

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

ĐẶNG THỊ YẾN

VI BAO VITAMIN C VÀ HỢP CHẤT PHENOLIC
CÓ TRONG DỊCH CHIẾT TRÁI SỜ RI
(*Malpighia emarginata* DC.)

Chuyên ngành: Công nghệ Thực phẩm
Mã số: 9.54.01.01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Thành phố Hồ Chí Minh, 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

ĐẶNG THỊ YẾN

**VI BAO VITAMIN C VÀ HỢP CHẤT PHENOLIC
CÓ TRONG DỊCH CHIẾT TRÁI SỜ RI
(*Malpighia emarginata* DC.)**

Chuyên ngành: Công nghệ Thực phẩm
Mã số: 9.54.01.01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. KHA CHẤN TUYỀN
TS. DƯƠNG THỊ NGỌC DIỆP

Thành phố Hồ Chí Minh, 2025

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan mọi kết quả của đề tài “**Vi bao vitamin C và hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri (*Malpighia emarginata* DC.)**” là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong luận án là trung thực, không sao chép từ bất kỳ một nguồn nào và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác cho tới thời điểm này.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 10 tháng 02 năm 2025

Nghiên cứu sinh

Đặng Thị Yến

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện đề tài **“Vi bao vitamin C và hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri (*Malpighia emarginata* DC.)”**, tôi đã nhận được rất nhiều sự hỗ trợ từ tập thể lãnh đạo, các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, chuyên viên khoa Công nghệ hóa học và thực phẩm – trường đại học Nông Lâm TP.HCM; tập thể ban Giám hiệu, ban Chủ nhiệm khoa Công nghệ thực phẩm – trường đại học Công Thương TP.HCM; tập thể ban Giám hiệu, phòng Sau đại học, cán bộ các phòng, ban chức năng trường đại học Nông Lâm TP.HCM. Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành về sự hỗ trợ này.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS. TS. Kha Chấn Tuyên và TS. Dương Thị Ngọc Diệp đã trực tiếp hướng dẫn và hỗ trợ tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin chân thành cảm ơn KS. Trần Hiếu và toàn thể cán bộ cùng thành viên phòng thí nghiệm Phát triển sản phẩm trường đại học Nông Lâm TP.HCM đã giúp đỡ tôi trong quá trình triển khai và thực hiện luận án này.

Tôi xin chân thành cảm ơn gia đình, bạn bè, đồng nghiệp của tôi đang công tác trường đại học Nông Lâm TP.HCM và trường đại học Công Thương TP.HCM đã động viên, khích lệ, tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án này.

Nghiên cứu sinh

Đặng Thị Yến

TÓM TẮT

Đề tài: Vi bao vitamin C và hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri (*Malpighia emarginata* DC.)

Tác giả: Đặng Thị Yến

Chuyên ngành: Công nghệ thực phẩm

Mã số: 9.54.01.01

Nghiên cứu được thực hiện với mục tiêu nhằm (1) xác định quy trình phù hợp để làm giàu vitamin C và các hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông, (2) xác định điều kiện thích hợp để điều chế nhũ tương nước trong dầu (W/O) và nước trong dầu trong nước (W/O/W) từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc bằng phương pháp nhũ hóa tự phát, (3) tối ưu hóa điều kiện vi bao nhũ tương dịch sơ ri bằng phương pháp sấy phun, (4) dự đoán khả năng giải phóng vitamin C, các hợp chất phenolic (TPC), các hợp chất flavonoid (TFC) và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao thông qua một số mô hình động học giải phóng trong mô trường mô phỏng thực phẩm, (5) xác định sự ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản và độ ẩm không khí đến hàm lượng vitamin C, TPC, TFC và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao.

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình cô đặc lạnh đông được tiến hành trong 3 giai đoạn với thời gian đông lạnh lần lượt 24 giờ, 36 giờ và 60 giờ tương ứng từng giai đoạn là thích hợp nhất để cô đặc dịch chiết từ trái sơ ri tươi. Nhũ tương W/O được tạo từ 40% (v/v) dịch sơ ri cô đặc và 60% (v/v) pha dầu (gồm dầu dưỡng hương và 10% (v/v) Polyglycerol polyricinolate). Nhũ tương W/O/W được tạo thành sử dụng 25% Tween 80, 21% nhũ tương W/O và khuấy ở tốc độ 700 vòng/phút trong 15 phút. Nhũ tương được hình thành có kích thước giọt $0,35 \pm 0,01 \mu\text{m}$ với chỉ số đa phân tán là $0,33 \pm 0,04$. Hàm lượng TPC, TFC, vitamin C lần lượt là $5,65 \pm 0,05 \text{ mgGAE/g}$, $8,27 \pm 0,25 \text{ mgQE/100g}$ và $9,17 \pm 0,07 \text{ mgAAE/g}$. Khả năng chống oxy hóa xác định bằng phương pháp bắt gốc tự do DPPH là $62,78\% \pm 0,33$. Hình thái giọt nhũ tương thu được bằng kính hiển vi rõ ràng là ở pha kép với hình dạng hình cầu không có sự kết tụ.

Nhũ tương dịch sơ ri dạng W/O/W được phối trộn theo tỉ lệ 1:1,5 (w/w) với dung dịch vỏ bao có nồng độ 30% gồm maltodextrin và gum arabic (phối trộn theo tỉ

lệ 2:1, w/w) được sấy phun thành công ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra tối ưu là 157°C và 91°C. Hiệu suất thu hồi bột và hiệu suất vi bao TPC, TFC, vitamin C lần lượt là 91,15%, 61,44%, 37,42% và 27,19%. Bột vi bao có độ ẩm là 3,02% và ổn định hơn khi được bảo quản ở 10°C. Độ ẩm tương đối phù hợp để bảo quản bột lâu dài là dưới 40% để bột đạt độ ẩm cân bằng dưới giá trị M_o là 4,01% theo dự đoán của mô hình BET.

Các hợp chất có hoạt tính sinh học trong bột sơ ri vi bao có khả năng giải phóng tốt trong các dung môi mô phỏng môi trường thực phẩm ưa nước và có xu hướng giải phóng mạnh mẽ trong 10 phút đầu tiên. Cơ chế giải phóng của bột vi bao được dự đoán theo mô hình Korsmeyer–Peppas và khuếch tán theo định luật Fick.

Tóm lại, công nghệ vi bao vitamin C và các hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri tươi thể hiện tiềm năng ứng dụng và ý nghĩa thực tiễn cao. Hàm lượng polyphenol và vitamin C cùng với hoạt tính chống oxy hóa cao của bột vi bao phù hợp để sử dụng như một chất bổ sung dinh dưỡng.

Từ khóa: cô đặc, hợp chất có hoạt tính sinh học, nhũ hóa, sấy phun, sơ ri.

ABSTRACT

Project title: Encapsulation of vitamin C and phenolic compounds in acerola fruit extract (*Malpighia emarginata* DC)

Ph.D. candidate: Dang Thi Yen

Major: Food Technology

Major code: 9.54.01.01

The research was carried out with the objectives of (1) determining a suitable process to enrich vitamin C and phenolic compounds in acerola fruit extract using the freeze-concentration method, (2) identifying the conditions suitable for preparing water-in-oil (W/O) and water-in-oil-in-water (W/O/W) emulsions from concentrated acerola fruit extract by spontaneous emulsification method, (3) optimizing the conditions for microencapsulation of acerola extract by spray drying method, (4) predicting the ability to release vitamin C, phenolic compounds (TPC), flavonoid compounds (TFC) and the ability to scavenge DPPH free radicals of microencapsulated acerola extract powder through various release kinetic models in a food simulation environment, (5) determining the influence of storage temperature and air humidity on the content of vitamin C, TPC, TFC and DPPH free radical scavenging ability of microencapsulated acerola extract powder.

Research findings indicate that a three-stage freeze-concentration process, with freezing times of 24, 36, and 60h, respectively, was suitable for concentrating fresh acerola fruit extracts. The W/O emulsion was prepared using 40% (v/v) concentrated juice and a 60% (v/v) oil phase (comprising sunflower oil and 10% (v/v) Polyglycerol polyricinolate). Subsequently, the W/O/W emulsion was formed by stirring 25% Tween 80 and 21% W/O emulsion at 700 rpm for 15 min. The resulting emulsion exhibited droplets with a size of $0.35 \pm 0.01 \mu\text{m}$ and a polydispersity index of 0.33 ± 0.04 . Notably, the TPC, TFC, and vitamin C content were measured at $5.65 \pm 0.05 \text{ mgGAE/g}$, $8.27 \pm 0.25 \text{ mgQE/100g}$, and $9.17 \pm 0.07 \text{ mgAAE/g}$, respectively. Furthermore, the antioxidant capacity, determined using the DPPH free radical scavenging method, was reported as $62.78\% \pm 0.33$. Microscopic examination

revealed that the emulsion droplets exhibited a clear dual-phase morphology, appearing spherical without aggregation.

The W/O/W emulsion containing acerola extract was homogenized with a 30% wall stock solution composed of maltodextrin and gum Arabic (in a 2:1 w/w ratio) at a ratio of 1:1.5 (w/w). This emulsion was successfully spray-dried under optimized inlet and outlet temperatures of 157°C and 91°C, respectively. The resulting encapsulated powder exhibited favorable characteristics. The powder recovery efficiency for TPC, TFC, and vitamin C was 91.15%, 61.44%, and 37.42%, respectively. Notably, the encapsulated powder maintained a low moisture content of 3.02%. Storage stability studies revealed that storage at 10°C was preferable. For long-term storage, maintaining relative humidity below 40% is recommended to ensure an equilibrium moisture content below the critical moisture value (M_o) of 4.01%, as predicted by the Brunauer-Emmett-Teller model.

The bioactive compounds in microencapsulated acerola powder exhibited good release properties in solvents that simulate hydrophilic food environments, with a strong release tendency in the first 10 min. The release mechanism of microencapsulated powder was predicted by the Korsmeyer–Peppas model and followed diffusion according to Fick's law.

In summary, the microencapsulation of vitamin C and phenolic compounds in fresh acerola fruit extract demonstrates high application potential and practical significance. The high quality of the microencapsulated powder, with its significant polyphenol and vitamin C content and retained antioxidant activity, makes it suitable for use as a nutritional supplement.

Key words: acerola, bioactive compounds, freeze concentration, emulsion, encapsulation, spray drying.

DANH MỤC CÔNG BỐ KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ

1. **Đặng Thị Yến**, Trần Hiếu, Dương Thị Ngọc Diệp, Kha Chấn Tuyền (2024). Nghiên cứu tính ổn định và hoạt tính chống oxy hoá của dịch ép sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông và nhũ tương. *Tạp chí Khoa Học Đại học Công Thương*. <http://huitjournal.vn/journal/journal/single/3717>
2. **Yen T. Dang**, Hieu Chan, Tuyen Chan Kha (2024). Effect of W/O/W emulsion on the spray drying of bioactive compounds from concentrated acerola juice. Presented at *The First Vietnam International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products (MPNP2024)*.
3. **Yen T. Dang**, Hieu Tran, Tuyen C. Kha (2024). Stability and Antioxidant Properties of Freeze-concentrated Acerola Juice in Water-in-oil-in-water Emulsion. *Applied Food Research*, 4(2), 100621. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100621> **Q1**.
4. **Yen T. Dang**, Hieu Tran, Tuyen C. Kha (2024). The Effects of Spray Drying Conditions on the Physicochemical Properties of Encapsulated Powder Prepared by Water-in-oil-in-water Acerola Emulsion. *Journal of Food and Nutrition Research*, 63(4), 323-335. <https://www.vup.sk/en/index.php?mainID=2&navID=34&version=2&volume=0&article=2370>. **Q3**
5. **Dang, Y. T.**; Tran, H.; Kha, T. C. (2024). Encapsulation of W/O/W Acerola Emulsion by Spray Drying: Optimization, Release Kinetics, and Storage Stability. *Foods*, 13(10), 1463. <https://doi.org/10.3390/foods13101463>. **Q1**.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
TÓM TẮT	iii
DANH MỤC CÔNG BỐ KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ	vii
MỤC LỤC	viii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	xii
DANH MỤC CÁC BẢNG	xiii
DANH MỤC CÁC HÌNH	xv
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	4
1.1 Tổng quan về sơ ri.....	4
1.1.1 Tình hình phân bố sơ ri ở Việt Nam và thế giới	4
1.1.2 Tình hình chế biến và xuất khẩu sơ ri	5
1.2 Các hợp chất có hoạt tính sinh học	6
1.2.1 Một số hợp chất có hoạt tính sinh học trong sơ ri.....	6
1.2.2 Tác động của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri đối với cơ thể người	9
1.2.3 Nhận xét chung	11
1.3 Một số phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học	11
1.3.1 Cô đặc lạnh đông.....	13
1.3.2 Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cô đặc lạnh đông	14
1.4 Vi bao	15
1.4.1 Vi bao bằng phương pháp nhũ hóa	17
1.4.2 Vi bao bằng phương pháp sấy phun.....	23
1.4.3 Nhận xét chung	29
1.5 Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ hạt vi bao	30
1.5.1 Cơ chế giải phóng	31
1.5.2 Các yếu tố ảnh hưởng.....	32
1.6 Tiểu kết.....	33

CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	34
2.1 Thời gian và địa điểm thực hiện nghiên cứu.....	34
2.2 Nguyên liệu và hóa chất sử dụng trong nghiên cứu.....	34
2.2.1 Nguyên liệu	34
2.2.2 Hóa chất	34
2.2.3 Thiết bị	35
2.3 Quy trình công nghệ.....	36
2.3.1 Sơ đồ tổng quát bố trí thí nghiệm.....	36
2.3.2 Thuyết minh quy trình.....	36
2.4 Bố trí thí nghiệm	38
2.4.1 Đánh giá một số chỉ tiêu hoá lý của sơ ri tươi	38
2.4.2 Xử lý dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông	38
2.4.3 Nhũ hoá các hợp chất sinh học từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc bằng phương pháp nhũ hóa tự phát.....	39
2.4.4 Vi bao dịch chiết sơ ri bằng phương pháp sấy phun.....	43
2.5 Các phương pháp phân tích.....	46
2.5.1 Định lượng tổng hàm lượng chất rắn hoà tan (TSS, °Brix)	46
2.5.2 Đo pH	47
2.5.3 Đo độ ẩm	47
2.5.4 Xử lý tách pha nhũ tương.....	47
2.5.5 Định lượng vitamin C	47
2.5.6 Định lượng các hợp chất phenolic tổng	47
2.5.7 Định lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ.....	47
2.5.8 Định lượng flavonoid tổng.....	48
2.5.9 Hệ số cô đặc	48
2.5.10 Hình thái hạt nhũ tương	48
2.5.11 Đo độ nhớt của nhũ tương.....	48
2.5.12 Đo kích thước và chỉ số đa phân tán kích thước hạt nhũ tương.....	48
2.5.13 Xác định hoạt tính chống oxy hoá bằng phương pháp đánh DPPH	48
2.5.14 Hiệu suất vi bao.....	48

2.5.15 Hiệu suất thu hồi	49
2.5.16 Hình thái hạt.....	49
2.5.17 Tỷ trọng bột.....	49
2.5.18 Động học giải phóng	49
2.5.19 Đẳng nhiệt hấp phụ	49
2.5.20 Nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction, XRD).....	50
2.5.21 Năng lượng hoạt hóa	50
2.6 Phương pháp xử lý số liệu.....	50
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	51
3.1 Đánh giá một số chỉ tiêu hóa lý của dịch chiết trái sơ ri.....	51
3.2 Xử lý dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông	52
3.2.1 Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri	52
3.2.2 Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri.....	54
3.3 Nhũ hóa các hợp chất có hoạt tính sinh học từ dịch sơ ri cô đặc.....	58
3.3.1 Ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR lên các đặc tính lý hoá của hệ nhũ tương W/O	58
3.3.2 Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O ..	62
3.3.3 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O	65
3.3.4 Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc	67
3.3.5 Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc	70
3.3.6 Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc	73
3.3.7 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc	76
3.4 Vi bao bằng phương pháp sấy phun.....	79
3.4.1 Ảnh hưởng của vật liệu lõi lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun.....	79

3.4.2 Ảnh hưởng của thành phần vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun.....	82
3.4.3 Ảnh hưởng của tỉ lệ vật liệu lõi và vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun	85
3.4.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu vào lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun	88
3.4.5 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu ra lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun	90
3.4.6 Tối ưu hóa nhiệt độ đầu vào và nhiệt độ đầu ra trong quá trình sấy phun nhũ tương sơ ri	93
3.4.7 Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột sấy phun.....	103
3.4.8 Đánh giá độ ổn định của sản phẩm bột ở các nhiệt độ bảo quản khác nhau..	106
3.4.9 Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri vi bao	112
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	117
TÀI LIỆU THAM KHẢO	119
PHỤ LỤC.....	132
Phụ lục 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu	132
Phụ lục 2. Kết quả xử lý thống kê: Cô đặc dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông	136
Phụ lục 3. Kết quả xử lý thống kê: Nhũ hóa các hợp chất sinh học từ dịch sơ ri cô đặc	152
Phụ lục 4. Kết quả xử lý thống kê: Vi bao bằng phương pháp sấy phun.....	175

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu, chữ viết tắt	Nghĩa tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
AAE	Ascorbic acid equivalent	Đương lượng axit ascorbic
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
EPI	Emulsion phase inversion	Phương pháp điểm đảo pha
FC	Freeze concentration	Cô đặc lạnh đông
GA	Gum arabic	Gum arabic
GAE	Gallic acid equivalent	Đương lượng axit gallic
HLB	Hypophilic-lipophilic balance	Cân bằng tính ưa nước-ưa dầu
MD	Maltodextrin	Maltodextrin
MF	Microfiltration	Vi lọc
NF	Nanofiltration	Lọc nano
O/W	Oil in water	Dầu trong nước
O/W/O	Oil in water in oil	Dầu trong nước trong dầu
PG	Propylene glycol	Propylene glycol
PGPR	Polyglycerol polyricinolate	Polyglycerol polyricinolate
PI	Polydispersity index	Chỉ số đa phân tán
PIT	Phase inversion temperature	Phương pháp nhiệt độ đảo pha
PUFA	Poly-unsaturated fatty acid	Axit béo không bão hòa nhiều nối đôi
QE	Quercetin equivalent	Đương lượng quercetin
TPC	Total polyphenolic content	Tổng hàm lượng các hợp chất phenolic
TFC	Total flavonoid content	Tổng hàm lượng các hợp chất flavonoid
TSS	Total soluble solids	Tổng hàm lượng chất rắn hòa tan
UF	Ultrafiltration	Siêu lọc
VC	Vacuum concentration	Cô đặc chân không
W/O	Water in oil	Nước trong dầu
W/O/W	Water in oil in water	Nước trong dầu trong nước

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1 Một số hợp chất phenolic chính có trong sơ ri.....	6
Bảng 1.2 Một số ưu và nhược điểm của một số phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học	12
Bảng 2.1 Hoá chất sử dụng trong nghiên cứu	35
Bảng 2.2 Thiết bị sử dụng chính trong nghiên cứu	35
Bảng 2.3 Tỷ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỷ lệ phối trộn tween 80 và PG	41
Bảng 2.4 Tỷ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỷ lệ phần trăm chất nhũ hóa	41
Bảng 2.5 Tỷ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỷ lệ phần trăm nhũ W/O	42
Bảng 2.6 Bố trí thí nghiệm tối ưu hóa nhiệt độ sấy đầu vào (X_1) và đầu ra (X_2).....	45
Bảng 3.1 Một số chỉ tiêu hóa lý của sơ ri tươi.....	51
Bảng 3.2 Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên TSS, nồng độ TPC, TFC và vitamin C trong dịch sơ ri	52
Bảng 3.3 Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh đến TSS ($^{\circ}$ Brix) của dịch cô đặc qua các giai đoạn cô đặc 1, 2 và 3	55
Bảng 3.4 Ảnh hưởng của tỷ lệ PGPR trong pha dầu (v/v) lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O	59
Bảng 3.5 Ảnh hưởng của tỷ lệ dịch cô đặc (% , v/v) lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O	63
Bảng 3.6 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O.....	65
Bảng 3.7 Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W	67

Bảng 3.8 Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W	70
Bảng 3.9 Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W ..	74
Bảng 3.10 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W	76
Bảng 3.11 Độ ẩm và tỷ trọng bột khi sử dụng lõi là dịch sơ ri cô đặc và nhũ tương	79
Bảng 3.12 Độ ẩm và tỷ trọng của bột khi sử dụng 5 loại vỏ bao khác nhau.....	83
Bảng 3.13 Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các tỉ lệ phối trộn lõi và vỏ bao khác nhau	86
Bảng 3.14 Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các nhiệt độ sấy phun đầu vào khác nhau	88
Bảng 3.15 Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các nhiệt độ sấy phun đầu ra khác nhau	91
Bảng 3.16 Tỷ trọng của bột dưới ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào và đầu ra.....	93
Bảng 3.17 Kết quả khảo sát thực tế (TT) và dự đoán (DD) của hiệu suất THB (%), hiệu suất vi bao TPC (%), TFC (%) và vitamin C (%) có trong bột sơ ri vi bao từ mô hình RSM CCD	94
Bảng 3.18 Các hệ số hồi quy bậc hai được mã hóa cho độ ẩm (%), hiệu suất thu hồi bột (% THB) và hiệu suất vi bao TPC (%), TFC (%) và vitamin C (%) của bột sơ ri vi bao	96
Bảng 3.19 Thăm tra mô hình CCD đối với bột sấy ở 157 °C đầu vào và 91 °C đầu ra.....	100
Bảng 3.20 Hàm lượng một số hợp chất có hoạt tính sinh học có trong bột sơ ri vi bao sấy ở điều kiện nhiệt độ tối ưu	100
Bảng 3.21 Động học và cơ chế giải phóng Vitamin C, TPC, TFC và DPPH ở các điều kiện khác nhau.....	105
Bảng 3.22 Các thông số mô hình động học của TPC, TFC và vitamin C trong bột sơ ri.....	112

