 10 giờ 30 phút ngày 12/11/2025.

Chủ trì

TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên

Thư ký hội đồng

TS. Ngô Thị Minh Phương

BIÊN BẢN

Họp xét lấy ý kiến đánh giá về sản phẩm ứng dụng của đề tài để phục vụ mục đích nghiệm thu cấp cơ sở

Vào lúc 11h00 ngày 17/11/2025 Hội đồng Khoa Công nghệ Hoá học - Môi trường họp lấy ý kiến đánh giá về sản phẩm ứng dụng của đề tài để phục vụ mục đích nghiệm thu cấp cơ sở cho đề tài "Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành". Mã số: T2024-06-06 tại Văn phòng Khoa CNHH-MT dưới sự chủ trì của TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên - Chủ tịch Hội đồng

I. Thành phần tham dự:

- TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên - Chủ tịch Hội đồng
- TS. Nguyễn Hữu Phước Trang - Ủy viên Hội đồng
- TS. Phan Chi Uyên - Ủy viên Hội đồng
- ThS. Kiều Thị Hòa - Ủy viên Hội đồng
- TS. Nguyễn Thị Đông Phương - Ủy viên Hội đồng
- TS. Ngô Thị Minh Phương - Ủy viên Hội đồng
- TS. Võ Văn Quân - Thư kí Hội đồng

Vắng mặt: 02 (TS. Nguyễn Đình Thống và TS. Phạm Châu Huỳnh)

II. Nội dung

Lấy ý kiến về sản phẩm ứng dụng thuộc đề tài Khoa học Công nghệ cấp Trường gồm:

- 100ml chất màu tự nhiên chiết xuất từ dành dành trong đó đã được xác định hàm lượng crocin;
- Ứng dụng giảng dạy học phần Thí nghiệm Phụ gia Thực phẩm, Ngành Kỹ thuật thực phẩm.

Kết quả bỏ phiếu đánh giá cụ thể như sau:

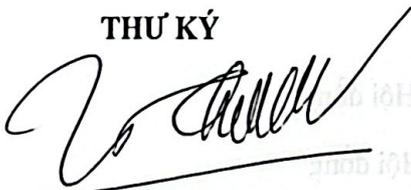
TT	Họ và tên chủ nhiệm đề tài	Tên đề tài nghiên cứu khoa học; mã số	Sản phẩm/kết quả đề tài	Bỏ phiếu	
				Đồng ý	Không đồng ý
1	TS. Nguyễn Hữu Phước Trang	Tên đề tài: Nghiên cứu chiết xuất chất màu thực phẩm tự nhiên crocin từ quả dành dành. Mã số: T2024-06-06.	- 100ml chất màu tự nhiên chiết xuất từ dành dành trong đó đã được xác định hàm lượng crocin;	7/7 (100%)	

			- Ứng dụng giảng dạy học phần Thí nghiệm Phụ gia Thực phẩm, Ngành Kỹ thuật thực phẩm.		
--	--	--	---	--	--

Căn cứ vào Biên bản đánh giá sản phẩm đề tài Khoa học Công nghệ cấp Trường của Bộ môn Công nghệ thực phẩm ngày 12/11/2025 và kết quả bỏ phiếu, Hội đồng Khoa học Khoa Công nghệ Hóa học-Môi trường kết luận: Sản phẩm ứng dụng của đề tài đạt theo yêu cầu trong thuyết minh đã đăng ký.

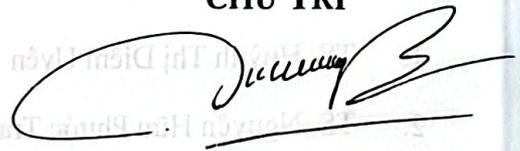
Cuộc họp kết thúc vào lúc 11h30 cùng ngày.

THƯ KÝ



TS. Võ Văn Quân

CHỦ TRÌ



TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên

TT	Họ và tên chức nhiệm đề tài	Tên đề tài nghiên cứu khoa học; mã số	Sản phẩm/kết quả đề tài	Bảng ý đồng ý	Bỏ phiếu không đồng ý
1	TS. Huỳnh Thị Diễm Uyên	Tên đề tài: Nghiên cứu chất xúc tác mới để phản ứng khử nitơ trong nước thải công nghiệp	- 100ml chất mẫu tự nhiên chiết xuất từ đánh trong đó đã được xác định hàm lượng nitơ	77 (100%)	