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1 Trái sơ ri ở ba giai đoạn: a) chưa trưởng thành, b) trưởng thành, c) chín...	4
Hình 2.1 Quy trình vi bao dịch chiết trái sơ ri.....	36
Hình 2.2 Sơ đồ quy trình cô đặc lạnh đông.....	37
Hình 3.1 Hệ số cô đặc chất rắn hòa tan và các hợp chất có hoạt tính sinh học qua từng giai đoạn	53
Hình 3.2 Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên diễn tiến nhiệt độ của dịch cô đặc qua từng giai đoạn	55
Hình 3.3 Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri qua giai đoạn cô đặc: a) Giai đoạn 1, b) Giai đoạn 2, c) Giai đoạn 3	56
Hình 3.4 Ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR trong pha dầu lên các chỉ số TPC, TFC, vitamin C của nhũ tương W/O.....	60
Hình 3.5 Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc lên TPC, TFC và vitamin C trong nhũ W/O	63
Hình 3.6 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C có trong nhũ tương W/O	65
Hình 3.7 Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên TPC, TFC và hàm lượng vitamin C có trong nhũ tương W/O/W	68
Hình 3.8 Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C của nhũ tương W/O/W	71
Hình 3.9 Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O (v/v) lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C của nhũ tương W/O/W	75
Hình 3.10 Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng vitamin C có trong nhũ tương W/O/W	77
Hình 3.11 Ảnh hưởng của loại vật liệu lõi lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột.....	80
Hình 3.12 Hình thái hạt bột dưới độ phóng đại 100x với lõi a. Bột có lõi là dịch sơ ri cô đặc, b. Bột có lõi là nhũ tương sơ ri	81

Hình 3.13 Ảnh hưởng của thành phần vỏ bao lên hiệu quả thu hồi bột và hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C có trong bột	83
Hình 3.14 Hình thái hạt bột có thành phần vỏ là 2MD:1GA dưới độ phóng đại 100x	85
Hình 3.15 Ảnh hưởng của tỉ lệ lõi:vỏ bao lên hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C có trong bột	87
Hình 3.16 Hình thái hạt bột có tỉ lệ phối trộn 1:1,5 dưới độ phóng đại 250x	87
Hình 3.17 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột	89
Hình 3.18 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu ra lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột.....	92
Hình 3.19 Mô hình bề mặt đáp ứng 3D với đồ thị đường viền 2D của phần trăm ẩm, hiệu suất THB, thu hồi TPC, TFC và vitamin C chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ đầu vào và đầu ra	97
Hình 3.20 Mô hình dự đoán độ ẩm, hiệu suất THB, vi bao TPC, TFC và vitamin C của bột sơ ri vi bao dưới ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào và đầu ra.....	98
Hình 3.21 Hình thái hạt bột sấy ở điều kiện nhiệt độ đầu vào và đầu ra tối ưu ở các độ phóng đại khác nhau.....	101
Hình 3.22 Biểu đồ phân tích XRD của các mẫu MD, GA, bột sơ ri vi bao (từ trái sang)	102
Hình 3.23 Sự giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong môi trường nước, ethanol 10% và axít axetic 3%	104
Hình 3.24 Ảnh hưởng của điều kiện bảo quản lên hàm lượng TPC, TFC và vitamin C	107
Hình 3.25 Biểu đồ suy thoái bậc nhất của hàm lượng TPC, TFC và vitamin C trong 30 ngày bảo quản ở 10 °C, 35 °C và 45 °C	110
Hình 3.26 Biểu đồ Arrhenius cho sự suy giảm của hàm lượng TPC, TFC, và vitamin C trong 30 ngày bảo quản ở 10°C, 35°C và 45°C	111
Hình 3.27 Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên độ ẩm cân bằng của bột sấy phun	113

Hình 3.28	Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên hoạt độ nước của bột sấy phun ..	113
Hình 3.29	Hình thái hạt bột ở sau khi đạt trạng thái cân bằng ẩm ở các điều kiện ERH khác nhau dưới độ phóng đại 1000x: a) 8%, b) 22% c) 43%, d) 75%, d) 84%.....	114
Hình 3.30	Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên hàm lượng TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao.....	115

MỞ ĐẦU

Sơ ri là một trong những nguồn vitamin C tự nhiên phong phú nhất, với hàm lượng dao động từ 1500 - 4500 mg/100g, cao gấp 50-100 lần so với cam hoặc chanh (Prakash & Baskaran, 2018). Theo khuyến nghị chung, lượng vitamin C sử dụng trong chế độ ăn uống cho phụ nữ và nam giới trưởng thành (từ 19 tuổi trở lên) lần lượt là 75 mg và 90 mg, với mức tối đa là 2000 mg mỗi ngày, tương đương với khoảng 2-3 quả sơ ri. Ngoài ra, sơ ri còn chứa hàm lượng cao các hợp chất phenolic, với ít nhất 76 hợp chất phenolic đã được xác định trong sơ ri, bao gồm 55 hợp chất flavonoid và 21 hợp chất không phải flavonoid (Vilvert và cộng sự, 2024). Các hợp chất này thể hiện một số đặc tính sinh học đáng kể, như các hoạt tính chống oxy hóa, kháng khuẩn, hạ đường huyết, hạ huyết áp, chống viêm và bảo vệ gan. Những đặc điểm này đã khẳng định tiềm năng lớn của sơ ri như một "siêu trái cây", mang lại triển vọng trong ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm.

Tuy nhiên, việc ứng dụng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong sơ ri trong chế biến thực phẩm đặt ra một số thách thức. Một trong những vấn đề chính là tốc độ chín nhanh, vỏ mỏng và cấu trúc mạng nước của sơ ri, khiến chúng dễ bị hư hỏng và chỉ bảo quản được 2-3 ngày ở nhiệt độ môi trường. Hơn nữa, các hợp chất có hoạt tính sinh học như phenolic và vitamin C trong trái sơ ri giảm dần khi trái trưởng thành, trong khi các phương pháp chiết xuất truyền thống đối với các hợp chất này thường tốn thời gian, sử dụng nhiều dung môi hoá học và có thể gặp phải vấn đề về tính chọn lọc cũng như hiệu quả (Pai và cộng sự, 2022). Ví dụ, vitamin C trong bột sơ ri có thể bị phân hủy từ 3,1% đến 10,6% khi áp dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở (Mercali và cộng sự, 2012). Vì vậy, cần nghiên cứu các phương pháp chế biến và điều kiện bảo quản tối ưu duy trì tính toàn vẹn của các hợp chất có giá trị.

Vi bao bằng phương pháp nhũ hóa là một công nghệ tiên tiến nhằm mục đích bảo vệ các hợp chất có sinh học nhạy cảm với các yếu tố môi trường bằng cách bao bọc vật liệu lõi (là các hợp chất có sinh học) bên trong vật liệu màng (là các polymer sinh học). Công nghệ có ý nghĩa quan trọng trong việc kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm, giảm thiểu sự bay hơi và phân hủy, ngăn chặn sự tương tác không mong

muốn giữa các phân tử, cải thiện các đặc tính cảm quan, kiểm soát quá trình giải phóng các hợp chất hoạt có hoạt tính sinh học và cuối cùng là tăng sinh khả dụng của hợp chất này. Một số nghiên cứu về vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học bằng phương pháp nhũ hóa đã được thực hiện. Ví dụ, resveratrol, một hợp chất phenolic có trong nho và quả mọng, đã được vi bao bằng kỹ thuật nhũ hóa, giúp duy trì đặc tính chống oxy hóa và chống viêm (de Oliveira & Bruschi, 2022), β -Carotene (Hou và cộng sự, 2012), axit béo omega-3 (Acevedo-Fani và cộng sự, 2017), curcumin (Piornos và cộng sự, 2017), và axit α -Lipoic (Silva và cộng sự, 2018) đã được vi bao thành công bằng phương pháp nhũ hóa. Tuy nhiên, do công nghệ vi bao còn tương đối trong lĩnh vực sản xuất thực phẩm, vẫn còn nhiều cơ hội để nghiên cứu cải tiến và mở rộng ứng dụng của nó.

Tương tự, vi bao bằng phương pháp sấy phun cũng mang lại những lợi ích trong việc bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm khỏi các yếu tố môi trường. Một số nghiên cứu về vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học bằng phương pháp sấy phun đã được thực hiện. Tuy nhiên, các nghiên cứu về công nghệ vi bao nói chung và ứng dụng công nghệ vi bao để sản xuất và bảo quản các hợp chất có hoạt tính sinh học trong thực phẩm vẫn còn nhiều hạn chế về mặt nguyên liệu và kiểm soát mô hình động học giải phóng trong các sản phẩm cụ thể. Một trong những thách thức chính là ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đối với các hợp chất nhạy cảm với nhiệt như vitamin và chất màu trong quá trình sấy phun (Culina và cộng sự, 2023; Drosou và cộng sự, 2017; Srivastava và cộng sự, 2022). Bên cạnh đó, việc lựa chọn vật liệu bao thích hợp và tác động của chúng đến hiệu suất, hiệu quả và hình thái bột vi bao cần được nghiên cứu thêm (Díaz-Montes, 2023).

Từ những vấn đề trên cho thấy thực hiện nghiên cứu “*Vi bao vitamin C và các hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri (Malpighia emarginata DC.)*” là cần thiết và cấp bách.

Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định: 1) quy trình phù hợp để làm giàu vitamin C và các hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông; 2) xác định điều kiện thích hợp để tạo nhũ tương W/O và W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc bằng phương pháp nhũ hóa tự phát; 3) tối ưu hóa điều kiện vi bao nhũ tương dịch sơ ri bằng phương pháp sấy phun; 4) xác định

sự ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản và độ ẩm không khí đến hàm lượng vitamin C, TPC, TFC và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao và 5) dự đoán khả năng giải phóng các hợp chất này trong môi trường thực phẩm mô phỏng.

Tính cấp thiết

Luận án nghiên cứu khai thác các hợp chất có hoạt tính sinh học từ trái sơ ri bằng phương pháp vi bao và dự đoán mô hình giải phóng của bột vi bao, nhằm mở ra triển vọng ứng dụng hiệu quả các hợp chất này trong chế biến và bảo quản thực phẩm, qua đó thúc đẩy sự phát triển của nền kinh tế nông nghiệp.

Ý nghĩa khoa học

Luận án xác định được các điều kiện thích hợp để làm giàu vitamin C và các hợp chất phenolic có trong dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông. Bên cạnh đó, nghiên cứu thiết lập điều kiện nhũ hóa và sấy phun dịch sơ ri cô đặc. Tính ổn định và mô hình giải phóng vitamin C và các hợp chất phenolic từ bột sơ ri vi bao trong môi trường thực phẩm mô phỏng sẽ là cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo về giải phóng trong sản phẩm thực phẩm cụ thể và là nền tảng cho các nghiên cứu ứng dụng xa hơn.

Ý nghĩa thực tiễn

Luận án khai thác tiềm năng làm giàu vitamin C và các hợp chất phenolic trong dịch chiết trái sơ ri để ứng dụng vào sản xuất thực phẩm, thực phẩm chức năng và dược phẩm. Nhờ đó, góp phần nâng cao giá trị kinh tế của sơ ri và thúc đẩy sự phát triển nền nông nghiệp ở Việt Nam.

Những điểm mới của luận án

Đây là công trình nghiên cứu có tính hệ thống về một đối tượng nguyên liệu có tiềm năng dinh dưỡng lớn nhưng chưa được khai thác rộng rãi là trái sơ ri. Quy trình cô đặc được xây dựng để làm giàu các hợp chất sinh học trong dịch chiết trái sơ ri, tiếp theo là vi bao vitamin C và các hợp chất phenolic bằng các phương pháp cô đặc lạnh đông, nhũ hóa tự phát và sấy phun. Nghiên cứu cũng dự đoán được thời gian bảo quản bột sơ ri vi bao ở các điều kiện khác nhau và xây dựng mô hình dự đoán khả năng giải phóng các hợp chất trong môi trường thực phẩm mô phỏng.

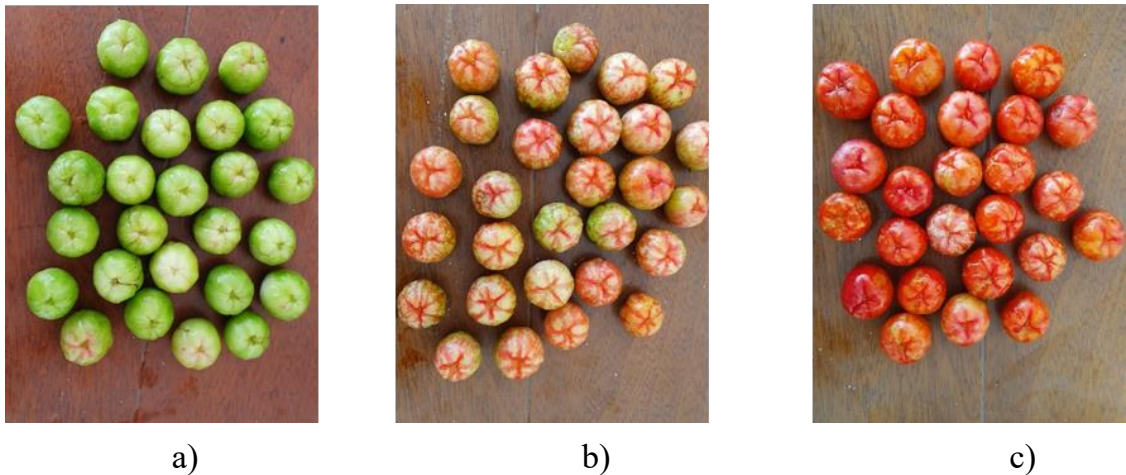
Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về sơ ri

1.1.1. Tình hình phân bố sơ ri ở Việt Nam và thế giới

Sơ ri (*Malpighia emarginata* DC.) (Hình 1.1), được biết đến với nhiều tên gọi khác nhau tùy theo ngôn ngữ và vùng địa lý. Trong tiếng Pháp sơ ri được gọi là *erisier*, *cerise de St. Domingue* hoặc *cerise de St. Domingue*; trong tiếng Bồ Đào Nha là *cerejeira*; ở Venezuela là *semeruco* hoặc *cemeruco* và tại Philippines là *malpi*.



Hình 1.1. Trái sơ ri ở ba giai đoạn: a) chưa trưởng thành, b) trưởng thành, c) chín

Sơ ri là cây ưa sáng, chịu hạn, thích nghi với khí hậu nhiệt đới và cận nhiệt đới nóng ẩm, nhiệt độ trung bình 20 - 28°C, và phát triển trên nhiều loại đất khác nhau. Đây là loài cây bản địa của Trung và Nam Mỹ, với Brazil là quốc gia sản xuất lớn nhất, do có điều kiện thổ nhưỡng và khí hậu tại đây rất phù hợp cho sự phát triển của sơ ri. Tại Việt Nam, sơ ri được trồng chủ yếu ở Đồng bằng sông Cửu Long, đặc biệt tại Gò Công (Tiền Giang) và Bình Phú (Bến Tre). Ở Bến Tre, giống sơ ri ngọt phân bố tại thành phố Bến Tre, huyện Châu Thành, và Giồng Trôm, với tổng diện tích 233 ha. Tại Tiền Giang, vùng trồng tập trung tại Gò Công Đông với 1.215 hộ canh tác trên gần 230 ha. Giai đoạn cao điểm những năm 2000, diện tích trồng sơ ri đạt gần 800 ha, trong đó 600 ha ở huyện Gò Công Đông và trên 150 ha tại thị xã Gò Công. Một phần nhỏ được trồng tại huyện Gò Công Tây. Đến tháng 4/2022, diện tích trồng

sơ ri tại Gò Công Đông giảm còn 134,8 ha, tập trung tại các xã Bình Nghi, Bình Ân, Kiểng Phước và Tân Đông, với sản lượng gần 11.000 tấn/năm. Mặc dù tiềm năng phát triển cây sơ ri tại Gò Công Đông rất lớn, nhưng thị trường tiêu thụ còn bấp bênh, giá cả thiếu ổn định trong khi chi phí vật tư và nhân công tăng cao, khiến nhiều hộ dân dần từ bỏ cây sơ ri, làm diện tích trồng hàng năm giảm.

1.1.2. Tình hình chế biến và xuất khẩu sơ ri

Hiện nay, sơ ri Việt Nam đã được xuất khẩu sang các quốc gia như Nhật Bản và Mỹ. Sơ ri trồng tại Gò Công, Tiền Giang có lợi thế với khả năng thu hoạch trung bình 7 - 8 đợt/năm, gần như không bị mất trắng vụ. Năng suất từ các vườn cây trên 3 năm tuổi đạt 40 - 50 tấn/ha/năm. Tuy nhiên, giá thu mua thấp (2.000 - 3.000 VND/kg) trong các mùa vụ khiến sản xuất và xuất khẩu gặp khó khăn, dẫn đến tình trạng "được giá thì trồng, mất giá thì chặt", gây giảm diện tích trồng và thu nhập bấp bênh cho nông dân.

Hiện nay, tỉnh Tiền Giang có khoảng 269ha cây sơ ri, sản lượng có thể đạt trên 5.382 tấn/năm, năng suất bình quân 20 tấn/ha. Sơ ri Gò Công đã được cấp chứng nhận sản xuất an toàn theo tiêu chuẩn VietGAP. Ngoài ra, Cục Sở hữu trí tuệ đã cấp văn bằng bảo hộ Nhãn hiệu tập thể số 77327 cho sản phẩm sơ ri Gò Công. Giống sơ ri ngọt dùng để ăn tươi và tiêu thụ nội địa. Giống sơ ri chua là giống đang được ưa chuộng vì có năng suất cao, có vị chua ngọt thích hợp với thị hiếu của người tiêu dùng được tiêu thụ nội địa và xuất khẩu sang Nhật Bản dưới hình thức sơ chế trái tươi và chế biến dưới dạng puree.

Mặc dù các điều kiện và tiêu chuẩn trồng trọt đã được cải thiện, việc tối ưu hóa giá trị kinh tế của sơ ri đòi hỏi nghiên cứu sâu hơn về chế biến công nghiệp. Sơ ri chứa nhiều hợp chất sinh học có lợi như vitamin C và polyphenols, nhưng tiềm năng này chưa được khai thác đầy đủ. Nghiên cứu này tập trung vào chiết xuất và vi bao các hợp chất hoạt tính sinh học từ dịch chiết sơ ri, nhằm gia tăng giá trị kinh tế và mở rộng ứng dụng. Ngoài ra, dựa trên lợi thế địa lý và sản lượng, sơ ri xanh từ Hợp tác xã sơ ri huyện Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang, đã được lựa chọn làm nguyên liệu nghiên cứu.

1.2. Các hợp chất có hoạt tính sinh học

1.2.1. Một số hợp chất có hoạt tính sinh học trong sơ ri

Các hợp chất phenolic

Các hợp chất phenolic là nhóm chất chuyển hóa thứ cấp trong thực vật, gồm hai phân nhóm chính là axit phenolic và polyphenol. Những hợp chất này thường kết hợp với monosacarit và polysacarit, liên kết với một hoặc nhiều nhóm phenolic, hoặc tồn tại dưới dạng dẫn xuất như este và metyl este. Hiện nay đã xác định được hơn 8.000 cấu trúc phenolic.

Các hợp chất phenolic có nguồn gốc tự nhiên trong thực vật được chứng minh là có khả năng chống oxy hóa mạnh, bảo vệ cơ thể và hỗ trợ chống lại nhiều bệnh do gốc tự do gây ra. Đặc điểm chung của chúng là có vòng thơm (vòng benzen) với một hoặc nhiều nhóm hydroxyl (-OH) gắn trực tiếp vào vòng này. Tùy thuộc vào số lượng và vị trí các nhóm -OH trong cấu trúc, tính chất lý hóa và hoạt tính sinh học của các phenolic sẽ thay đổi. Các hợp chất phenolic chính trong sơ ri đã được phân tích và trình bày trong Bảng 1.1.

Bảng 1.1. Một số hợp chất phenolic chính có trong sơ ri

STT	Tên hợp chất	Nguồn	Tài liệu tham khảo
Dẫn xuất axit hydrobenzoic			
1	Axit gallic	Bã ép	Marques và cộng sự (2016)
2	Axit syringic	Nước ép	
3	Tannin	Bã khô	
Dẫn xuất axit hydroxycinnamic			
4	Axit malic	Bã ép	Hanamura và cộng sự (2008)
5	Axit <i>p</i> -Coumaric	Trái xay	
6	Axit ferulic	nhuyễn,	
7	Axit caffeic	Nước ép	
8	Axit chlorogenic	Thịt trái	
Flavonoids			
9	Catechin		Marques và cộng sự (2016)
10	Epigallocatechin 3- <i>O</i> -gallate	Bã ép	
11	Epicatechin	Nước ép	
12	Quercetin		Hanamura & Aoki (2008)
13	Quercetin 3- <i>O</i> - α -rhamnoside (quercitrin)	Trái xay nhuyễn	

14	Quercetin 3- <i>O</i> - β -galactoside (hyperoside)		
15	Pelargonidin 3- <i>O</i> - α -rhamnoside		
16	Dihydroquercetin 3- <i>O</i> - α -rhamnoside		
17	Dihydrokaempferol 3- <i>O</i> - α -rhamnoside		
18	Procyanidin B1		Mezadri và cộng sự (2008)
19	Cyanidin		
20	Cyanidin 3- <i>O</i> - α -rhamnoside		de Rosso và cộng sự (2008)
21	Pelargonidin		
22	Leucocyanidin-3- <i>O</i> - β - d -glucoside		Kawaguchi và cộng sự (2007)
23	Kaempferol 3- <i>O</i> - α -rhamnoside		Bataglion và cộng sự (2015)
24	Delphinidin		Hanamura và cộng sự (2008)
25	Peonidin		
26	Rutin	Nước ép	Mezadri và cộng sự (2008)
27	Kaempferol		Bataglion và cộng sự (2015)
28	Luteolin	Thịt trái	de Aquino Souza Miskinis và cộng sự (2023)
29	Apigenin		

Trong thực vật, các hợp chất phenolic có thể tồn tại ở dạng tự do hoặc liên kết với màng/thành tế bào. Các phương pháp chế biến thực phẩm như gia nhiệt hay đông lạnh có thể làm giải phóng các hợp chất phenolic này. Một số nghiên cứu cho thấy đun nóng có thể ảnh hưởng đến hàm lượng polyphenol, bao gồm flavonoid, do thay đổi khả năng chiết xuất nhờ sự phá vỡ thành tế bào. Nhờ đó, các polyphenol liên kết với thành tế bào có thể được giải phóng dễ dàng hơn khi chế biến so với nguyên liệu thô (Nicoli và cộng sự, 1991).

Số lượng và thành phần các hợp chất này phụ thuộc vào giai đoạn chín. Tổng hàm lượng phenol trong nước ép sơ ri giảm từ 3,8 mg catechin/g khi quả chưa chín xuống còn 1,35 mg/g khi quả chín (Mara Righetto & Maria Netto, 2005). Hanamura và cộng sự (2008) báo cáo proanthocyanidins có nhiều trong trái chưa chín, trong khi anthocyanins là hợp chất phenolic chính trong trái chín. Hàm lượng này còn thay đổi theo giống cây và mùa thu hoạch, với trái trưởng thành thu hái vào mùa khô có hàm lượng phenolic cao hơn so với mùa mưa (Novotný và cộng sự, 2006).

Flavonoid

Flavonoid là nhóm hợp chất phenolic phổ biến nhất trong thực phẩm, với hơn 4000 chất flavonoids đã được phát hiện (Mai Thanh Trung và cộng sự, 2016). Flavonoid được chia thành 6 loại chính: flavanol, flavanone, flavon, isoflavone, flavonol và anthocyanidin. Nhóm hợp chất này có tác dụng lớn đối với sức khỏe của con người, bao gồm khả năng chống oxy hoá mạnh, chống đột biến, giảm nguy cơ mắc bệnh tim mạch, ức chế sự tăng sinh tế bào khối u, bảo vệ động mạch khỏi xơ vữa, tác dụng chống tia phóng xạ, bổ tóc, hỗ trợ nội tiết tố ở phụ nữ mãn kinh tự nhiên và kháng khuẩn (Yao và cộng sự, 2004).

Trong những năm gần đây, flavonoid trong sơ ri ngày càng thu hút sự quan tâm nghiên cứu. Một số flavonoid như quercetin và kaempferol đã được phân lập từ sơ ri, nhưng dữ liệu định lượng vẫn chưa đầy đủ. Tuy nhiên, anthocyanin trong sơ ri đã được nghiên cứu khá rộng rãi. Flavonoid không chỉ tạo nên màu đỏ hấp dẫn của quả chín hoàn toàn mà còn mang lại nhiều lợi ích sức khỏe (Lemane Delva & Renée Goodrich Schneider, 2013).

Vitamin C

Vitamin C, hay axit ascorbic, có công thức hóa học là $C_6H_8O_6$, khối lượng phân tử 176,14 g/mol và điểm nóng chảy từ 190 đến 192°C (374 đến 378°F). Vitamin C được phát hiện vào năm 1912 và được phân lập vào năm 1928. Dạng tinh thể của vitamin C có màu trắng, rất dễ tan trong nước, tan trong ethanol 96%, khó tan trong rượu, không tan trong ether, cloroform và các dung môi hữu cơ.

Vitamin C có thể tồn tại ở nhiệt độ 100°C trong môi trường trung tính và axit, nhưng dễ bị oxy hóa khi tiếp xúc với oxy trong không khí, quá trình oxy hóa này diễn ra nhanh chóng khi có sự hiện diện của sắt (Fe) và đồng (Cu). Đây là phản ứng oxy hóa khử thuận nghịch, trong đó vitamin C hoạt động như một đồng yếu tố (cofactor) tham gia vào nhiều phản ứng hóa sinh trong cơ thể, như hydroxyl hóa, amid hóa, chuyển axit folic thành axit folinic trong tổng hợp carnitine, và chuyển dopamine thành nor-adrenaline. Vitamin C tăng cường hấp thu sắt và giúp tổng hợp collagen, proteoglycan và các thành phần hữu cơ khác trong cơ thể như răng, xương, và nội mô mao mạch. Vitamin C thường có mặt cùng vitamin P, có tác dụng chống oxy hóa và bảo vệ vitamin C, và hiệp đồng với vitamin C để bền vững thành mạch, tăng tạo collagen, ức chế hyaluronidase và cùng vitamin C, vitamin E, β -carotene và selenium tham gia loại trừ gốc tự do có hại trong cơ thể.

Khác với hầu hết các loài linh trưởng, con người không thể tự tổng hợp vitamin C do thiếu enzyme đặc hiệu có chức năng xúc tác chuyển hóa glucose thành vitamin C. Khi cơ thể thiếu hụt vitamin C trong một khoảng thời gian nhất định, sẽ dẫn đến bệnh hoạt huyết, còi, giảm sức đề kháng, chảy máu chân răng, lợi hay các vấn đề nội quan (bệnh scorbutus). Vì vậy, con người cần hấp thu vitamin C qua thực phẩm hoặc dược phẩm. Vitamin C tự nhiên có mặt trong nhiều loại thực vật, đặc biệt là trong quả sơ ri, với hàm lượng vitamin C cao hơn khoảng 5 đến 20 lần so với ổi và 10 đến 15 lần so với xoài (De Carvalho & Manica, 1994). Một cốc (180 ml) nước ép sơ ri chứa khoảng 35 mg/ml axit ascorbic, tương đương với lượng vitamin C trong 14 lít nước cam ép. Do đó, sơ ri có thể được sử dụng làm nguồn cung cấp vitamin C thương mại cho chế độ ăn uống hàng ngày hoặc làm thức uống bổ sung.

Hàm lượng vitamin C trong trái sơ ri có thể thay đổi tùy theo giai đoạn chín, giống cây trồng, nơi trồng trọt và các yếu tố môi trường (Hanamura và cộng sự, 2008; Mara Righetto & Maria Netto, 2005; Vendramini & Trugo, 2000). Mara Righetto & Maria Netto (2005) đã nghiên cứu hàm lượng vitamin C ở ba giai đoạn chín khác nhau: non (xanh), trung gian (vàng) và trưởng thành (đỏ). Kết quả cho thấy hàm lượng vitamin C cao nhất ở giai đoạn chưa trưởng thành (2,16 g/100 g) so với giai đoạn trung gian (1,06 g/100 g) và giai đoạn trưởng thành (1,07 g/100 g). Quá trình oxy hóa là một trong những nguyên nhân chính làm giảm hàm lượng vitamin C ở giai đoạn trưởng thành (Vendramini & Trugo, 2000).

1.2.2. Tác động của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri đối với cơ thể người

Hoạt tính chống oxy hóa

Chất chống oxy hóa trong chế độ ăn uống đóng vai trò quan trọng trong việc phòng ngừa và giảm thiểu sự tiến triển của các bệnh liên quan đến stress oxy hóa. Các hợp chất trong sơ ri, đặc biệt là vitamin C và anthocyanins, là nguồn chất chống oxy hóa tự nhiên mạnh mẽ với các tác dụng bảo vệ sức khỏe và ngăn ngừa bệnh tật.

Các nghiên cứu chiết xuất sơ ri cho thấy chúng có khả năng bắt gốc tự do mạnh, chống lại các gốc tự do DPPH và ABTS (Mezadri và cộng sự, 2008), cũng như ức chế quá trình peroxide hóa axit linoleic (Caetano và cộng sự, 2011) và quá trình oxy hóa LDL (Hwang và cộng sự, 2001). Hoạt tính chống oxy hóa của nước ép sơ ri cũng vượt trội so với các chiết xuất giàu polyphenol từ nước ép dâu tây, nho và táo (Mezadri và cộng sự, 2008).

Nghiên cứu *in vivo* cho thấy rằng nước ép sơ ri có thể giúp cải thiện mức khoáng chất trong gan và thận của chuột ăn chế độ ăn giàu chất béo và calo, cung cấp bảo vệ chống lại stress oxy hóa. Nước trái cây sơ ri chưa chín còn có khả năng ngăn chặn sự ức chế tổng hợp citrate trong mô não, giúp giảm tổn thương não do stress (Leffa và cộng sự, 2017).

Hoạt tính chống khối u, chống độc và chống suy nhược

Hoạt tính chống khối u của dịch chiết trái sơ ri đã được thử nghiệm trên các dòng tế bào ung thư, như ung thư biểu mô tế bào vảy miệng (HSC-2) và ung thư biểu mô tuyến dưới hàm (HSG), cho thấy kết quả tích cực (Motohashi và cộng sự, 2004). Nước ép sơ ri cũng có khả năng ngăn ngừa tổn thương gen do hydrogen peroxide gây ra, nhờ vào các chất chống oxy hóa mạnh và thành phần dinh dưỡng (Dusman và cộng sự, 2014). Các thành phần hoạt tính sinh học chính như vitamin C và rutin giúp giảm ứng suất oxy hóa, giảm độc tính gen trong điều kiện gây dị ứng (Dias và cộng sự, 2014).

Hoạt tính chống tăng đường huyết

Phenolic trong sơ ri có tác dụng ức chế sự vận chuyển glucose trong ruột và ức chế glucosidase, giúp phòng ngừa bệnh đái tháo đường và các biến chứng liên quan. Các nghiên cứu *in vivo* cho thấy chiết xuất sơ ri ức chế glucose hấp thu trong tế bào Caco-2 và hoạt động của α -glucosidase, làm giảm tăng đường huyết (Hanamura và cộng sự, 2006). Một nghiên cứu khác cho thấy chiết xuất sơ ri giảm mức glucose, cholesterol và chất béo trung tính trong khi tăng mức HDL ở chuột Wistar bị tiểu đường (Barbalho và cộng sự, 2011).

Các hoạt tính khác

Sơ ri còn có tác dụng đối với bệnh béo phì, một vấn đề sức khỏe đang gia tăng nhanh chóng trên toàn cầu. Marques và cộng sự (2016) đã báo cáo các hợp chất polyphenol trong sơ ri giúp ức chế các enzyme α -amylase và α -glucosidase, tham gia vào quá trình phân hủy carbohydrate và chuyển hóa chất béo, hỗ trợ điều trị béo phì và rối loạn lipid máu. Ngoài ra, chiết xuất sơ ri cũng có hoạt tính kháng khuẩn chống lại các vi khuẩn như *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens*, *P. fragi* và *Brochothrix thremosphacta* thông qua các thử nghiệm *in vitro* và *in situ* (Tremonte và cộng sự, 2016), đồng thời bảo vệ gan khỏi tổn thương do acetaminophen gây ra ở chuột (Luveena và cộng sự, 2012).

1.2.3. Nhận xét chung

Các hợp chất có hoạt tính sinh học trong trái sơ ri đã được chứng minh có lợi đáng kể đối với sức khỏe con người, với các tác dụng chống oxy hóa, chống khối u, chống tiểu đường, và bảo vệ gan, da. Tuy nhiên, ứng dụng của sơ ri trong cuộc sống hàng ngày vẫn còn khá hạn chế, và chưa được khai thác đầy đủ trong các sản phẩm thực phẩm và dược phẩm. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các dòng sản phẩm từ sơ ri là cần thiết để tận dụng tiềm năng của loại quả này, mở rộng khả năng ứng dụng của nó trong các lĩnh vực khác nhau.

Các nghiên cứu cho thấy sơ ri xanh chứa hàm lượng hợp chất có hoạt tính sinh học (polyphenol, tổng hàm lượng flavonoid, tổng hàm lượng vitamin C) cao hơn sơ ri chín đỏ, do đó sơ ri xanh được lựa chọn chính cho nghiên cứu này. Nghiên cứu thành công mở ra cơ hội ứng dụng rộng rãi hơn cho sơ ri trong các ngành công nghiệp thực phẩm, dược phẩm và các ngành liên quan khác.

1.3. Một số phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học

Các hợp chất có hoạt tính sinh học như vitamin và các hợp chất phenolic có lợi cho sức khỏe con người nhờ các đặc tính chống oxy hoá, kháng khuẩn và hỗ trợ các chức năng sinh lý. Tuy nhiên, các hợp chất này thường nhạy cảm với điều kiện môi trường và dễ bị phân hủy trong thực phẩm tươi, dẫn đến hàm lượng không ổn định. Vì vậy, việc áp dụng các phương pháp làm giàu và lưu giữ các hợp chất sinh học là rất quan trọng để duy trì chất lượng và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm thực phẩm. Một số phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học phổ biến hiện nay bao gồm cô đặc chân không, làm bay hơi nước ở áp suất khí quyển, vi lọc và thẩm thấu ngược, lọc màng và đặc biệt cô đặc lạnh đông (Bảng 1.2). Mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm riêng, và việc lựa chọn phương pháp phù hợp sẽ tùy thuộc vào đặc điểm của nguyên liệu và yêu cầu thành phẩm.

Bảng 1.2. Một số ưu và nhược điểm của một số phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học

Phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm	Tài liệu tham khảo
Cô đặc chân không	Duy trì chất lượng sản phẩm Quy trình khép kín Vị sinh ổn định	Khó khăn trong việc đảm bảo độ chân không trong thiết bị, chi phí cao	Nguyễn Minh Thủy và cộng sự (2014)
Bay hơi	Có khả năng thu hồi năng lượng nhiệt Chi phí năng lượng thấp khi sử dụng thiết bị bay hơi nhiều tầng Tăng thời hạn sử dụng của các sản phẩm cô đặc	Chi phí lắp đặt và vận hành cao Nhiệt độ cao, ảnh hưởng chất lượng sản phẩm, trạng thái cân bằng khoáng chất và độ nhay pH Tính chất cảm quan của sản phẩm bị ảnh hưởng	Prestes và cộng sự (2022)
Lọc màng	Đa dạng loại màng lọc tùy theo yêu cầu của sản phẩm Năng lượng tiêu thụ thấp Chi phí vận hành thấp Duy trì chất lượng sản phẩm	Khả năng thương mại hóa kém Dễ xảy ra tắc nghẽn màng Một số chất trợ lọc gây ô nhiễm môi trường	Bhattacharjee và cộng sự (2017), Matta và cộng sự (2004).
Cô đặc lạnh đông	Bảo quản tối đa các hợp chất nhạy nhiệt, các hợp chất màu, hương vị và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm Tiết kiệm năng lượng Thích hợp cho thực phẩm dạng lỏng	Chi phí đầu tư và bảo trì cao khi tiến hành trên quy mô lớn Tốc độ tăng trưởng tinh thể thấp	Clark (2011), Prestes và cộng sự (2022)

Nhìn chung, trong các phương pháp cô đặc hiện nay, cô đặc lạnh đông được coi là phương pháp tiên tiến, nhờ vào việc sử dụng nhiệt độ thấp trong suốt quá trình cô đặc. Phương pháp này giúp bảo tồn cấu trúc hóa học của các thành phần trong sản phẩm.

phẩm, đồng thời giảm thiểu sự mất mát các hợp chất nhạy cảm với nhiệt độ cao, dẫn đến chất lượng sản phẩm cuối cùng thường vượt trội hơn. Đây là một ưu điểm nổi bật so với các phương pháp cô đặc khác như bay hơi và thẩm thấu ngược. Vì vậy, cô đặc lạnh đông trở thành công nghệ thích hợp để ứng dụng trong việc chế biến các loại nước ép trái cây, đặc biệt là những sản phẩm chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm với nhiệt. Do đó, phương pháp cô đặc lạnh đông đã được lựa chọn làm phương pháp chính trong việc làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học trong nghiên cứu này.

1.3.1. Cô đặc lạnh đông

Cô đặc đông lạnh (Freeze concentration, FC) là một quá trình được sử dụng để tách nước tinh khiết khỏi các hỗn hợp khác nhau (Clark, 2011). Trong sản xuất thực phẩm, cô đặc lạnh đông đóng vai trò quan trọng, đặc biệt đối với các sản phẩm có thành phần chính nhạy cảm với nhiệt, như nước trái cây, sữa cô đặc và kem. Phương pháp cô đặc lạnh đông dựa trên sự kết tinh của nước. Các chất cần cô đặc được làm lạnh để hạ nhiệt độ xuống dưới điểm đóng băng trong điều kiện kiểm soát, tạo điều kiện cho sự hình thành tinh thể băng. Tại điểm này, dung môi (nước trong thực phẩm lỏng) và một số chất hòa tan đóng băng đồng thời. Khi quá trình đông lạnh được kiểm soát, các tinh thể băng được tạo ra trên nhiệt độ kết tinh, làm tăng độ tinh khiết của nước kết tinh và bảo toàn các đặc tính của dung dịch ban đầu. Sau khi quá trình đông lạnh hoàn tất, tinh thể băng được tách ra khỏi hỗn hợp bằng các phương pháp như rã đông tự nhiên, lọc hoặc ly tâm. Sau khi loại bỏ các tinh thể băng, phần còn lại là dung dịch cô đặc ban đầu. Quá trình cô đặc có thể được lặp lại để giảm hàm lượng nước tùy theo mục đích và yêu cầu chất lượng sản phẩm.

Dung dịch càng đậm đặc, nhiệt độ cần thiết để đóng băng càng thấp, vì chất rắn có xu hướng làm giảm điểm đóng băng, gây khó khăn cho quá trình kết tinh dung môi. Thời gian đóng băng cũng chịu ảnh hưởng từ hình dạng và vật liệu của bình chứa dung dịch. Khi tiếp xúc với thành bình chứa, quá trình truyền nhiệt diễn ra nhanh hơn ở các lớp ngoài cùng của dung dịch, trong khi ở các lớp trong cùng, quá trình đóng băng diễn ra chậm dần cho đến khi đạt đến tâm của dung dịch. Các tinh thể băng hình thành từ sự kết tinh của các phân tử nước trong dung dịch, tuy nhiên, trong các dung dịch đậm đặc, nước đông đặc kèm theo các chất rắn hòa tan, tạo thành các tinh thể không đều. Để ngăn ngừa sự hình thành tinh thể băng không đồng đều, cần kiểm

soát nhiệt độ và thời gian đông lạnh trong tất cả các bước của quá trình (Morison & Hartel, 2018).

Ưu điểm

Cô đặc lạnh đông là một phương pháp làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học và được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm như một công nghệ then chốt trong sản xuất thực phẩm dạng lỏng. So với các phương pháp làm giàu khác như bay hơi, phương pháp này tiêu tốn ít năng lượng hơn do nhiệt nóng chảy của nước thấp hơn nhiệt bay hơi. Các thiết bị sử dụng trong phương pháp này cũng dễ làm sạch và yêu cầu bảo trì thấp. Hơn nữa, phương pháp này có tính linh hoạt cao, có thể áp dụng cho nhiều loại thực phẩm khác nhau, từ nước ép, sữa, cà phê, trà, bia, rượu vang đến giấm (Clark, 2011). Cô đặc lạnh đông còn giúp duy trì chất lượng sản phẩm, bảo quản tối đa các hợp chất nhạy cảm với nhiệt độ, cũng như các hợp chất màu, hương vị và giá trị dinh dưỡng (Prestes và cộng sự, 2022).

Nhược điểm

Một nhược điểm đáng lưu ý khi áp dụng phương pháp cô đặc lạnh đông để làm giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học là chi phí đầu tư và bảo trì tương đối cao so với một số phương pháp khác khi triển khai sản xuất quy mô lớn. Bên cạnh đó, quá trình hình thành và loại bỏ tinh thể băng tương đối phức tạp, bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố liên quan mật thiết đến chất lượng sản phẩm. Ví dụ, sản phẩm có nồng độ chất tan cao sẽ yêu cầu thời gian cô đặc lâu hơn so với các sản phẩm có nồng độ chất tan thấp, và ngược lại.

1.3.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cô đặc lạnh đông

Hiệu quả của quá trình cô đặc lạnh đông có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau. Yếu tố đầu tiên là điều kiện hoạt động của thiết bị lạnh đông. Độ ổn định và nhiệt độ của thiết bị là những yếu tố quan trọng, tác động trực tiếp đến tốc độ đông lạnh và nhiệt độ cuối mà mẫu lạnh đông có thể đạt được trong suốt quá trình đông lạnh. Nhiệt độ cuối này ảnh hưởng đến khả năng kết tinh của nước cũng như hiệu quả loại bỏ tinh thể nước trong dung dịch. Nếu nhiệt độ không đủ thấp, quá trình đông lạnh sẽ bị chậm lại và khả năng kết tinh nước sẽ giảm sút.

Tốc độ lạnh đông cũng có ảnh hưởng đáng kể đến kích thước tinh thể đá hình thành trong sản phẩm. Khi tốc độ lạnh đông nhanh, các tinh thể đá hình thành nhanh chóng và không có thời gian để phát triển lớn, giúp duy trì cấu trúc và độ tươi ngon của sản phẩm sau khi rã đông. Ngược lại, tốc độ lạnh đông chậm sẽ dẫn đến hình

thành tinh thể đá lớn, gây hư hại cấu trúc tế bào và làm giảm chất lượng sản phẩm do sự mở rộng của tinh thể đá gây ra hiện tượng mất nước. Tốc độ lạnh đông bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như chênh lệch nhiệt độ, tốc độ gió và các tính chất của sản phẩm. Đầu tiên, sự chênh lệch nhiệt độ giữa sản phẩm và môi trường càng lớn thì tốc độ truyền nhiệt từ sản phẩm ra môi trường càng nhanh, do đó làm tăng tốc độ lạnh đông. Thứ hai, tốc độ gió cao giúp cải thiện tốc độ lạnh đông bằng cách tăng cường quá trình truyền nhiệt qua đối lưu, loại bỏ nhiệt từ bề mặt sản phẩm hiệu quả hơn. Ngoài ra, các yếu tố như kích thước, hình dạng, và nhiệt dẫn suất của sản phẩm cũng đóng vai trò quan trọng. Sản phẩm có kích thước nhỏ và diện tích bề mặt lớn so với thể tích sẽ lạnh đông nhanh hơn.

Bên cạnh đó, thành phần và nồng độ các chất trong dung dịch cũng tác động mạnh đến hiệu quả của quá trình đông lạnh. Sự hiện diện của các chất tan trong dung dịch làm giảm điểm đóng băng theo định luật Raoult, theo đó áp suất hơi của dung dịch liên quan trực tiếp đến áp suất hơi của dung môi nguyên chất và nồng độ chất tan (Goff, 2009). Do đó, điểm đóng băng ban đầu sẽ giảm nếu hàm lượng chất tan trong dung dịch cao. Hơn nữa, nồng độ chất tan cao còn làm tăng sự phân bố không đồng đều của chất tan trong dung dịch, dẫn đến sự chênh lệch nhiệt độ đóng băng giữa các phần khác nhau của dung dịch, từ đó làm giảm hiệu quả của quá trình cô đặc. Thời gian cũng là một yếu tố quan trọng trong quá trình cô đặc lạnh đông. Yếu tố này ảnh hưởng đến nhiều yếu tố khác, bao gồm tốc độ kết tinh, quá trình cô đặc lạnh đông, và sự thay đổi độ nhớt của dung dịch. Thời gian đông lạnh quá ngắn sẽ không đủ để dung dịch đạt được nhiệt độ kết tinh cần thiết, trong khi thời gian quá dài có thể gây hao phí năng lượng và làm giảm chất lượng của dung dịch, đặc biệt đối với những dung dịch có thành phần nhạy cảm.

Để quá trình cô đặc dịch chiết từ trái sơ ri xanh trong nghiên cứu này diễn ra thuận lợi và đạt hiệu quả cao, việc nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ chất tan trong dịch chiết qua số giai đoạn cô đặc và thời gian đông lạnh đối với quá trình cô đặc lạnh đông là cần thiết.

1.4. Vi bao

Vi bao là một lĩnh vực đa ngành, liên quan đến các kiến thức và kỹ thuật vật lý, hóa lý, hóa học polyme, hóa keo, hóa sinh, công nghệ sinh học và khoa học vật liệu. Trong quá trình chế biến và bảo quản thực phẩm, sự ổn định của nhiều loại vitamin có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố hóa học và vật lý như ánh sáng, nhiệt độ,

độ pH và nồng độ oxy, dẫn đến sự mất mát đáng kể các chất dinh dưỡng trong các sản phẩm cuối cùng. Để ngăn ngừa những tổn thất này, ngành công nghiệp thực phẩm đã tìm kiếm các phương pháp bảo vệ vitamin trong suốt quá trình sản xuất và bảo quản, và vi bao là một trong những lựa chọn hàng đầu.

Việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ vi bao đã bắt đầu từ những năm 1930, hiện nay công nghệ vi bao được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp, bao gồm dược phẩm, mỹ phẩm, dệt may và thực phẩm. Công nghệ vi bao trong thực phẩm nhằm mục đích bảo vệ các thành phần có giá trị và nhạy cảm, bảo vệ chúng khỏi các điều kiện môi trường bất lợi, từ đó kéo dài thời hạn sử dụng và đảm bảo rằng vật liệu được bao gói sẽ đến đúng vị trí và thời điểm mục tiêu. Ví dụ, vi bao có khả năng bảo vệ các axit béo không bão hòa và vitamin khỏi quá trình oxy hóa, cũng như bảo vệ lợi khuẩn trong quá trình vận chuyển qua dạ dày (Poncelet, 2006). Hơn nữa, vi bao còn giúp bảo vệ các hợp chất nhạy cảm, lưu giữ hương vị và mùi thơm mong muốn. Một lợi ích bổ sung của công nghệ vi bao là khả năng cung cấp nồng độ phù hợp và sự phân tán đồng nhất của vật liệu lõi. Các chức năng này đã được khai thác rộng rãi trong việc phân phối thuốc và vắc-xin trong lĩnh vực dược phẩm và ngày càng được ứng dụng để gia tăng giá trị cho các sản phẩm thực phẩm mới trong ngành công nghiệp thực phẩm.

Quá trình vi bao có thể thực hiện ở dạng khí, giọt lỏng hoặc dạng hạt rắn nhỏ trong các lớp phủ có kích thước siêu nhỏ (1-1000 μm) (Nazzaro và cộng sự, 2012). Hạt vi bao thường có cấu trúc hình cầu và bao gồm ít nhất hai lớp vật liệu. Vật liệu được bao bọc bên trong được gọi là pha bên trong, vật liệu lõi, chất làm đầy, pha tải trọng hoặc chất hoạt động, trong khi vật liệu bao bọc bên ngoài có thể được gọi là màng, vật liệu mang, lớp phủ, vật liệu vỏ bao, chất nền, pha bên ngoài hoặc vật liệu thành. Các công nghệ vi bao có thể được phân loại thành ba nhóm chính: phương pháp vật lý, phương pháp hóa học và phương pháp kết hợp giữa vật lý và hóa học.

Sự quan tâm ngày càng gia tăng đối với việc ứng dụng công nghệ vi bao trong ngành công nghiệp thực phẩm đã thúc đẩy sự phát triển của nhiều nghiên cứu về các phương pháp vi bao khác nhau. Để lựa chọn phương pháp vi bao phù hợp, cần xem xét các yếu tố như bản chất của thành phần hoạt chất cần bao, tính chất của vật liệu vỏ bao và các đặc tính mong muốn của sản phẩm cuối, dựa trên mục đích sử dụng cụ thể.

1.4.1. Vi bao bằng phương pháp nhũ hóa

Nhũ hóa là một trong những phương pháp vi bao tiên tiến, trong đó sản phẩm tạo ra từ quá trình này được gọi là nhũ tương. Nhũ tương hình thành khi bổ sung một hoặc nhiều chất nhũ hóa lưỡng tính vào một hệ gồm hai pha không hòa tan vào nhau. Độ ổn định của nhũ tương và hiệu suất vi bao phụ thuộc phần lớn vào hiệu quả của quá trình nhũ hóa. Trong nghiên cứu này, phương pháp nhũ hoá được sử dụng như là một bước tiền xử lý trước khi vi bao bằng phương pháp sấy phun để tạo ra bột vi bao, mở rộng định hướng ứng dụng.

Nhũ tương có thể được phân loại theo nhiều tiêu chí khác nhau. Dựa trên khả năng hòa tan của các pha, nhũ tương được chia thành hai nhóm chính:

1. Nhũ tương dầu trong nước (O/W): Pha phân tán bao gồm các chất tan trong dầu, trong khi pha liên tục là dung môi nước.
2. Nhũ tương nước trong dầu (W/O): Pha phân tán là các hợp chất tan trong nước, và pha liên tục là dung môi dầu.

Ngoài ra, tùy thuộc vào mục đích sử dụng, nhũ tương có thể tồn tại dưới dạng phức tạp hơn như nhũ tương hai lớp, ví dụ: dầu trong nước trong dầu (O/W/O) hoặc nước trong dầu trong nước (W/O/W). Nếu xét về kích thước hạt, nhũ tương có thể được chia thành ba loại chính là nhũ tương macro với kích thước hạt từ 1 - 100 μm , nhũ tương micro với kích thước hạt từ 100 nm - 1 μm , và nhũ tương nano với kích thước hạt dưới 100 nm (McClements và cộng sự, 2007).

1.4.1.1. Thành phần cấu tạo nhũ tương

Nhũ tương là một hệ thống hai pha, trong đó một pha phân tán chặt chẽ trong pha kia dưới dạng các giọt nhỏ. Thành phần chính của nhũ tương bao gồm pha dầu, pha nước và chất nhũ hóa. Pha dầu và pha nước có thể luân phiên đóng vai trò là pha phân tán hay môi trường phân tán, dựa trên tính liên tục của chúng. Nói cách khác, pha phân tán (pha không liên tục) là các giọt nhỏ phân tán trong hệ; pha liên tục là chất nền bao quanh và hỗ trợ phân tán các giọt pha không liên tục. Pha dầu có thể là bất kỳ loại chất lỏng kỵ nước nào, bao gồm các loại dầu tự nhiên và tổng hợp như dầu thầu dầu, dầu ngô, dầu dừa, dầu hoa anh thảo, dầu hạt lanh, dầu khoáng, dầu ô liu, dầu lạc, v.v.

Nhũ tương thô được tạo ra tạm thời từ sự trộn lẫn dầu và nước có xu hướng tách thành hai pha riêng biệt khi để yên, do sự kết hợp của các hạt pha phân tán theo

thời gian. Trong trường hợp này, sự ổn định của nhũ tương có thể được cải thiện đáng kể bằng cách bổ sung các chất nhũ hóa, giúp duy trì trạng thái nhũ tương lâu dài.

1.4.1.2. Chất nhũ hóa

Chất nhũ hóa là các hợp chất có cấu trúc phân tử đặc biệt, bao gồm cả phần kỵ nước (không phân cực) và phần ưa nước (phân cực), đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định nhũ tương. Chúng hoạt động bằng cách ngăn chặn các hiện tượng như keo tụ, tạo kem, kết tụ hoặc tách pha thông qua việc hình thành lớp liên pha giữa các giọt phân tán và môi trường phân tán. Dựa trên tính chất và ứng dụng, chất nhũ hóa được phân thành ba nhóm chính: (1) Chất hoạt động bề mặt, chẳng hạn như Spans và Tween, có khả năng giảm sức căng bề mặt giữa các pha; (2) Chất keo ưa nước, như gum acacia, giúp gia tăng độ nhớt và cải thiện tính ổn định của hệ thống nhũ tương; và (3) Các chất rắn mịn, đóng vai trò như rào cản vật lý, hạn chế sự hợp tụ của các giọt pha phân tán.

Để đảm bảo hiệu quả, chất nhũ hóa cần đáp ứng các yêu cầu nghiêm ngặt, bao gồm tính không độc hại, không mùi, không vị, và ổn định hóa học. Các đặc tính quan trọng khác của chất nhũ hóa bao gồm khả năng hòa tan đồng thời trong cả pha dầu và pha nước, tạo thành một lớp ổn định ở bề mặt liên pha, ngăn chặn sự kết tụ của các giọt phân tán và duy trì sự đồng nhất của nhũ tương. Tùy thuộc vào ứng dụng, chất nhũ hóa có thể mang tính cation, anion hoặc trung tính. Hơn nữa, sự khác biệt về độ hòa tan giữa dầu và chất nhũ hóa sẽ quyết định vai trò của từng pha, trong đó nước hoặc dầu có thể lần lượt đóng vai trò là môi trường phân tán hoặc pha phân tán. Với những đặc tính vượt trội, chất nhũ hóa không chỉ đảm bảo sự ổn định cấu trúc của nhũ tương mà còn mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là công nghiệp thực phẩm và dược phẩm.

Polyglycerol polyricinolate (PGPR) là một chất nhũ hóa được sản xuất từ axit béo có nguồn gốc thực vật, thường tồn tại dưới dạng chất lỏng màu vàng nhạt. Với giá trị HLB từ 3 đến 4, PGPR thuộc nhóm chất nhũ hóa ưa dầu và chủ yếu được sử dụng để tạo nhũ tương W/O. Đặc điểm nổi bật của PGPR là khả năng giảm độ nhớt của hỗn hợp, cải thiện tính lưu động và hạn chế sự kết tụ của các hạt nhũ tương. Ngoài ra, PGPR có tính tương thích cao với các chất nhũ hóa khác, chẳng hạn như khi kết hợp với Tween 80 để tăng cường độ ổn định của nhũ tương (Jin và cộng sự, 2021). So với các chất nhũ hóa ưa dầu khác như Span 80, PGPR được đánh giá cao nhờ khả năng hình thành nhũ tương W/O ổn định hơn. Một nghiên cứu so sánh độ ổn định của

nhũ tương W/O chứa pha nước tới 40% giữa PGPR, Span 80, và hỗn hợp Span 80 với Tween 80 cho thấy nhũ tương điều chế bằng PGPR có kích thước giọt nhỏ hơn, đồng thời phân bố kích thước giọt đồng đều hơn (Taylor, 2011). Hơn nữa, PGPR đã được Cục Quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ (FDA) công nhận là an toàn (GRAS), đảm bảo tính ứng dụng cao trong nhiều lĩnh vực như thực phẩm và dược phẩm. Với các đặc tính vượt trội và độ an toàn cao, PGPR là lựa chọn tối ưu để nhũ hóa các hệ nhũ tương W/O trong nghiên cứu này.

Trong nghiên cứu này, Tween 80 và PG được lựa chọn làm các chất hoạt động bề mặt ưa nước để khảo sát nhũ tương W/O/W. Tween 80, thuộc nhóm chất nhũ hóa không ion hóa là dẫn xuất polyoxyethylene, được biết đến với tên gọi polyoxyethylene sorbitan monooleate. Chất này có độc tính thấp và ít gây kích ứng, phù hợp cho các ứng dụng nhũ tương đường uống, thuốc tiêm, hoặc bôi ngoài da. Với giá trị HLB là 15, Tween 80 là chất nhũ hóa ưa nước hiệu quả, thường được sử dụng để tạo nhũ tương với pha liên tục là pha nước. Trong quá trình hoạt động, Tween 80 làm giảm sức căng bề mặt tại giao diện hai pha, kéo bề mặt liên pha về phía pha nước, giúp pha nước trở thành môi trường phân tán và pha dầu là giọt phân tán trong trạng thái cân bằng.

So với các chất nhũ hóa ưa nước khác như Tween 60 và Tween 20, Tween 80 có lợi thế nhờ sở hữu chuỗi ankyl dài hơn, mang lại khả năng nhũ hóa mạnh mẽ hơn. Ngoài ra, Tween 80 còn có tính tương thích cao với các thành phần khác trong công thức nhũ tương, chẳng hạn như PG trong nghiên cứu này. PG là một phân tử lưỡng tính, đóng vai trò chất hỗ trợ hoạt động bề mặt bằng cách tăng cường độ hòa tan giữa pha dầu và pha nước. Sự kết hợp giữa Tween 80 và PG giúp cải thiện sinh khả dụng của một số hợp chất. Một nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khi sử dụng Tween 80 và PG để điều chế nhũ tương W/O/W nhằm phát triển chất mang tương thích sinh học cho resveratrol, hiệu quả phân phối của hợp chất này đã được tăng cường đáng kể (Cassiday, 2014). Hơn nữa, cả Tween 80 và PG đều được FDA công nhận là an toàn, đảm bảo tính phù hợp cho các ứng dụng trong thực phẩm và dược phẩm.

1.4.1.3. Một số phương pháp nhũ hóa

Nhũ hóa là một công đoạn quan trọng và được ứng dụng rộng rãi trong quy trình sản xuất thực phẩm, đặc biệt để tạo ra các sản phẩm có cấu trúc và tính chất ổn định. Hiện nay, các phương pháp nhũ hóa được phân thành hai nhóm chính: phương pháp nhũ hóa năng lượng cao và phương pháp nhũ hóa năng lượng thấp.

Các phương pháp nhũ hóa năng lượng cao dựa trên việc cung cấp năng lượng cơ học lớn để phá vỡ các giọt pha phân tán, bao gồm nhũ hóa siêu âm (ultrasonic emulsification), đồng hoá áp suất cao (high-pressure homogenization), vi lỏng hóa (microfluidization) và nhũ hóa màng (membrane emulsification). Những phương pháp này thường được sử dụng để tạo ra các nhũ tương có kích thước hạt nhỏ và đồng đều với độ ổn định cao, phù hợp với các sản phẩm yêu cầu chất lượng cao và thời gian bảo quản lâu.

Ngược lại, các phương pháp nhũ hóa năng lượng thấp tận dụng sự thay đổi hóa lý để hình thành nhũ tương mà không cần cung cấp năng lượng lớn từ bên ngoài. Các phương pháp phổ biến trong nhóm này bao gồm phương pháp nhiệt độ đảo pha (Phase Inversion Temperature, PIT), phương pháp điểm đảo pha (Emulsion Phase Inversion, EPI), và phương pháp nhũ hóa tự phát (Spontaneous emulsification). Đây là những phương pháp tiết kiệm năng lượng, phù hợp với các ứng dụng yêu cầu thân thiện với môi trường hoặc các sản phẩm nhạy cảm với nhiệt độ và áp suất cao.

a. Một số phương pháp nhũ hóa năng lượng cao

Nhũ hóa siêu âm

Nhũ hóa siêu âm là một kỹ thuật hiệu quả để tạo ra nhũ tương với kích thước hạt siêu nhỏ, thường ở cấp độ nano. Phương pháp này sử dụng sóng siêu âm với tần số khoảng 20 kHz để khuấy trộn hỗn hợp chất nhũ hóa và hai pha không hòa tan, làm giảm kích thước hạt xuống dưới 0,2 μm . Năng lượng nhũ hóa được cung cấp bởi thanh siêu âm, được làm từ tinh thể thạch anh áp điện. Thanh siêu âm hoạt động thông qua sự co giãn dưới tác động của điện áp xoay chiều, tạo ra hiện tượng xâm thực trong chất lỏng. Quá trình này hình thành và phá hủy các khoang hơi, giúp giảm kích thước hạt đáng kể. Nhũ hóa siêu âm thường được ứng dụng khi yêu cầu kích thước giọt cực nhỏ và độ ổn định cao.

Đồng hoá áp suất cao

Phương pháp đồng hoá áp suất cao sử dụng thiết bị đồng hoá pít-tông hoặc máy đồng hoá áp suất cao để ép hỗn hợp qua các lỗ nhỏ với áp suất từ 500 đến 5000 psi, tạo ra nhũ tương có kích thước hạt rất nhỏ, có thể đạt mức 1 nm. Đây là phương pháp hiệu quả để sản xuất nhũ tương có kích thước hạt cực mịn. Tuy nhiên, do tiêu thụ năng lượng lớn, nhiệt độ của hỗn hợp thường tăng trong quá trình xử lý, có thể ảnh hưởng đến độ ổn định của các hoạt chất nhạy cảm.

Vi lỏng hóa

Vi lỏng hóa là một công nghệ tiên tiến, sử dụng thiết bị vi lỏng để tạo ra nhũ tương với kích thước hạt nhỏ hơn micron. Quá trình này dựa vào bơm dịch chuyển dương áp suất cao (500 - 20.000 psi), đẩy hỗn hợp qua buồng tương tác, nơi các giọt được phá vỡ thành kích thước mong muốn. Hỗn hợp được luân chuyển nhiều lần qua thiết bị để đạt độ đồng nhất cần thiết. Nhũ tương sau đó được đưa qua bộ lọc để loại bỏ các giọt lớn hơn, đảm bảo sản phẩm cuối cùng đồng nhất và có kích thước hạt nhỏ nhất.

Những phương pháp nhũ hoá năng lượng cao này đáp ứng nhu cầu nhũ hóa các sản phẩm có yêu cầu khắt khe về cấu trúc và độ ổn định, tuy nhiên chúng đòi hỏi thiết bị chuyên dụng và chi phí năng lượng cao.

b. Một số phương pháp nhũ hoá năng lượng thấp

Phương pháp đảo pha

Phương pháp đảo pha, trong đó hiện tượng pha liên tục chuyển thành pha phân tán và ngược lại, được xem là một kỹ thuật hiệu quả để tạo ra nhũ tương có kích thước hạt rất nhỏ. Quá trình nhũ hóa thông qua đảo pha thường được ứng dụng trong sản xuất các sản phẩm như thực phẩm, chất tẩy rửa, bao bì thuốc, mỹ phẩm và dược phẩm. Sự đảo pha có thể được kích hoạt bằng cách điều chỉnh nhiệt độ, tỉ lệ thể tích các pha hoặc thêm muối vào hệ thống.

Quá trình đảo pha thông qua sự thay đổi nhiệt độ được gọi là phương pháp "nhiệt độ đảo pha" (PIT), trong đó khả năng hòa trộn của hai pha đóng vai trò quyết định. Ngược lại, sự đảo pha do sự tăng dần lượng pha nhỏ đến một mức độ nhất định, đạt tới điểm đảo pha, được gọi là phương pháp "điểm đảo pha" (EPI), hay còn được gọi là phương pháp "nồng độ đảo pha" (PIC).

Phương pháp nhũ hóa tự phát

Các phương pháp tự nhũ hóa, hay nhũ hóa tự phát, sử dụng năng lượng hóa học giải phóng trong quá trình pha loãng, thường không làm thay đổi nhiệt độ toàn hệ nhũ tương và không có sự chuyển pha nào xảy ra trong hệ thống. Khi pha loãng, các thành phần có thể hòa tan trong nước, bao gồm dung môi, chất hoạt động bề mặt và/hoặc chất đồng hoạt động bề mặt, sẽ khuếch tán từ pha hữu cơ vào pha nước, tạo ra nhũ tương O/W. Quá trình này dẫn đến sự gia tăng đáng kể diện tích bề mặt phân cách, làm tăng độ bền của nhũ tương.

Quy trình này bao gồm việc chuẩn bị hai pha: một pha nước chứa chất hoạt động bề mặt ưa nước và pha còn lại là pha hữu cơ hoặc pha dầu, trong đó chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học, chất hoạt động bề mặt hòa tan trong dầu, và dung môi hữu cơ có khả năng hòa tan một phần trong nước, chẳng hạn như axeton hoặc etyl axetat. Pha hữu cơ được thêm từng giọt vào pha nước đang khuấy (mặc dù ngược lại, tức là thêm nước vào pha dầu, cũng có thể thực hiện trong trường hợp nhũ tương W/O) để tạo ra các nhũ tương có kích thước hạt nhỏ.

1.4.1.4. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình nhũ hóa

Quá trình vi bao có nhiều phương pháp khác nhau, và mỗi phương pháp có những yếu tố đặc thù ảnh hưởng đến quá trình cũng như chất lượng cuối cùng của các hạt vi bao. Do đó, việc cân nhắc đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng là rất quan trọng trước khi tiến hành vi bao các hợp chất. Trong kỹ thuật nhũ hóa, các yếu tố cần chú ý bao gồm: áp suất pha dầu, tốc độ dòng pha nước, tốc độ khuấy trộn và nồng độ chất hoạt động bề mặt (Laouini, 2013).

Áp suất tác dụng lên pha dầu có ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ dòng chảy qua các lỗ màng và sự hình thành các giọt nhũ. Các nghiên cứu cho thấy rằng áp suất trong khoảng từ 2,4 - 4 bar có tác động trực tiếp đến đặc tính của nhũ tương. Khi áp suất tăng từ 0,3 kPa lên 0,6 kPa, đường kính trung bình của giọt nhũ tăng từ 62 nm lên 98 nm (Laouini, 2013). Hiện tượng này có thể được giải thích bởi sự tác động của áp suất lên sức căng bề mặt của pha phân tán. Sự gia tăng áp suất làm hạn chế các chất hoạt động bề mặt, giảm sức căng bề mặt và dẫn đến hình thành các giọt nhũ có kích thước lớn hơn (Joscelyne & Trägårdh, 1999).

Ngoài ra, dòng chảy pha liên tục cũng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự hình thành kích thước giọt nhũ. Các giọt nhũ được hình thành trên bề mặt màng và tách ra dưới tác động của dòng chảy pha liên tục. Kích thước giọt nhũ giảm mạnh khi vận tốc dòng chảy tăng lên và khi đạt đến kích thước thích hợp, nó sẽ không bị ảnh hưởng bởi vận tốc dòng chảy nữa (Laouini, 2013).

Tốc độ khuấy cũng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kích thước của hạt nhũ. Một nghiên cứu chỉ ra rằng khi tốc độ khuấy tăng từ 100 vòng/phút lên 1000 vòng/phút, kích thước hạt giảm từ 220 nm xuống 170 nm (Tsukada và cộng sự, 2009). Nghiên cứu của Anais và cộng sự cũng cho thấy rằng khi tốc độ khuấy từ 8000 vòng/phút tăng lên 24.000 vòng/phút, kích thước hạt nhũ giảm từ 554 nm xuống 276 nm (Anais và cộng sự, 2009). Từ các nghiên cứu này, có thể rút ra kết luận việc tăng

tốc độ khuấy làm giảm kích thước của các hạt. Các giọt nhũ tương có xu hướng kết hợp lại trước khi phân tán đủ trong pha liên tục; do đó, việc tăng tốc độ khuấy có thể nâng cao sự phân tán của các hạt và ngăn ngừa chúng kết hợp lại.

Một yếu tố khác ảnh hưởng mạnh mẽ đến kích thước hạt là nhiệt độ. Nhiệt độ tác động trực tiếp đến độ nhớt của cả pha phân tán và pha liên tục. Khi nhiệt độ nhũ hóa tăng lên, độ nhớt của hệ thống giảm, giúp các giọt nhũ dễ dàng hình thành và tách ra hơn khi độ nhớt của nhũ tương không quá cao. Khi nhiệt độ pha liên tục tăng, kích thước của giọt nhũ cũng giảm (Katoh và cộng sự, 1997).

Chất hoạt động bề mặt (chất nhũ hóa) có tác động mạnh mẽ đến sự hình thành và độ ổn định của nhũ tương. Chúng thúc đẩy quá trình nhũ hóa bằng cách phân tán hai pha không thể hòa trộn vào nhau thông qua tính chất lưỡng cực của mình. Chất nhũ hóa phù hợp có khả năng làm giảm sức căng bề mặt, cho phép các pha phân tán vào nhau dễ dàng và ổn định hơn (Fernandez & Jebbanema, 2007). Bên cạnh đó, chất nhũ hóa còn tác động đến các đặc tính cuối cùng của nhũ tương, bao gồm khả năng hình thành màng, độ bám dính, khả năng thấm ướt, khả năng chống nước và khả năng tạo bọt (Fernandez & Jebbanema, 2007). Ngoài ra, chất nhũ hóa còn có khả năng kiểm soát sự chuyển đổi kích thước hạt, sự phân tán kích thước hạt, độ nhớt và độ ổn định tổng thể của hệ nhũ tương.

1.4.2. Vi bao bằng phương pháp sấy phun

Sấy phun là một quá trình chuyển đổi các sản phẩm thực phẩm dạng lỏng (dung dịch, nhũ tương và gel) thành dạng bột bằng cách phun nguyên liệu vào môi trường sấy nóng. Đầu tiên, các hoạt chất được hòa trộn đồng đều trong vật liệu vi bao, tạo thành dạng nhũ tương, dung dịch hoặc huyền phù với kích thước hạt trong khoảng 1 - 100 micromet. Đây là bước quan trọng nhất trong các giai đoạn của quá trình vi bao bằng sấy phun, vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định và hiệu quả của hạt vi bao (Shahidi & Han, 1993). Ở giai đoạn này, bổ sung chất nhũ hóa phụ thuộc vào khả năng tạo dung dịch ổn định của vật liệu vỏ.

Sau khi dung dịch nạp liệu đạt được trạng thái mong muốn, hỗn hợp được đưa vào buồng sấy. Tại đây, các thông số sấy như nhiệt độ, tốc độ dòng khí và áp suất được điều chỉnh linh hoạt tùy theo mục đích sử dụng và yêu cầu sản phẩm. Trong quá trình sấy, nước trong hỗn hợp được loại bỏ nhờ năng lượng nhiệt, dẫn đến hình thành các hạt vi bao. Những hạt này bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học khỏi độ ẩm,

oxy, ánh sáng và các tác nhân môi trường khác, giúp cải thiện độ bền và ổn định của sản phẩm (Petrović và cộng sự, 2007).

1.4.2.1. Ưu điểm

Công nghệ sấy phun mang lại nhiều lợi thế trong ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm. Trước tiên, phương pháp này cho phép kiểm soát chính xác kích thước và hình dạng hạt bột, góp phần cải thiện kết cấu, hương vị, độ hòa tan của sản phẩm, giúp bảo toàn giá trị dinh dưỡng và kéo dài thời hạn sử dụng.

Phương pháp sấy phun đặc biệt hiệu quả đối với các thành phần nhạy cảm và dễ bị phân hủy, chẳng hạn như PUFA (polyunsaturated fatty acids), vitamin, enzyme, men vi sinh, hương liệu và polyphenol. Những hợp chất này có thể được vi bao trong các chất nền trơ để gia tăng tính ổn định và hiệu quả hoạt động. Bên cạnh đó, sấy phun tạo ra các sản phẩm ổn định, dễ sử dụng và có tính khả dụng cao trong nhiều ứng dụng (Barbosa-Cánovas và cộng sự, 2005).

Phương pháp này còn nổi bật nhờ tính tự động hóa cao, khả năng tùy chỉnh thông số sấy phù hợp với từng loại sản phẩm và chi phí vận hành tương đối thấp. So với sấy thăng hoa, sấy phun được chứng minh là hiệu quả hơn khi vi bao dầu, đồng thời tiết kiệm chi phí từ 30 đến 50 lần (Ng và cộng sự, 2013).

1.4.2.2. Nhược điểm

Tuy nhiên, công nghệ sấy phun cũng tồn tại một số hạn chế. Đa số các chủng lợi khuẩn không được bảo toàn trong quá trình này, do nhạy cảm với nhiệt độ cao, quá trình mất nước, và tổn thương màng tế bào (Petrović và cộng sự, 2007).

Để khắc phục những hạn chế này, bổ sung các chất bảo vệ như trehalose và prebiotic đã được chứng minh là hiệu quả trong việc tăng cường tính ổn định của các hợp chất có hoạt tính sinh học và duy trì khả năng sống sót của tế bào (Petrović và cộng sự, 2007). Điều này không chỉ giảm thiểu sự bất hoạt của vi sinh vật trong quá trình sấy phun, mà còn cải thiện tính ổn định của sản phẩm trong quá trình bảo quản.

1.4.2.3. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình vi bao bằng phương pháp sấy phun

Có rất nhiều phương pháp vi bao và mỗi phương pháp sẽ có những yếu tố cụ thể ảnh hưởng đến quá trình sấy phun cũng như chất lượng cuối cùng của các hạt vi bao. Vì thế cần nhắc đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng trước khi tiến hành vi bao các hợp chất. Đối với vi bao bằng phương pháp sấy phun, các yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình sấy phun bao gồm loại vật liệu vỏ bao, tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao, độ

nhớt nhũ tương, nhiệt độ đầu vào và đầu ra của quá trình sấy phun (Ray và cộng sự, 2016).

a. Vật liệu vỏ bao

Vật liệu vỏ bao đóng vai trò quan trọng trong quá trình vi bao, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vi bao và độ ổn định của hạt vi bao. Do đó, việc lựa chọn vật liệu vỏ bao cần được cân nhắc kỹ lưỡng. Trong lĩnh vực thực phẩm, vật liệu vỏ bao lý tưởng cần đáp ứng các yêu cầu sau: có tính lưu biến tốt, khả năng hình thành lớp vỏ ổn định để bảo vệ và duy trì tính nguyên vẹn của thành phần lõi, hiệu quả trong việc bảo vệ lõi trước các điều kiện môi trường bất lợi, không gây tác động tiêu cực đến các yếu tố cảm quan của sản phẩm, an toàn cho người sử dụng, không độc hại, hiệu quả về mặt kinh tế và có khả năng phân hủy sinh học (McClements và cộng sự, 2007; Nazzaro và cộng sự, 2012).

Ngoài ra, vật liệu vỏ bao cần có tính chất lý hóa phù hợp, không tương tác với thành phần lõi, chẳng hạn như màng kỵ nước kết hợp với lõi ưa nước hoặc ngược lại. Hiện nay, các loại vật liệu vỏ bao phổ biến được sử dụng trong vi bao bao gồm protein, lipid và carbohydrate, được chiết xuất từ nhiều nguồn khác nhau.

Protein

Các đặc tính hóa lý và chức năng vượt trội như khả năng nhũ hóa, tạo gel, và tạo màng đã làm cho protein trở thành vật liệu vi bao lý tưởng với tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp thực phẩm. Trong số các protein, gelatin được sử dụng phổ biến để sản xuất các hạt gel mềm chứa omega-3, vitamin D và dầu cá, mang lại độ ổn định cao. Ngoài ra, whey protein đã được chứng minh là vật liệu vỏ bao ưu việt trong vi bao các hợp chất hương liệu và dầu giàu PUFA, với hiệu suất đóng gói vượt trội đạt 89,6%, cao hơn so với protein đậu nành (75,9%). Các hạt vi bao chứa vỏ protein được sản xuất bằng phương pháp sấy phun đạt độ ổn định đến 60 ngày ngay cả trong điều kiện hoạt độ nước cao ($a_w = 0,74 - 0,90$) (Jimenez và cộng sự, 2004).

Tuy nhiên, protein cũng tồn tại một số hạn chế khi được sử dụng làm vật liệu vỏ bao. Một trong những hạn chế lớn là khả năng gây dị ứng đối với một số đối tượng, ví dụ như protein đậu nành, lúa mì và đậu phộng đã được xác định là các tác nhân gây dị ứng. Bên cạnh đó, tính chất của protein phụ thuộc mạnh mẽ vào các yếu tố môi trường như độ pH, cường độ ion, và nhiệt độ của nhũ tương hoặc dung dịch (McClements, 2004).

Để khắc phục các hạn chế này, việc phối trộn protein với các vật liệu khác, đặc biệt là các polymer sinh học thuộc nhóm carbohydrate như maltodextrin, si rô ngô, và đường sữa, đã được chứng minh là một phương pháp hiệu quả. Phương pháp này không chỉ giảm thiểu tác động của môi trường mà còn cải thiện hiệu quả chức năng vi bao của protein.

Lipid

Lipid, do tính kỵ nước và không hòa tan trong nước, được sử dụng phổ biến để vi bao các hợp chất ưa nước. Các loại lipid khác nhau (glyceride, axit béo, sáp và phospholipid) đã được nghiên cứu và ứng dụng trong việc vi bao các hoạt chất thực phẩm. Mặc dù công nghệ vi bao sử dụng lipid làm vỏ bao vẫn còn tương đối mới, nhưng nó đang dần trở nên phổ biến nhờ những ưu điểm vượt trội. Tuy nhiên, lipid không phù hợp cho các sản phẩm yêu cầu xử lý ở nhiệt độ cao, vì lớp chất béo rắn sẽ tan chảy, dẫn đến mất các đặc tính bảo vệ vốn có. Hệ vi bao phổ biến như nhũ tương nano, nanoliposome, hạt nano lipid rắn, và chất mang lipid cấu trúc nano (Fathi và cộng sự, 2012).

Carbohydrates

Carbohydrate là vật liệu lý tưởng để làm vỏ bao nhờ khả năng hình thành cấu trúc phân tử xoắn lớn hơn so với các loại vỏ bao khác. Fathi và cộng sự đã nghiên cứu các hệ vi bao sử dụng carbohydrate và cho thấy nhiều ứng dụng tiềm năng, bao gồm cải thiện khả năng kháng axit, tăng khả năng hòa tan ở pH tự nhiên và nâng cao khả năng chịu nhiệt (Fathi và cộng sự, 2018).

Các vật liệu vỏ bao carbohydrate thường sử dụng bao gồm tinh bột và các dẫn xuất của tinh bột (ví dụ: maltodextrin), dẫn xuất của cellulose (carboxymethyl cellulose), gum (gum Arabic, gum guar và gum hạt chia) và β -cyclodextrin. Với độ sẵn có cao, hương vị nhạt và khả năng bảo vệ lõi tốt, những vật liệu này thường được ứng dụng để vi bao các nguyên liệu thực phẩm đa dạng như dầu giàu axit béo không bão hòa nhiều nối đôi (PUFA), vitamin, hoạt chất sinh học, enzyme và hương liệu. Tinh bột biến tính được phát hiện có khả năng bảo vệ tốt hơn so với tinh bột tự nhiên và tinh bột sáp (Jeon và cộng sự, 2003).

Hơn nữa, chất nhầy hạt chia và hạt lanh đã được sử dụng để tạo thành các chất đông tụ phức hợp với protein hạt chia và protein hạt lanh, nhằm vi bao các loại dầu giàu PUFA (Kaushik và cộng sự, 2016). Một trong những ưu điểm lớn khi sử dụng chất gum thực vật làm vỏ bao là khả năng hoạt động như một nguồn chất xơ hòa tan

và prebiotic cho hệ vi sinh vật đường ruột. Thêm vào đó, tinh bột và gum không chứa protein còn phù hợp để sản xuất các sản phẩm không gây dị ứng, đặc biệt dành cho những người dị ứng với protein

Nhận xét chung

Vật liệu vỏ bao thường được sử dụng trong quá trình sấy phun các sản phẩm chứa hợp chất có hoạt tính sinh học bao gồm gum arabic (GA) và maltodextrin (MD). Gum arabic là một loại gum tự nhiên, là một hỗn hợp phức tạp của glycoprotein và polysaccharit. Nó có khả năng hòa tan trong nước, có thể ăn được và thường được sử dụng như là một chất ổn định, chất nhũ hóa hay chất làm đặc trong ngành công nghiệp thực phẩm. GA đã được chứng minh là vật liệu vỏ bao hiệu quả trong việc bảo vệ các vật liệu dễ bay hơi trong quá trình sấy phun. Vật liệu này giúp giảm độ nhớt và độ bám dính của dung dịch nạp liệu, từ đó tăng hiệu quả sấy và giảm tiêu thụ năng lượng (Lourenço và cộng sự, 2020). Ngoài ra, GA còn có khả năng cải thiện độ ổn định của bột, bảo vệ các hợp chất nhạy cảm với nhiệt độ như chất màu hoặc chất chống oxy hóa (Barro và cộng sự, 2021), điều mà rất phù hợp với nghiên cứu này. Tuy nhiên, tính sẵn có của GA khá hạn chế và chi phí cao hơn so với các vật liệu vỏ carbohydrate khác, điều này đã hạn chế việc sử dụng GA phổ biến ở quy mô công nghiệp. Do đó, GA thường được pha trộn với các vật liệu khác như MD và gum mesquite để giảm chi phí vi bao (Minemoto và cộng sự, 2002).

Maltodextrin là một polysaccharide thường được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm. Nó tồn tại dưới dạng bột trắng ở nhiệt độ thường và được chiết xuất từ tinh bột ngô, tinh bột gạo hoặc tinh bột khoai tây. MD đóng vai trò như một chất làm dày hoặc chất nhũ hóa và được FDA công nhận là phụ gia thực phẩm an toàn. Giống như GA, MD là một vật liệu vỏ bao lý tưởng cho việc vi bao các nguyên liệu nhạy cảm với nhiệt độ cao, như vitamin C và các hợp chất phenolic. Nó có khả năng giảm khả năng hút ẩm của sản phẩm khô và kéo dài thời gian sử dụng của sản phẩm (Koç & Kaymak-Ertekin, 2014). Đặc biệt, chi phí sử dụng MD không cao so với phần lớn các loại vỏ bao khác, vì vậy nó được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp thực phẩm. Dựa trên các phân tích về ưu và nhược điểm, MD và GA đã được lựa chọn là hai loại vật liệu vỏ bao chính trong nghiên cứu này.

b. Tỷ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao

Một yếu tố quan trọng khác ảnh hưởng đến quá trình vi bao là tỷ lệ khối lượng giữa vật liệu lõi và vật liệu vỏ bao. Một số nghiên cứu cho thấy rằng khi khối lượng

của lõi chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học càng lớn, hiệu quả vi bao càng giảm (Rocha và cộng sự, 2012). Điều này có thể giải thích bởi việc thiếu đủ lượng vỏ bao sẽ không thể bao phủ toàn bộ lõi, khiến hạt bột dễ bị nứt vỡ và các thành phần bên trong lõi bị phân hủy. Tuy nhiên, Cilek và cộng sự lại chứng minh việc tăng tỉ lệ giữa các hợp chất trong lõi và vỏ bao có thể dẫn đến hiệu quả vi bao cao hơn. Cụ thể, khi tỉ lệ lõi polyphenol: vỏ bao tăng từ 1:20 lên 1:10 thì hiệu quả vi bao tăng từ 70 - 80% lên đến 78 - 82% (Cilek và cộng sự, 2012). Kết quả này cho thấy tỉ lệ phối trộn tối ưu giữa lõi và vỏ bao không cố định, mà thay đổi linh hoạt tùy thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm yêu cầu của sản phẩm, loại vật liệu lõi và loại vật liệu vỏ bao. Do đó, yếu tố này cần được khảo sát trong nghiên cứu này nhằm xác định tỉ lệ phối trộn phù hợp nhất để nâng cao hiệu quả vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học trong sơ ri.

c. Nhiệt độ đầu vào

Nhiệt độ đầu vào là nhiệt độ của không khí sấy được làm nóng ở giai đoạn đầu và đóng vai trò quan trọng trong khả năng bay hơi của dung môi, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình vi bao các hợp chất. Nhiệt độ đầu vào có thể tác động đến độ nhớt và tính lưu động của dung dịch nạp liệu. Khi nhiệt độ tăng, độ nhớt và sự kết tụ, bám dính của dung dịch giảm, giúp tăng tốc độ bay hơi, rút ngắn thời gian sấy và giảm chi phí năng lượng. Kết quả là, sản phẩm bột tạo ra sẽ có kích thước hạt nhỏ, độ ẩm thấp, từ đó kéo dài thời gian sử dụng. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ đầu vào quá cao, quá trình bay hơi sẽ diễn ra quá mức, làm cho lớp vật liệu màng bị nứt, dẫn đến sự giải phóng sớm hoặc phá hủy các thành phần hoạt tính có giá trị cao nhưng nhạy nhiệt, ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm (Gharsallaoui và cộng sự, 2007). Ngược lại, nếu nhiệt độ đầu vào quá thấp, tốc độ bay hơi sẽ giảm, làm cho độ nhớt tăng, sản phẩm có độ ẩm cao, dễ kết tụ và thời gian sử dụng ngắn. Do đó, cần nghiên cứu chọn ra nhiệt độ đầu vào phù hợp để tối ưu hóa quá trình sấy, đạt hiệu quả cao.

d. Nhiệt độ đầu ra

Nhiệt độ đầu ra là nhiệt độ cao nhất mà hạt bột có thể đạt được trong quá trình sấy (Daniel và cộng sự, 2017). Yếu tố này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác trong suốt quá trình sấy như nhiệt độ đầu vào, tốc độ nạp liệu, độ ẩm không khí, tốc độ dòng khí, nồng độ và dung môi của dung dịch nạp liệu. Nhiệt độ đầu ra ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm, bao gồm độ ẩm, khả năng hút ẩm, tỷ trọng và độ đồng đều kích thước hạt. Khi nhiệt độ đầu ra quá cao, hạt bột có thể bị nóng quá mức, dẫn đến nứt vỡ vỏ bao và phá hủy vật chất lõi, gây suy giảm chất lượng sản phẩm. Nghiên

cứu cho thấy, khi nhiệt độ đầu ra tăng từ 100°C lên đến 120°C, độ ẩm bột tăng lên (George và cộng sự, 2023), hiệu quả sấy giảm, pH và màu sắc sản phẩm cũng bị thay đổi (Singh và cộng sự, 2022). Hiện tượng này cũng xảy ra khi nhiệt độ đầu ra quá thấp.

Do đó, việc tạo ra sự chênh lệch nhiệt độ tối ưu giữa nhiệt độ đầu vào và đầu ra là vô cùng quan trọng trong quy trình sấy phun. Vì vậy, cả nhiệt độ đầu vào và đầu ra đều là những yếu tố cần được khảo sát kỹ lưỡng trong nghiên cứu này để đạt hiệu quả tối ưu trong quá trình sấy và bảo vệ chất lượng sản phẩm.

e. Một số yếu tố khác

Độ nhớt và kích thước hạt của dung dịch nạp liệu là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình vi bao trong phương pháp sấy phun. Dung dịch có độ nhớt cao làm giảm tốc độ bay hơi của dung môi, dẫn đến thời gian sấy dài hơn, gây hao phí năng lượng và ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng sản phẩm. Thêm vào đó, độ nhớt cao tạo ra các hạt bột có kích thước lớn và hình dáng không đồng đều, khiến chất lượng sản phẩm bị suy giảm (Gharsallaoui và cộng sự, 2007).

Nồng độ dung dịch cấp liệu càng cao thì độ nhớt của dung dịch càng lớn, điều này làm tăng khả năng thu được các hạt có kích thước lớn và hình dạng không đồng đều, đồng thời làm tăng khả năng kết tụ. Khi nồng độ dung dịch cao, tốc độ bơm giảm, có thể gây nghẹt đầu phun, ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình phun sấy.

Tốc độ nạp liệu liên quan đến tốc độ bơm dung dịch phun vào bộ phun quay hoặc vòi phun. Tại áp suất phun không đổi, khi tốc độ dòng chảy tăng, kích thước giọt sẽ tăng lên do vòi phun phải phun ra nhiều chất lỏng hơn. Ngược lại, nếu tốc độ nạp liệu giảm, kích thước giọt sẽ nhỏ hơn. Yếu tố này ảnh hưởng đến kích thước và độ đồng đều của các hạt bột tạo ra trong quá trình sấy phun, từ đó ảnh hưởng đến chất lượng vi bao và sản phẩm cuối cùng.

1.4.3. Nhận xét chung

Trong nghiên cứu này, phương pháp nhũ hóa tự phát được lựa chọn dựa trên các ưu điểm của nó so với các phương pháp nhũ hóa khác. Phương pháp này thực hiện mà không cần tăng nhiệt độ toàn bộ quá trình, giúp hạn chế khả năng phá hủy và biến tính của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri. Hơn nữa, phương pháp nhũ hóa tự phát không yêu cầu thiết bị phức tạp hay chi phí cao, làm cho nó thích hợp để thực hiện ở quy mô phòng thí nghiệm và dễ dàng mở rộng

ra quy mô lớn hơn. Mục tiêu chính của nghiên cứu là tạo ra hệ nhũ tương hai lớp kép W/O/W để vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri cô đặc, nhằm bảo vệ các hợp chất này khỏi các yếu tố tác động tiêu cực từ môi trường và kéo dài thời gian sử dụng của chúng. Vì vậy, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình vi bao như thành phần và nồng độ chất nhũ hóa ưa dầu và ưa nước, nồng độ dịch chiết cô đặc, nồng độ nhũ một lớp W/O trong nhũ kép W/O/W và tốc độ khuấy sẽ được khảo sát để lựa chọn các thông số tối ưu.

Dựa trên phân tích ưu, nhược điểm của từng phương pháp và vai trò của các yếu tố trong quá trình vi bao, phương pháp sấy phun đã được chọn để vi bao vitamin C và các hợp chất có hoạt tính sinh học chiết từ trái sơ ri xanh. Trong nghiên cứu, các yếu tố bao gồm loại vật liệu lõi, thành phần vỏ bao, tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao, nhiệt độ đầu vào và đầu ra được nghiên cứu. Ngoài ra, ảnh hưởng của độ ẩm không khí, thời hạn bảo quản sản phẩm và động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học bên trong lõi (xem mục 1.5) cũng cần được nghiên cứu. Các kết quả sẽ được đánh giá dựa trên các chỉ tiêu như tổng hàm lượng vitamin C, các hợp chất phenolic, flavonoid và một số chỉ tiêu vật lý như độ ẩm, tỷ trọng và hình thái hạt bột.

1.5. Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ hạt vi bao

Mô hình và động học giải phóng vật liệu lõi vi bao là một trong những thông số quan trọng để đánh giá hiệu quả của quá trình vi bao. Mặc dù mục đích chính của vi bao là bảo vệ các vật liệu lõi khỏi các yếu tố môi trường, nhưng nếu các lõi không thể được giải phóng hoặc được giải phóng không đúng thời điểm và môi trường mong muốn, thì quá trình vi bao sẽ trở nên vô nghĩa. Vì vậy, cơ chế giải phóng lõi ở môi trường và thời gian thích hợp là yếu tố quan trọng không kém khả năng bảo vệ lõi của lớp vi bao.

Mô hình động học giải phóng các hoạt chất sinh học từ hạt vi bao bao gồm ba giai đoạn chính: giải phóng bề mặt, khuếch tán thông qua hấp thụ trương nở và làm mòn vỏ bao (Peng và cộng sự, 2010). Hiện nay, có nhiều nghiên cứu đã đề xuất các phương pháp khác nhau để mô phỏng và nghiên cứu giải phóng các đặc tính của vật liệu sinh học trong hạt vi bao. Một số mô hình phổ biến bao gồm:

- Mô hình Higuchi: Mô tả quá trình giải phóng từ hệ thống ma trận, thường được sử dụng để nghiên cứu giải phóng từ các vật liệu rắn
- Định luật căn bậc ba Hixson-Crowell: Mô tả sự giải phóng khi có sự thay đổi về diện tích bề mặt và đường kính của các hạt

- Mô hình Fickian và non-Fickian: Áp dụng cho các hệ polymer trương nở và không trương nở, giúp mô phỏng sự khuếch tán của các chất từ hạt vi bao
- Phương trình Weibull: Mô tả độ hòa tan và giải phóng, biểu thị phần tích lũy của chất giải phóng trong dung dịch tại một thời điểm xác định
- Mô hình Hopfenberg: Mô tả tương quan giữa sự giải phóng và quá trình ăn mòn bề mặt của polymer

Mặc dù có nhiều mô hình và phương pháp nghiên cứu, việc ứng dụng vi bao trong thực phẩm vẫn gặp nhiều hạn chế. Tuy nhiên, kỹ thuật *in-vitro* hiện nay là phổ biến nhất trong ngành công nghiệp thực phẩm để nghiên cứu giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ hạt vi bao. Các yếu tố kích hoạt giải phóng như enzyme, pH và nhiệt độ có các cơ chế riêng biệt, vì chúng có thể được kiểm soát độc lập với nhau trong các tình huống khác nhau (Singh và cộng sự, 2010).

Một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ giải phóng lõi là tương tác giữa vật liệu vỏ bao và vật liệu lõi. Ngoài ra, các yếu tố khác như tính dễ bay hơi của lõi, tỉ lệ giữa lõi và vật liệu màng bao, kích thước hạt và độ nhớt của vật liệu làm màng bao cũng ảnh hưởng đáng kể đến quá trình giải phóng (Ganza-Gonzalez và cộng sự, 1999).

1.5.1. Cơ chế giải phóng

1.5.1.1. Cơ chế khuếch tán

Cơ chế khuếch tán mô tả quá trình vận chuyển các hạt vi bao từ nơi có nồng độ cao đến nơi có nồng độ thấp ở trạng thái ổn định, được mô tả bởi định luật Fick. Cơ chế này đặc biệt xảy ra khi lớp vỏ vi bao còn nguyên vẹn. Quá trình hòa tan lõi xảy ra khi chất lỏng hòa tan xuyên qua vật liệu màng bao, dẫn đến sự rò rỉ của vật chất lõi qua các lỗ hoặc khe hở trong màng bao (Gunder và cộng sự, 1995). Các nghiên cứu ban đầu cho thấy, tốc độ giải phóng cuối cùng phụ thuộc vào tốc độ thâm nhập của chất lỏng hòa tan vào vi bao, tốc độ hòa tan của lõi vào chất lỏng hòa tan, tốc độ rò rỉ và phân tán của lõi. Lõi được giải phóng có thể làm cho vỏ vi bao phồng lên hoặc không (Shahidi & Han, 1993). Sự giải phóng lõi có thể dẫn đến hiện tượng vỏ vi bao phồng lên hoặc không, tùy thuộc vào đặc tính của vật liệu lõi và vỏ bao, loại, kích thước và hình dạng của hạt vi bao.

1.5.1.2. Cơ chế hoà tan

Khi lớp vỏ bao dần dần tan ra, các lõi sẽ được giải phóng. Tốc độ giải phóng này phụ thuộc vào tốc độ hòa tan của lớp vỏ bao trong chất lỏng hòa tan. Tốc độ hòa

tan này lại bị ảnh hưởng bởi độ dày của lớp phủ và khả năng hòa tan của nó (Gunder và cộng sự, 1995). Một ví dụ minh họa cho cơ chế này là việc giải phóng hương vị cà phê vi bao khi tiếp xúc với nước. Trong khi đó, hương vị vẫn được bảo vệ khỏi tác động của nhiệt, ánh sáng và quá trình oxy hóa ở trạng thái khô.

1.5.1.3. Cơ chế thẩm thấu

Trong cơ chế thẩm thấu, lớp vỏ polymer của hạt vi bao hoạt động như một màng bán thấm. Sự chênh lệch áp suất thẩm thấu giữa bên trong và bên ngoài hạt vi bao tạo ra lực di chuyển của các hợp chất bên trong lõi qua các lỗ nhỏ trong lớp vỏ bao, giải phóng chúng ra môi trường ngoài (Singh và cộng sự, 2010). Các yếu tố ảnh hưởng đến cơ chế này bao gồm độ dày của lớp vỏ bao, kích thước của hạt vi bao, độ khuấy trộn với dung môi hòa tan, độ nhớt của dung môi và nhiệt độ quá trình (Malekjani & Jafari, 2021).

1.5.1.4. Cơ chế phân hủy sinh học

Trong cơ chế phân hủy sinh học, các enzyme như protease và lipase sẽ thủy phân protein hoặc lipid tương ứng, dẫn đến giải phóng lõi. Một nghiên cứu của Hickey và cộng sự cho thấy sự phân hủy enzyme làm tăng tốc quá trình chín của phô mai cheddar nhanh hơn 50% so với phương pháp làm chín thông thường (Hickey và cộng sự, 2007).

1.5.2. Các yếu tố ảnh hưởng

1.5.2.1. pH

Tốc độ giải phóng lõi có thể bị ảnh hưởng bởi pH vì sự thay đổi giá trị pH tác động đến độ trương nở và khả năng hòa tan của vỏ bao. Ví dụ, alginate, khi dùng làm chất vỏ bao duy nhất, có thể không ổn định khi có mặt chelate và axit. Chitosan, một loại vỏ bao phổ biến, không hòa tan trong nước ở pH trung tính nhưng trở nên hòa tan ở các pH thấp, thường thấy trong dạ dày (Donhowe và cộng sự, 2014). Bên cạnh đó, sự có mặt của natri clorua có thể làm hạt vi bao phồng lên ở pH thấp, do sự gia tăng áp suất thẩm thấu giữa môi trường nước và vật liệu lõi. Tuy nhiên, pH cao có thể làm tăng độ ion của môi trường, dẫn đến giảm tỉ lệ trương nở cân bằng của vỏ bao.

1.5.2.2. Enzyme

Enzyme có thể tác động tương tác với pH tác động đến đặc tính giải phóng của các hợp chất. Park và cộng sự (2014) phát hiện rằng các hạt vi bao hai lớp chống lại sự phân hủy trong môi trường pH thấp và khi có sự hiện diện của pepsin (Park và cộng sự, 2014). Tuy nhiên, tại pH cao hơn, quá trình giải phóng lõi được cải thiện

đáng kể nhờ sự thủy phân của vật liệu vỏ bao bởi enzyme như lipase và pancreatin trong ruột. Một nghiên cứu khác của Ades và cộng sự (Ades và cộng sự, 2012) đã chuẩn bị các phức hợp bao gồm tinh bột với các hợp chất như menthone, menthol và limonene. Kết quả cho thấy enzyme α -amylase trong dịch nước bọt đóng vai trò quan trọng trong việc tăng cường khả năng giải phóng hương vị từ các phức hợp này (Ades và cộng sự, 2012).

1.5.2.3. Nhiệt độ

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự giải phóng lõi từ hạt vi bao. Quá trình này có thể được chia thành hai cơ chế chính: giải phóng nhạy cảm với nhiệt độ và giải phóng kích hoạt nhiệt hạch. Cơ chế giải phóng nhạy cảm với nhiệt độ dựa trên sự giãn nở hoặc phá vỡ của vật liệu màng khi nhiệt độ đạt tới một ngưỡng nhất định. Trong khi đó, cơ chế giải phóng kích hoạt nhiệt hạch xảy ra khi vật liệu màng nóng chảy khi nhiệt độ tăng cao (Silva và cộng sự, 2014).

1.5.2.4. Áp suất

Áp suất cũng được xem là một yếu tố kích hoạt quá trình giải phóng lõi từ hạt vi bao thông qua tác động của lực nén lên vật liệu bao. Wong và cộng sự (2009) đã nghiên cứu tác động của áp suất bằng cách phân tích khả năng giải phóng hương từ kẹo cao su trong quá trình nhai. Kết quả chỉ ra rằng áp suất đóng vai trò quan trọng trong việc giải phóng các hợp chất từ hạt vi bao, đặc biệt thông qua sự biến dạng và phá vỡ cấu trúc của vật liệu màng bao.

1.6. Tiểu kết

Từ những phân tích trên cho thấy việc áp dụng phương pháp lạnh đông để cô đặc dịch sơ ri, tối ưu hóa điều kiện vi bao dịch cô đặc sơ ri thông qua phương pháp sấy phun kết hợp với nhũ hóa tự phát có khả năng bảo vệ tối đa các hợp chất có hoạt tính sinh học. Ngoài ra, khảo sát độ ổn định của bột vi bao trong các điều kiện bảo quản khác nhau và đánh giá khả năng giải phóng của bột vi bao trong môi trường mô phỏng thực phẩm là cần thiết. Những cải tiến mới này không chỉ nâng cao chất lượng của sản phẩm mà còn mở ra nhiều tiềm năng ứng dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm, góp phần vào việc bảo quản và nâng cao giá trị dinh dưỡng của dịch sơ ri.

Chương 2

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian và địa điểm thực hiện nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 12/2022 đến tháng 4/2024 tại phòng thí nghiệm Phát Triển Sản Phẩm, phòng thí nghiệm Kỹ Thuật Thực Phẩm, phòng thí nghiệm Hóa Keo Khoa Công Nghệ Hóa Học và Thực Phẩm, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM và Trung tâm công nghệ Việt Đức, Trường Đại học Công Thương TP.HCM.

2.2. Nguyên liệu và hóa chất sử dụng trong nghiên cứu

2.2.1. Nguyên liệu

Sau khi khảo sát nguyên liệu tại khu vực Đông Nam Bộ, Việt Nam, trái sơ ri (*Malpighia emarginata* DC.) được thu hoạch và cung ứng bởi Hợp tác xã Sơ ri huyện Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang. Các nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng vitamin C cao nhất ở giai đoạn chưa trưởng thành (còn xanh, 2,16 g/100 g) so với giai đoạn trung gian (màu vàng/cam, 1,06 g/100 g) và giai đoạn trưởng thành (chín đỏ, 1,07 g/100 g) (Vendramini & Trugo, 2000). Do đó, nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu này là dịch chiết từ trái sơ ri xanh. Tiêu chí lựa chọn nguyên liệu bao gồm trái sơ ri còn xanh (đường kính 1-2 cm, sau 18-20 ngày nở hoa), tươi, cuống vẫn giữ màu xanh và không bị tổn thương cơ học. Sau khi thu mua, trái sơ ri được rửa sạch và ép để thu dịch chiết. Dịch chiết sau đó được bảo quản ở trạng thái lạnh đông nhằm duy trì chất lượng và sử dụng cho toàn bộ quá trình nghiên cứu.

2.2.2. Hóa chất

Hóa chất sử dụng trong nghiên cứu được liệt kê ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Hoá chất sử dụng trong nghiên cứu

Tên hóa chất	Nhà sản xuất
2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), gallic acid monohydrate ($\geq 99\%$), catechin ($\geq 97\%$), L-ascorbic acid (99%), quercetin ($\geq 95\%$)	Sigma-Aldrich, Mỹ
2,6-diclorophenol-indophenol (DCIP), oxalic acid	Acros Organics, Bỉ
Acetone, acetic acid, ethanol, hexane, tween 80, methanol (99.9%), o-phosphoric acid (H_3PO_4 , $\geq 85\%$)	Fisher Scientific, Mỹ
Aluminum chloride (AlCl_3 , $\geq 98\%$), sodium chloride (NaCl , $\geq 99\%$), potassium chloride (KCl , $\geq 99\%$)	Duchefa Biochemie, Hà Lan
Dầu hương dương tinh luyện (100%)	Dầu Thực Vật Tường An, Việt Nam
Gum Arabic (GA), maltodextrin (MD, DE 15-20)	Qinhuangdao Lihua Starch, Trung Quốc
Na_2CO_3 , NaNO_2 , NaOH ($\geq 97\%$)	Scharlau (Scharlab), Tây Ban Nha
Polyglycerol polyricinoleate (PGPR)	Fine Organic Industries, Ấn Độ
Propylene glycol (PG)	Duksan, Hàn Quốc
Potassium acetate (CH_3COOK , $> 92\%$)	Xilong, Trung Quốc
Thuốc thử Folin-Ciocalteu	Himedia Labs, Ấn Độ

2.2.3. Thiết bị

Các thiết bị chính sử dụng trong nghiên cứu được trình bày ở Bảng 2.2.

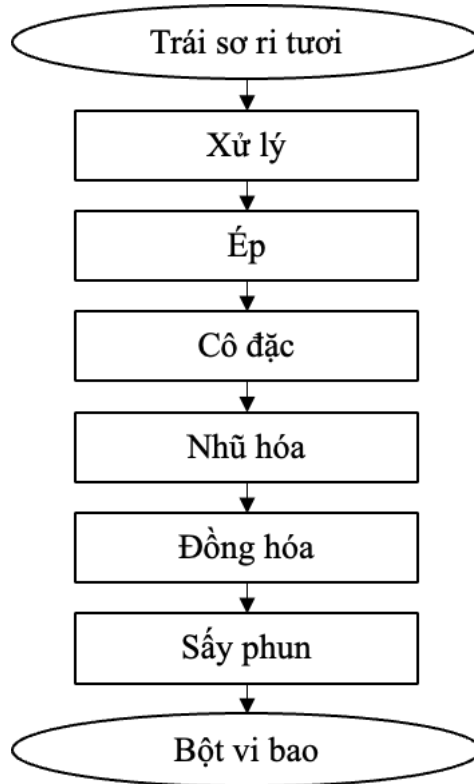
Bảng 2.2. Thiết bị sử dụng chính trong nghiên cứu

Tên thiết bị	Model	Nhà sản xuất
Thiết bị sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC)	1260	Agilent, Mỹ
Hệ thống nhiễu xạ tia X	X'PERT PRO	Panalytical, Hà Lan
Máy phân tích hạt	Hydro 2000MU	Malvern Panalytical, Anh
Máy khuấy từ	HSC 7	VELP Scientifica HSC, Ý
Máy đồng hóa	SHG-15A	SciLab, Vietnam
Máy sấy phun	SD-06	Lab Plant UK, Anh
Tủ lạnh, tủ đông	VH-4099A1	Sanaky, Việt Nam
Máy ép chậm	HSJ-B30A	Hafele, Đức
Máy đo quang phổ tử ngoại khả kiến	8453	Aligent, Mỹ
Kính hiển vi điện tử quét (SEM)	JSM-IT200	JEOL, Nhật Bản
Cân điện tử 4 số	CPA 3245	Sartorius, Đức
Máy đo pH để bàn	HI2550	Hanna Instruments, Ý
Máy đo hoạt độ nước	Aw-Wert-Messer	Durotherm, Đức
Máy ly tâm	DM0402	DLAB Scientific, Trung Quốc

2.3. Quy trình công nghệ

2.3.1. Sơ đồ tổng quát bố trí thí nghiệm

Quy trình công nghệ tổng quát được trình bày ở Hình 2.1.



Hình 2.1. Quy trình vi bao dịch chiết trái sơ ri

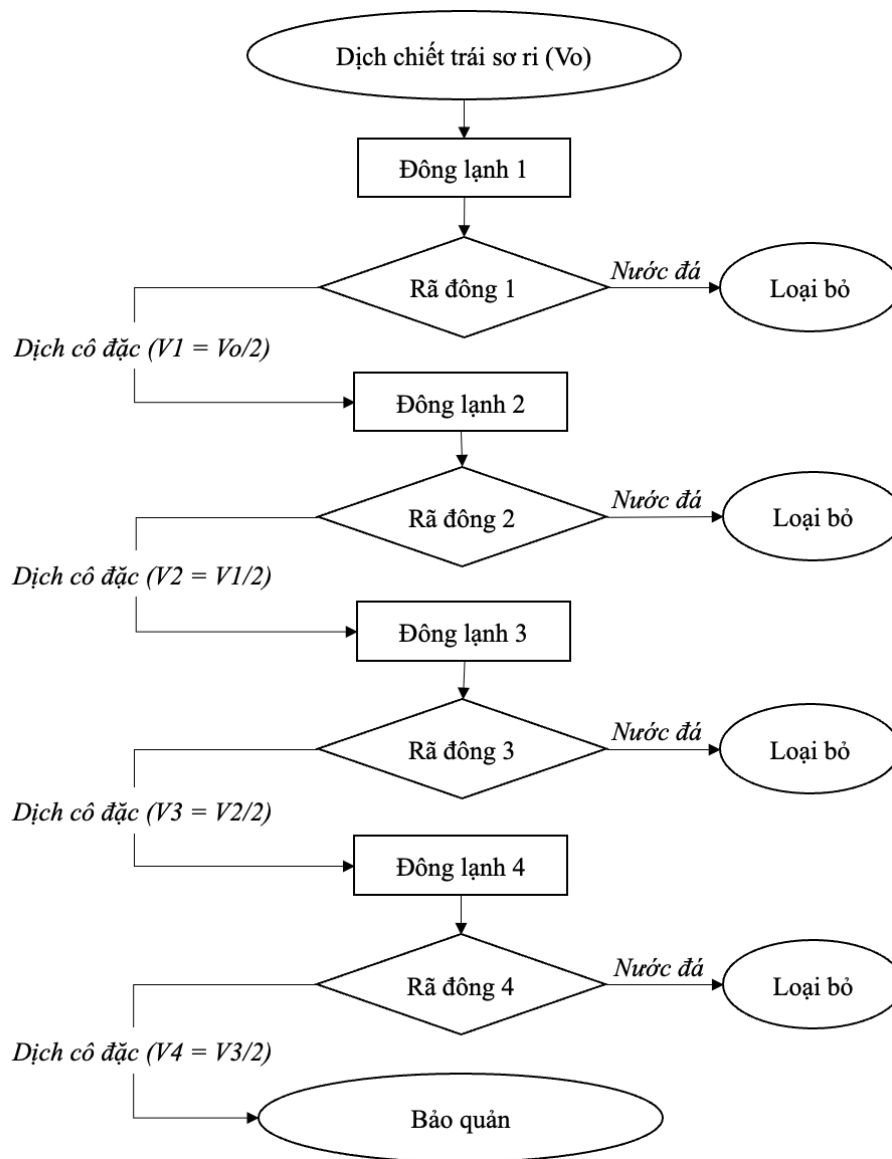
2.3.2. Thuyết minh quy trình

Xử lý: Trái sơ ri tươi sau khi mua về được loại bỏ phần cuống và lá cây rồi rửa sạch. Sau đó, chúng được ngâm trong dung dịch chlorine 100 ppm trong vòng 5 phút và rửa sạch dưới vòi nước chảy. Trái sơ ri sau khi xử lý được để ráo chuẩn bị cho quá trình ép.

Ép: Mục đích của công đoạn này là tạo ra dịch chiết sơ ri sử dụng cho nghiên cứu. Sử dụng máy ép chập Hafele (HSJ-B30A, Đức) để ép trực tiếp trái sơ ri tươi trong điều kiện chấn sáng. Sau đó, bã ép được ép lại 1 lần nữa để hạn chế thất thoát dịch chiết. Dịch sơ ri sau đó được lọc bằng vải lọc thực phẩm, tiến hành ly tâm ở 4000 vòng/phút để tách tạp chất. Dịch chiết sau cùng được mang đi phân tích các chỉ tiêu hoá lý và bảo quản trong tủ đông ở -18°C để sử dụng cho các nghiên cứu.

Cô đặc: Công đoạn này đóng vai trò như một bước xử lý dịch chiết trước khi bước vào quy trình vi bao. Mục đích của công đoạn này là để nâng cao hàm lượng vật chất khô hoà tan trong mẫu dịch chiết thông qua việc loại bỏ nước. Dịch chiết thu

được ở bước ép sẽ được tiến hành cô đặc sử dụng phương pháp lạnh đông kết hợp rã đông bằng vi sóng được tiến hành theo mô tả của Aider và cộng sự (2007) với một số điều chỉnh, được thể hiện thông qua Hình 2.2. Nhìn chung, trong quá trình cô đặc, mỗi mẻ dịch chiết sơ ri sau khi đã được lọc và ly tâm được đông lạnh trong tủ đông theo các giai đoạn (1, 2, 3, 4) ở -18°C trong các thời gian 24, 36, 48, 60 và 72 giờ. Các mẫu đông được chứa trong bình thủy tinh có gắn đầu dò đo nhiệt độ kết nối với thiết bị ghi nhận nhiệt độ mẫu theo thời gian thực. Sau mỗi giai đoạn, khối đông lạnh được rã đông bằng lò vi sóng (560 W) cho đến khi thu được 50% thể tích ban đầu để tiến hành chu trình cô đặc tiếp theo, đồng thời loại bỏ lượng đá còn lại.



Hình 2.2. Sơ đồ quy trình cô đặc lạnh đông

Nhũ hóa: Dịch chiết sau khi cô đặc được tiến hành nhũ hoá bằng phương pháp nhũ hoá tự phát để tạo thành nhũ tương W/O/W. Quá trình này bao gồm 2 giai đoạn là tạo nhũ W/O và tạo nhũ W/O/W. Đầu tiên, nhũ tương W/O được hình thành bằng cách hòa tan một lượng PGPR với dầu hướng dương bằng máy khuấy từ để tạo hỗn hợp pha dầu đồng nhất rồi nhỏ từ từ dịch sơ ri cô đặc vào hỗn hợp rồi tiếp tục khuấy hỗn hợp thêm 15 phút để hoàn thành nhũ tương. Sau đó, nhỏ từng giọt nhũ tương W/O vào dung dịch gồm nước cất và chất nhũ hóa (Tween 80, PG) để hình thành nhũ W/O/W. Điều kiện nhũ hóa cụ thể sẽ được tiến hành khảo sát ở mục thí nghiệm 2.4.3.

Đồng hóa: Dung dịch nạp liệu bao gồm vật liệu lõi (dịch sơ ri cô đặc; nhũ tương sơ ri W/O/W) được phối trộn (theo tỉ lệ 1:1; 1:1.5; 1:2, w/w) với dung dịch vỏ bao 30% gồm MD và GA (1:0; 2:1; 1:1; 1:2; 0:1, w/w) bằng máy đồng hóa ở 10.000 rpm trong 10 phút để chuẩn bị cho quá trình sấy phun.

Sấy phun: Dung dịch nguyên liệu được sấy phun với tốc độ nạp khí được duy trì ổn định ở mức 30 m³/h và nhiệt độ đầu vào (140°C, 150°C, 160°C, 170°C và 180°C) cho quá trình sấy phun được cài đặt trực tiếp. Nhiệt độ đầu ra (65°C, 75°C, 85°C và 95°C) được điều chỉnh tương ứng bằng cách điều chỉnh tốc độ dòng cấp liệu (654 mL/h, 576 mL/h, 498 mL/h và 420 mL/h). Sau khi hoàn tất quá trình sấy khô, bột thu sấy phun được để nguội, sau đó được cân và sau đó được đóng trong các túi nhôm nhiều lớp phẳng. Những túi này sau đó được bảo quản ở nhiệt độ -18°C để sử dụng cho các phân tích tiếp theo.

2.4. Bố trí thí nghiệm

2.4.1. Đánh giá một số chỉ tiêu hoá lý của sơ ri tươi

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và 3 lần lặp. Mẫu tươi được pha loãng với nước cất rồi và sau đó tiến hành phân tích các chỉ tiêu bao gồm tổng hàm lượng chất rắn hoà tan (TSS, °Brix), độ pH, độ ẩm, hàm lượng vitamin C, TPC, TFC và hàm lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ.

2.4.2. Xử lý dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông

2.4.2.1. Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố với ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là số giai đoạn cô đặc lạnh đông dịch chiết sơ ri, bao gồm 1, 2, 3 và 4 giai đoạn. Dịch chiết sơ ri tươi sau khi được ép, lọc kỹ và ly tâm thu được 5 lít dịch trong. Lượng dịch này được tiến hành cô đặc qua 4 giai đoạn như mô tả ở Hình 2.2.

Mỗi giai đoạn có nhiệt độ đông lạnh là -18°C trong thời gian 24 giờ. Hiệu suất cô đặc được đánh giá thông qua các chỉ tiêu như TSS, TPC, TFC và hàm lượng vitamin C.

Kết quả phân tích các chỉ tiêu này sau mỗi giai đoạn được sử dụng để xác định số giai đoạn cô đặc thích hợp cho các thí nghiệm tiếp theo.

2.4.2.2. Ảnh hưởng của thời gian cô đặc lạnh đông lên nồng độ các hợp chất có hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là thời gian cô đặc lạnh đông dịch chiết sơ ri tương ứng cho từng giai đoạn, bao gồm 24, 36, 48, 60 và 72 giờ. Dịch chiết trái sơ ri sau khi lọc và ly tâm, được chia thành 6 mẫu, mỗi mẫu 5 lít, để tiến hành đông lạnh giai đoạn 1 ở -18°C trong lần lượt 24, 36, 48, 60, và 72 giờ, tương ứng với từng mẫu. Sau đó, rã đông mẫu bằng lò vi sóng và tiến hành phân tích dịch cô đặc.

Hiệu suất cô đặc được đánh giá thông qua các chỉ tiêu TSS, TPC, TFC và hàm lượng vitamin C. Dựa trên kết quả phân tích, thời gian đông lạnh thích hợp nhất cho từng giai đoạn được xác định. Thời gian này sau đó được cố định cho giai đoạn đông lạnh đầu tiên để tiến hành các thí nghiệm tương tự đối với các giai đoạn đông lạnh tiếp theo nhằm xác định điều kiện cô đặc thích hợp nhất.

2.4.3. Nhũ hoá các hợp chất sinh học từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc bằng phương pháp nhũ hóa tự phát

2.4.3.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR trong pha dầu lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 5 tỉ lệ khác nhau của PGPR trong pha dầu, bao gồm 6%, 8%, 10%, 12% và 14% (v/v).

Đầu tiên, 5 mẫu pha dầu được chuẩn bị bằng cách pha PGPR với dầu hướng dương theo các tỉ lệ tương ứng là 6%, 8%, 10%, 12% và 14% (v/v). Tiếp theo, dịch chiết trái sơ ri cô đặc, đóng vai trò là pha nước W1, được thêm từ từ vào từng mẫu pha dầu sao cho tỉ lệ giữa pha dầu với pha nước là 65:35 (v/v). Quá trình này được thực hiện ở nhiệt độ phòng, với tốc độ khuấy 500 rpm trong 15 phút để tạo 1 lít nhũ tương W/O. Nhũ tương sau khi hình thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi phân tích. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ nhớt, hàm lượng vitamin C, TPC, và TFC.

2.4.3.2. Khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ dịch cô đặc lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 4 tỉ lệ khác nhau của dịch sơ ri cô đặc trong hỗn hợp nhũ tương, bao gồm 30%, 35%, 40% và 45%.

Quy trình chuẩn bị 5 mẫu pha dầu được thực hiện theo mô tả tại Mục 2.3.2 và Thí nghiệm 2.4.3.1, sử dụng tỉ lệ PGPR chọn từ kết quả thí nghiệm 2.4.3.1. Sau đó, lần lượt thêm dịch cô đặc vào các mẫu pha dầu với tỉ lệ tương ứng từ 30% đến 45%, ở tốc độ khuấy 500 rpm. Quá trình khuấy được duy trì ở nhiệt độ phòng để tạo 1 lít nhũ tương W/O. Nhũ tương sau khi hình thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi phân tích các chỉ tiêu. Chỉ tiêu theo dõi bao gồm độ nhớt, hàm lượng vitamin C, TPC và TFC.

2.4.3.3. Khảo sát ảnh hưởng tốc độ khuấy lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 4 tốc độ khuấy khác nhau, bao gồm 300 rpm, 500 rpm, 700 rpm và 900 rpm.

Chuẩn bị 4 mẫu theo quy trình nhũ hóa được theo mô tả tại Mục 2.3.2 và Thí nghiệm 2.4.3.1, sử dụng tỉ lệ PGPR và tỉ lệ dịch cô đặc từ kết quả Thí nghiệm 2.4.3.1 và 2.4.3.2. Sau khi nhỏ giọt dịch chiết sơ ri cô đặc vào pha dầu, các hỗn hợp được khuấy đều ở 4 tốc độ khuấy theo khảo sát để tạo 1 lít nhũ tương. Nhũ tương sau khi hình thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi tiến hành phân tích. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ nhớt, hàm lượng vitamin C, TPC và TFC.

2.4.3.4. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa đến sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 5 tỉ lệ phối trộn giữa Tween 80 và PG, lần lượt là 1:0; 3:1; 2:1; 1:1 và 1:2 (v/v), được trình ở Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Tỷ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỷ lệ phối trộn tween 80 và PG

Mẫu	Pha dầu		Pha nước W2	
	Nhũ W/O (% v/v)	Tween 80 (% v/v)	PG (% v/v)	Nước cất (% v/v)
1:0	15	20	0	65
3:1	15	15	5	65
2:1	15	13,3	6,7	65
1:1	15	10	10	65
1:2	15	6,7	13,3	65

Quy trình nhũ hoá được thực hiện theo mô tả ở Mục 2.3.2, sử dụng các thành phần và tỷ lệ phối trộn được chọn từ các thí nghiệm trước. Đầu tiên, hỗn hợp chất nhũ hóa ưa nước được phối trộn từ Tween 80 và PG theo các tỷ lệ xác định. Sau đó, cho từ từ hỗn hợp này vào nước cất, khuấy ở tốc độ khuấy 500 rpm cho đến khi tan đều, thu được pha nước W2. Tiếp theo, cho từ từ nhũ tương W/O vào pha nước W2 và hỗn hợp được tiếp tục khuấy ở 500 rpm trong 15 phút ở nhiệt độ phòng để tạo 1 lít nhũ tương W/O/W. Nhũ tương sau khi tạo thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi tiến hành phân tích. Các chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm kích thước hạt nhũ tương, PI, hàm lượng vitamin C, TPC và TFC.

2.4.3.5. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 5 nồng độ chất nhũ hóa, bao gồm 10%, 15%, 20%, 25% và 30% (v/v), được trình bày trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Tỷ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỷ lệ phần trăm chất nhũ hóa

Mẫu	Pha dầu	Pha nước W2	
	Nhũ W/O (% v/v)	Hỗn hợp chất nhũ hóa được chọn (% v/v)	Nước cất (% v/v)
1	15	10	75
2	15	15	70
3	15	20	65
4	15	25	60
5	15	30	55

Quy trình nhũ hóa được thực hiện theo mô tả tại Mục 2.3.2. Nhũ tương W/O được tạo theo quy trình được trình bày ở Thí nghiệm 2.4.3.1, sử dụng tỉ lệ thành phần được xác định từ Thí nghiệm 2.4.3.3. Đầu tiên, hỗn hợp chất nhũ hóa được chuẩn bị với tỉ lệ thành phần chọn từ thí nghiệm 2.4.3.4. Hỗn hợp này được thêm từ từ vào nước cất, khuấy đều ở tốc độ khuấy 500 rpm cho đến khi tan hoàn toàn, để tạo thành pha nước W2. Tiếp theo, cho từ từ nhũ tương W/O vào pha nước W2 và tiếp tục khuấy ở 500 rpm trong 15 phút ở nhiệt độ phòng để tạo 1 lít nhũ tương W/O/W. Nhũ tương sau khi tạo thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi tiến hành phân tích. Chỉ tiêu theo dõi bao gồm kích thước hạt nhũ tương, PI, hàm lượng vitamin C, TPC và TFC.

2.4.3.6. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 5 tỉ lệ nhũ tương W/O gồm 15%, 18%, 21%, 24% và 27% (v/v), được trình bày ở Bảng 2.5.

Quy trình nhũ hóa được thực hiện theo mô tả tại Mục 2.3.2. Nhũ tương W/O được chuẩn bị theo quy trình đã trình bày trong Thí nghiệm 2.4.3.1, với tỉ lệ các thành phần được xác định từ Thí nghiệm 2.4.3.3. Đầu tiên, hỗn hợp chất nhũ hóa được phối trộn với tỉ lệ thành phần được chọn từ Thí nghiệm 2.4.3.4. Hỗn hợp này được thêm từ từ vào nước cất, khuấy đều ở tốc độ 500 rpm cho đến khi tan hoàn toàn, để tạo thành pha nước W2. Tiếp theo, nhũ tương W/O được thêm từ từ vào pha nước W2. Hỗn hợp được khuấy ở tốc độ 500 rpm trong 15 phút ở nhiệt độ phòng để tạo 1 lít nhũ tương W/O/W. Nhũ tương sau khi hình thành được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi tiến hành phân tích. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm kích thước hạt nhũ tương, PI, hàm lượng vitamin C, TPC, và TFC.

Bảng 2.5. Tỉ lệ thành phần tạo nhũ W/O/W thay đổi theo tỉ lệ phần trăm nhũ W/O

Mẫu	Pha dầu	Pha nước W2	
	Nhũ W/O (%, v/v)	Hỗn hợp chất nhũ hóa được chọn (%, v/v)	Nước cất (%, v/v)
1	15	A	100-A-15
2	18	A	100-A-18
3	21	A	100-A-21
4	24	A	100-A-24
5	27	A	100-A-27

2.4.3.7. Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Nhân tố thí nghiệm là 4 tốc độ khuấy từ bao gồm 300 rpm, 500 rpm, 700 rpm và 900 rpm. Nhũ hóa được thực hiện theo quy trình được mô tả tại Mục 2.3.2. Nhũ tương W/O được tạo theo quy trình được mô tả ở Thí nghiệm 2.4.3.1, với tỉ lệ các thành phần được chọn từ Thí nghiệm 2.4.3.3. Chuẩn bị 4 mẫu nhũ W/O/W được tạo thành lần lượt với các thành phần được chọn từ Thí nghiệm 2.4.3.6. Mỗi mẫu được khuấy ở 4 tốc độ khảo sát khác nhau. Sau khi hình thành 1 lít nhũ tương, các mẫu được để ổn định ở nhiệt độ phòng trước khi phân tích. Chỉ tiêu theo dõi bao gồm kích thước hạt nhũ tương, PI, hàm lượng vitamin C, TPC và TFC.

2.4.4. Vi bao dịch chiết sơ ri bằng phương pháp sấy phun

2.4.4.1. Khảo sát ảnh hưởng vật liệu lõi lên tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và 3 lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là loại vật liệu lõi sấy phun, bao gồm dịch chiết trái sơ ri cô đặc và nhũ tương W/O/W. Loại vật liệu vỏ bao được sử dụng trong thí nghiệm là dung dịch MD (30%, w/w) với tỉ lệ phối trộn giữa lõi và dung dịch vỏ bao là 1:1 (w/w). Quá trình sấy phun được tiến hành với tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg, tốc độ nạp khí là 30 m³/h, tốc độ nạp liệu là 498 mL/h, nhiệt độ sấy đầu vào 150°C và đầu ra 85°C. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

2.4.4.2. Khảo sát ảnh hưởng thành phần vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là thành phần dung dịch vỏ bao (30%, w/w), bao gồm MD, GA và tỉ lệ phối trộn giữa MD và GA (2:1, 1:1, và 1:2, w/w). Vật liệu lõi được chọn từ kết quả Thí nghiệm 2.4.4.1. Các yếu tố cố định bao gồm tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao, tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg, tốc độ nạp khí, tốc độ nạp liệu, nhiệt độ sấy đầu vào và đầu ra lần lượt là 1:1, 30 m³/h, 498 mL/h, 150°C và 85°C. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

2.4.4.3. Khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ lõi và vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao, bao gồm 1:1, 1:1,5 và 1:2. Vật liệu lõi và thành phần vỏ bao được chọn từ kết quả Thí nghiệm 2.4.4.1 và 2.4.4.2. Các yếu tố bao gồm tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg; tốc độ nạp khí, tốc độ nạp liệu, nhiệt độ sấy đầu vào và đầu ra được giữ cố định lần lượt là 30 m³/h, 498 mL/h, 150°C và 85°C. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

2.4.4.4. Khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ sấy phun đầu vào lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là nhiệt độ sấy phun đầu vào, bao gồm 140°C, 150°C, 160°C, 170°C và 180°C. Các nhân tố thí nghiệm bao gồm tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg; loại lõi, thành phần vỏ bao và tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao được xác định từ Thí nghiệm 2.4.4.1, 2.4.4.2 và 2.4.4.3. Quá trình sấy được tiến hành với tốc độ nạp khí là 30 m³/h, tốc độ nạp liệu là 498 mL/h, và nhiệt độ sấy đầu ra 85°C. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

2.4.4.5. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu ra lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là nhiệt độ sấy phun đầu ra, bao gồm 65°C, 75°C, 85°C và 95°C, tương ứng với tốc độ nạp liệu là 620 mL/h, 565 mL/h, 498 mL/h và 420 mL/h ở tốc độ nạp khí là 30 m³/h. Tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg, loại vật liệu lõi, thành phần vỏ bao, tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao và nhiệt độ sấy đầu vào của quá trình được xác định từ Thí nghiệm 2.4.4.1, 2.4.4.2, 2.4.4.3 và 2.4.4.4. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

2.4.4.6. Tối ưu hóa nhiệt độ sấy phun đầu vào và đầu ra

Yếu tố của thí nghiệm là cặp nhiệt độ sấy phun đầu vào (X₁) và đầu ra (X₂) được chọn từ các thí nghiệm một yếu tố (Thí nghiệm 2.4.4.4 và 2.4.4.5) và thiết kế

dựa trên phương pháp tối ưu hóa bề mặt đáp ứng (Response Surface Methodology, RSM) theo mô hình CCD (Central Composite Design) với 3 điểm tâm được thể hiện thông qua Bảng 2.6. Loại vật liệu lõi, thành phần vỏ bao, tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao của quá trình được xác định từ các thí nghiệm trước. Quá trình sấy được tiến hành với tổng khối lượng dịch trước sấy là 5 kg, tốc độ nạp khí là 30 m³/h. Chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao tính theo hàm lượng TPC, TFC và vitamin C.

Mô hình dự đoán bậc hai của các chỉ tiêu (Y_i) được trình bày dưới dạng:

$$Y_i = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{12}X_1X_2$$

Với a_0 , a_1 , a_2 , a_{11} , a_{22} và a_{12} lần lượt là các hệ số hồi quy.

Bảng 2.6. Bố trí thí nghiệm tối ưu hóa nhiệt độ sấy đầu vào (X_1) và đầu ra (X_2)

Biến mã hóa	Nhiệt độ đầu vào (X_1 , °C)	Nhiệt độ đầu ra (X_2 , °C)
+ 1,414	162	97
+ 1	160	95
0	155	90
- 1	150	85
- 1,414	148	83

2.4.4.7. Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên một yếu tố với ba lần lặp, trong đó nhân tố thí nghiệm là 3 loại dung môi phân tán mô phỏng môi trường thực phẩm, bao gồm nước, ethanol 10% và axit axetic 3% dựa trên Quy định của Ủy ban EU tháng 10/2011 (10/2011/EC) và phương pháp của Atay và cộng sự (2018) với một số điều chỉnh.

Tiến hành phân tán 5 g bột sơ ri vi bao, được sấy phun ở điều kiện tối ưu được xác định từ Thí nghiệm 2.4.4.6, được thực hiện vào từng loại dung môi ở nhiệt độ phòng. Vào các mốc thời gian thích hợp, hỗn hợp bột được lọc để thu phần dịch trong, tiến hành phân tích các chỉ tiêu theo dõi. Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột sơ ri vi bao được đánh giá dựa trên các mô hình, bao gồm Korsmeyer - Peppas, Peppas - Sahlin và Higuchi, với các chỉ tiêu theo dõi là hàm lượng TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do DPPH.

2.4.4.8. Đánh giá độ ổn định của sản phẩm bột ở các nhiệt độ bảo quản khác nhau

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là nhiệt độ bảo quản, bao gồm 10°C, 35°C và 45 °C. Chuẩn bị bột sơ ri vi bao ở các điều kiện tối ưu dựa trên các kết quả được chọn từ các thí nghiệm trước. Sau đó, bột được chia ra thành nhiều mẫu, mỗi mẫu 500 g, bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khảo sát với nhiệt độ phòng làm mẫu đối chứng. Các mẫu bột được bảo quản trong các túi zip trắng bạc 2 mặt và được đặt trong các tủ ủ nhằm duy trì nhiệt độ môi trường và độ ẩm ổn định trong suốt thời gian khảo sát. Ở các mốc thời gian 0, 1, 2, 5, 10, 20 và 30 ngày, một phần mẫu được lấy ra phân tích, cho đến khi hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học giảm còn 50% so với ban đầu. Các chỉ tiêu theo dõi của thí nghiệm bao gồm độ ẩm và tỷ trọng bột, hình thái hạt bột, hiệu suất vi bao tính theo phenolic tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC) và vitamin C.

2.4.4.9. Ảnh hưởng độ ẩm không khí lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên 1 yếu tố và ba lần lặp. Yếu tố của thí nghiệm là độ ẩm tương đối (RH) của không khí, bao gồm 8%, 22%, 43%, 75% và 84%. Chuẩn bị 5 dung dịch muối cân bằng bao gồm natri hydroxide (NaOH), kali acetat (CH_3COOK), kali carbonat (K_2CO_3), natri chloride (NaCl) và kali chloride (KCl) vào các bình thủy tinh có nắp đậy kín. Bột vi bao sơ ri vi tối ưu được phân tích các chỉ tiêu hóa lý trước khi tiến hành thí nghiệm. Sau đó, cân 2g bột vào 5 cốc nhôm, đặt mỗi cốc vào một bình hút ẩm chứa dung dịch muối đã được chuẩn bị sao cho bột không bị thấm ướt, sau đó đậy kín bình. Để độ ẩm không khí trong bình được ổn định, đóng chặt nắp bình và để bình cố định trong ít nhất 2 tuần để đạt trạng thái cân bằng. Sau 2 tuần, các mẫu bột trong bình được phân tích các chỉ tiêu bao gồm độ ẩm bột, hình thái hạt bột, hiệu suất vi bao tính theo TPC, TFC và vitamin C.

2.5. Các phương pháp phân tích

2.5.1. Định lượng tổng hàm lượng chất rắn hoà tan (TSS, °Brix)

Lượng vật chất khô hoà tan được xác định bằng khúc xạ kế cầm tay. Mẫu chất lỏng được nhỏ vào khúc xạ kế, ghi nhận giá trị Brix.

2.5.2. Đo pH

Độ pH được xác định bằng máy đo pH để bàn. Máy đo pH để bàn hoạt động theo nguyên tắc xác định nồng độ của các ion H^+ trong dung dịch mẫu. Nồng độ H^+ càng cao thì tính axit càng mạnh.

2.5.3. Đo độ ẩm

Độ ẩm của bột được xác định bằng phương pháp sấy khô ở $105^{\circ}C$. Cân 2g mẫu (m) vào các cốc nhôm đã được xác định khối lượng từ trước (m'). Sau đó các mẫu được mang đi sấy bằng tủ sấy ở nhiệt độ $105^{\circ}C$ cho đến khi khối lượng mẫu không đổi (m''). Độ ẩm (MC) của mẫu được xác định bằng công thức:

$$MC \% = \frac{m + m' - m''}{m} \times 100$$

2.5.4. Xử lý tách pha nhũ tương

Để tạo điều kiện thuận lợi cho phân tích các chỉ tiêu, pha nước được tách ra khỏi hệ nhũ bằng cách bổ sung vào hệ nhũ (10g): 100 mL dung môi (gồm 60 mL hexane và 40 mL acetone), 50 mL nước cất và 30 mL muối bão hòa. Cho toàn bộ hỗn hợp vào bình quả lê và lắc đều theo chiều kim đồng hồ. Đặt bình đứng yên cho đến khi quan sát thấy dung dịch tách pha hoàn toàn. Xả bình lấy phần dung dịch phía dưới mang đi phân tích.

2.5.5. Định lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C được xác định bằng phương pháp chuẩn độ 2,6-dichlorophenol-indophenol (DCIP) được trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.1. Kết quả được trình bày với đơn vị mgAAE/g hoặc mgAAE/ml.

2.5.6. Định lượng các hợp chất phenolic tổng

Xác định hàm lượng các hợp chất phenolic tổng được thực hiện theo phương pháp Folin-Ciocalteu. Phương pháp định lượng được trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.2. Kết quả được trình bày với đơn vị mgGAE/g hoặc mgGAE/ml.

2.5.7. Định lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ

Hàm lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ trong mẫu được xác định bằng hệ thống sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) theo phương pháp của Chuanphonpanich & Phanichphant (2006) và được trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.3.

2.5.8. Định lượng flavonoid tổng

Hàm lượng Flavonoid toàn phần được xác định bằng phương pháp Aluminum Chloride colorimetric (AlCl_3) được trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.4. Kết quả được trình bày với đơn vị mgQE/g hoặc mgQE/ml.

2.5.9. Hệ số cô đặc

Hệ số cô đặc là tỉ lệ giữa hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học (vitamin C, phenolic tổng và flavonoid tổng) của dịch sau và trước cô đặc.

2.5.10. Hình thái hạt nhũ tương

Hình thái hạt nhũ tương được quan sát bằng kính hiển vi quang học Leica DM-2500 ở nhiệt độ phòng. Lấy một giọt mẫu đặt trên các lam kính và sau đó đậy mẫu cẩn thận bằng phiến kính. Các cấu trúc vi mô của nhũ tương được quan sát ở độ phóng đại 40x với cường độ ánh sáng thích hợp. Lặp lại ba lần chụp đối với mỗi mẫu và chọn ra một hình ảnh đại diện để trình bày.

2.5.11. Đo độ nhớt của nhũ tương

Độ nhớt của nhũ tương được xác định bằng máy đo độ nhớt hiện số Brookfield DV-E sử dụng spindle s61. Mỗi mẫu được tiến hành đo nhớt với ba lần lặp. Kết quả được trình bày với đơn vị là mPa.s.

2.5.12. Đo kích thước và chỉ số đa phân tán kích thước hạt nhũ tương

Chỉ số đa phân tán (Polydispersity Index, PI) là thước đo tính không đồng nhất của mẫu dựa trên kích thước. Tính đa phân tán có thể xảy ra do sự phân bố kích thước trong một mẫu hoặc sự kết tụ hoặc kết tụ của mẫu trong quá trình phân lập hoặc phân tích (Mudalige và cộng sự, 2019) và trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.5.

2.5.13. Xác định hoạt tính chống oxy hoá bằng phương pháp đánh DPPH

Hoạt động nhốt gốc tự do của mẫu được đo bằng phương pháp đã được mô tả bởi Brand-Williams và cộng sự (1995) với một số sửa đổi, được trình bày chi tiết ở Phụ lục 1.6.

2.5.14. Hiệu suất vi bao

Hiệu suất vi bao tính theo TPC, TFC, vitamin C là tỉ lệ giữa khối lượng từng chỉ tiêu này trong bột so với khối lượng ban đầu có trong dịch trước sấy (hỗn hợp lõi và vỏ bao). Hiệu suất vi bao được tính bằng cách hòa tan 5 g bột trong nước cất bằng máy khuấy từ ở tốc độ 500 rpm trong 30 phút. Sau đó, ly tâm dung dịch ở 4000 rpm trong 10 phút, lấy phần dịch trong mang đi phân tích các chỉ tiêu TPC, TFC và vitamin C. Hiệu suất vi bao được tính theo công thức:

$$EY (\%) = \frac{C_i}{C_o} \times 100$$

Trong đó, EY là hiệu suất vi bao (%), C_i là hàm lượng TPC, TFC hoặc vitamin C có trong bột (g) và C_o là hàm lượng TPC, TFC hoặc vitamin C có trong hỗn hợp trước khi sấy (g).

2.5.15. Hiệu suất thu hồi

Hiệu suất thu hồi bột là tỉ lệ khối lượng giữa khối lượng bột vi bao thu được so với khối lượng vật chất khô trong dịch trước sấy ban đầu, tính theo phần trăm.

2.5.16. Hình thái hạt

Hình thái hạt được đánh giá bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Một lượng nhỏ từng loại bột vi bao được đặt cố định vào giá đỡ mẫu bằng băng dính hai mặt. Giá đỡ mẫu được đặt trong máy phủ phun vàng SPI trong chân không và bột được phủ một lớp paladi vàng mịn. Mẫu được quan sát và chụp lại dưới kính hiển vi điện tử quét ở các độ phóng đại 100x, 250x, 1000x, và 2500x.

2.5.17. Tỷ trọng bột

Cân 2 g bột (sàng qua rây 0,5 mm), cho vào ống đong 10 ml có chia vạch, ghi nhận thể tích của bột trên thân ống đong. Tỷ trọng (g/ml) được tính bằng cách chia khối lượng bột (g) cho thể tích tương ứng (ml).

2.5.18. Động học giải phóng

Các phương trình mô tả động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học (TPC, TFC và vitamin C) và hoạt tính chống oxy hoá DPPH (%), bao gồm:

- Phương trình Korsmeyer - Peppas: $Q_t = K_M \times t^n$
- Phương trình Peppas - Sahlin: $Q_t = K_1 \times t^n + K_2 \times t^{2n}$
- Phương trình Higuchi: $Q_t = K_H \sqrt{t}$

Trong đó, Q_t là hàm lượng TPC, TFC và vitamin C giải phóng tại thời gian t (mg/g vck) và DPPH (%) so với hàm lượng ban đầu;; K_M , K_1 , K_2 và K_H , lần lượt là hằng số giải phóng các hợp chất của phương trình Korsmeyer - Peppas, Peppas - Sahlin và Higuchi. Mô hình động học và cơ chế giải phóng tốt nhất được lựa chọn dựa trên giá trị hệ số xác định R^2 và hệ số mũ giải phóng n tương ứng.

2.5.19. Độ ẩm hấp phụ

Ảnh hưởng của độ ẩm lên bột sơ ri vi bao được khảo sát ở nhiệt độ phòng với 5 môi trường ẩm khác nhau. Mật độ chứa ẩm trong lớp đơn Mo (%) của bột được tính theo mô hình Brunauer-Emmett-Teller (BET).

$$Mo = \frac{McAw}{(1 - Aw)[1 + (C - 1)Aw]}$$

Với Mo là lượng nước cân bằng hấp thụ trong lớp đơn trên 100g vật chất khô, Mc là hàm lượng ẩm của bột, C là hằng số BET và Aw là hoạt độ nước của bột ở hàm lượng ẩm Mc .

2.5.20. Nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction, XRD)

Một lượng mẫu bột vi bao được đặt vào khe mẫu và sau đó được ép bằng kính mờ để tạo ra kết cấu bề mặt tốt, phù hợp cho quá trình phân tích. Các biểu đồ XRD được ghi lại trên thang 2θ từ 10 đến 80°, với độ tăng 0,02° và thời gian tồn tại cố định là 0,5 s trên máy đo nhiễu xạ tia X.

2.5.21. Năng lượng hoạt hóa

Năng lượng hoạt hóa (E_a) được tính toán dựa vào phương trình Arrhenius:

$$\log(k) = -\frac{E_a}{RT} + \log(A) \quad \text{hay} \quad \log(k) = -\frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T} + \log(A)$$

Trong đó, K là hằng số tốc độ suy thoái, E_a là năng lượng hoạt hóa, R là hằng số khí phổ quát, T là nhiệt độ, và A là hệ số tiền lũy thừa. Phương trình này có dạng $y = ax + b$. Do đó, đồ thị được vẽ giữa $\log(k)$ và $1/T$ sẽ có hệ số góc là $-\frac{E_a}{R}$, với R là hằng số đã biết.

Từ đó, tính được năng lượng hoạt hóa E_a theo công thức:

$$\text{Hệ số góc} = -\frac{E_a}{R} \Rightarrow E_a = -\text{Hệ số góc} \times R$$

2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Trong nghiên cứu này, mỗi thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần, kết quả được trình bày ở dạng giá trị trung bình $\pm$ giá trị độ lệch chuẩn. Đồ thị được trình bày bằng Microsoft Office Excel 2019, số liệu các thí nghiệm một yếu tố được xử lý bằng phần mềm thống kê SPSS (SPSS Statistics 23), số liệu thí nghiệm tối ưu được xử lý phần mềm JMP phiên bản 13.0, các giá trị $p < 0,05$ được coi là có ý nghĩa thống kê.

Chương 3

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá một số chỉ tiêu hóa lý của dịch chiết trái sơ ri

Sơ ri là loại trái cây giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học. Nước ép sơ ri tươi đã được tạo ra bằng phương pháp ép, sau đó tiến hành đo đạc các chỉ số vật lý, phân tích hàm lượng tổng các hợp chất phenolic, các hợp chất flavonoid, vitamin C và một số hợp chất phenolic đơn lẻ. Các kết quả phân tích được thể hiện ở Bảng 3.1. Các kết quả này là cơ sở so sánh xác định hiệu suất của các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 3.1. Một số chỉ tiêu hóa lý của sơ ri tươi

Chỉ tiêu phân tích	Hàm lượng
Hàm lượng ẩm (%)	88,15 ± 0,25
Vitamin C (mgAAE/ g)	2,39 ± 0,35
TPC (mgGAE/ g)	25,49 ± 0,23
TFC (mgQE/ g)	0,41 ± 0,04
Catechin (µg/ g)	1,37 ± 0,00
Gallic acid (µg/ g)	3,72 ± 0,00

Kết quả nghiên cứu của Vendramini & Trugo (2000) cho thấy hàm lượng vitamin C có trong sơ ri xanh là khoảng 2164 mg/100 g quả xanh, cao gấp đôi so với quả chín vừa (1065 mg/100 g) và quả chín đỏ (1074 mg/100g). Trong khi Prakash & Baskaran (2018) ghi nhận hàm lượng này dao động từ 1500-4500 mg/100g trái tươi. Các kết quả này có sự tương đồng với hàm lượng vitamin C thể hiện ở Bảng 3.1. Bên cạnh đó, Mezdari và cộng sự (2008) cũng cho kết quả gần tương đồng (9,44 – 17,97 mg/mL nước ép). Hơn nữa, Bảng 3.1 cũng cho thấy hàm lượng TPC trong dịch sơ ri tươi là 25,49 ± 0,23 mgGAE/g, kết quả này cao hơn với số liệu 10,3 - 10,5 mgGAE/g từ nghiên cứu của Lemâne Delva & Renée Goodrich

Schneider (2013) và 11,3 mgGAE/g từ nghiên cứu của Vasavilbazo-Saucedo và cộng sự (2018) và nhưng tương đồng với 24,2 - 28,4 mg/g theo nghiên cứu của Oledzki & Harasym (2024). Đồng thời, hàm lượng các hợp chất flavonoid được phân tích là khoảng 41 mgQE/100g. Kết quả này có sự tương đồng với báo cáo của Oledzki & Harasym (2024) là 35,56 - 39,97 mgQE/100g và của Vilvert và cộng sự (2024) là 3,92 - 22,00 mgQE/100g. Từ những kết quả trên cho thấy, hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học khác nhau tùy thuộc vào loại giống sơ ri sử dụng, cũng như điều kiện trồng và khí hậu.

3.2. Xử lý dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông

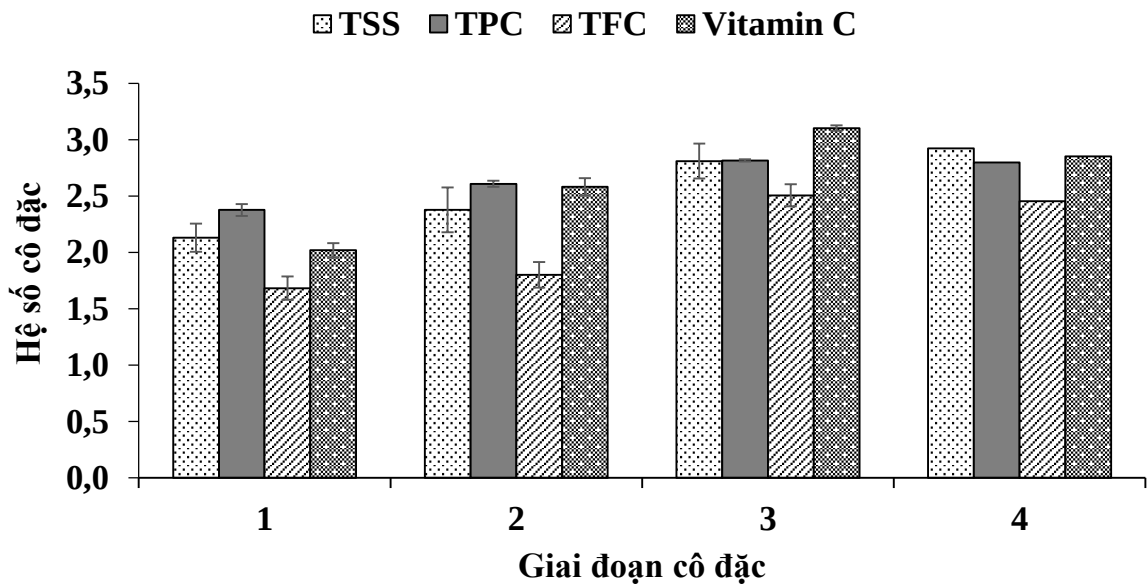
3.2.1. Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

Số giai đoạn lặp lại quy trình cô đặc lạnh đông là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của quá trình cô đặc dịch chiết. Việc xác định số giai đoạn phù hợp này không chỉ giúp nâng cao hiệu quả cô đặc, mà còn góp phần tiết kiệm thời gian và năng lượng sử dụng trong suốt quá trình. Do đó, cần tiến hành khảo sát để đánh giá tác động của số giai đoạn cô đặc đối với nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri, nhằm lựa chọn số giai đoạn phù hợp nhất, đảm bảo cả về mặt chất lượng sản phẩm lẫn hiệu quả kinh tế. Kết quả khảo sát về ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc được thể hiện trong Bảng 3.2 và Hình 3.1.

Bảng 3.2. Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên TSS, nồng độ TPC, TFC và vitamin C trong dịch sơ ri

	Dịch tươi	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3	Giai đoạn 4
TSS (°Brix)	5,80 ± 0,30 ^e	12,33 ± 0,12 ^d	13,77 ± 0,06 ^c	16,27 ± 0,31 ^b	16,93 ± 0,23 ^a
TPC (mg/mL)	18,41 ± 0,34 ^d	43,78 ± 1,16 ^c	48,02 ± 0,09 ^b	51,87 ± 1,39 ^a	51,53 ± 1,01 ^a
TFC (mg/100 mL)	28,33 ± 0,01 ^c	47,70 ± 0,03 ^b	51,00 ± 0,02 ^b	71,00 ± 0,02 ^a	69,57 ± 0,02 ^a
Vitamin C (mg/mL)	20,11 ± 0,23 ^e	40,59 ± 0,58 ^d	51,93 ± 1,28 ^c	62,39 ± 1,28 ^b	57,35 ± 0,31 ^a

Các ký tự a, b, c, d, e của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.1. Hệ số cô đặc chất rắn hòa tan và các hợp chất có hoạt tính sinh học qua từng giai đoạn

Kết quả Bảng 3.2 và Hình 3.1 cho thấy rằng khi số giai đoạn cô đặc tăng, hàm lượng tổng chất rắn hòa tan (TSS) trong dung dịch tăng dần từ $5,80 \pm 0,30$ °Brix lên $16,93 \pm 0,13$ °Brix, tương đương với sự gia tăng khoảng 2,92 lần. Nghiên cứu của dos Santos và cộng sự (2023) cũng đưa ra kết quả tương tự, với hệ số cô đặc TSS trong dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp lạnh đông đạt 2,6. Bên cạnh đó, nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch cô đặc có xu hướng tăng sau 3 giai đoạn cô đặc. Cụ thể, kết quả xử lý số liệu thống kê cho thấy sự gia tăng có ý nghĩa của nồng độ TPC từ $18,41 \pm 0,34$ mgGAE/mL trong dịch sơ ri tươi lên đến $51,87 \pm 1,38$ mgGAE/mL, nồng độ TFC từ $28,33 \pm 0,01$ mgQE/100mL lên $70,99 \pm 0,02$ mgQE/100mL, và nồng độ vitamin C tăng từ $20,11 \pm 0,23$ mgAAE/mL lên $62,39 \pm 1,28$ mgAAE/mL ở giai đoạn thứ 3. Tuy nhiên, khi tiến hành cô đặc đến giai đoạn thứ 4, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với hàm lượng TPC và TFC, trong khi hàm lượng vitamin C trong dịch cô đặc giảm có ý nghĩa thống kê.

Nhìn chung, sự gia tăng nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri là phù hợp với nguyên lý của phương pháp cô đặc lạnh đông rằng sau khi đông lạnh rồi rã đông, phần lớn dịch chứa các hợp chất có hoạt tính

sinh học tan ra trước so với nước giúp loại bỏ nước đá và thu được dịch cô đặc. Trong khi đó, hiện tượng suy giảm nồng độ vitamin C khi tiếp tục tăng số giai đoạn cô đặc tương tự với kết quả nghiên cứu của Orellana-Palma và cộng sự (2017). Hiện tượng này có thể được giải thích bởi khi dịch chiết trải qua càng nhiều giai đoạn cô đặc thì nồng độ các chất rắn hòa tan thu được ngày càng tăng. Khi nồng độ chất rắn hoà tan cao, các hợp chất có thể liên kết với một số lượng lớn các phân tử nước thông qua các liên kết hydro, làm giảm nhiệt độ đóng băng của nước. Kết quả là một phần lớn các hợp chất bị giữ lại trong phần nước đá và bị loại bỏ dẫn đến sự giảm nồng độ vitamin C. Vì thế, các nghiên cứu trong tương lai cần nghiên cứu thu hồi vitamin C từ dịch nước đã đông, có thể tận dụng chế biến các sản phẩm nước giải khát.

Các kết quả phân tích cho thấy hệ số cô đặc các hợp chất có hoạt tính sinh học cao nhất ở 3 giai đoạn đông lạnh. Vì vậy, cô đặc lạnh đông trong 3 giai đoạn được chọn là yếu tố cố định cho các thí nghiệm tiếp theo.

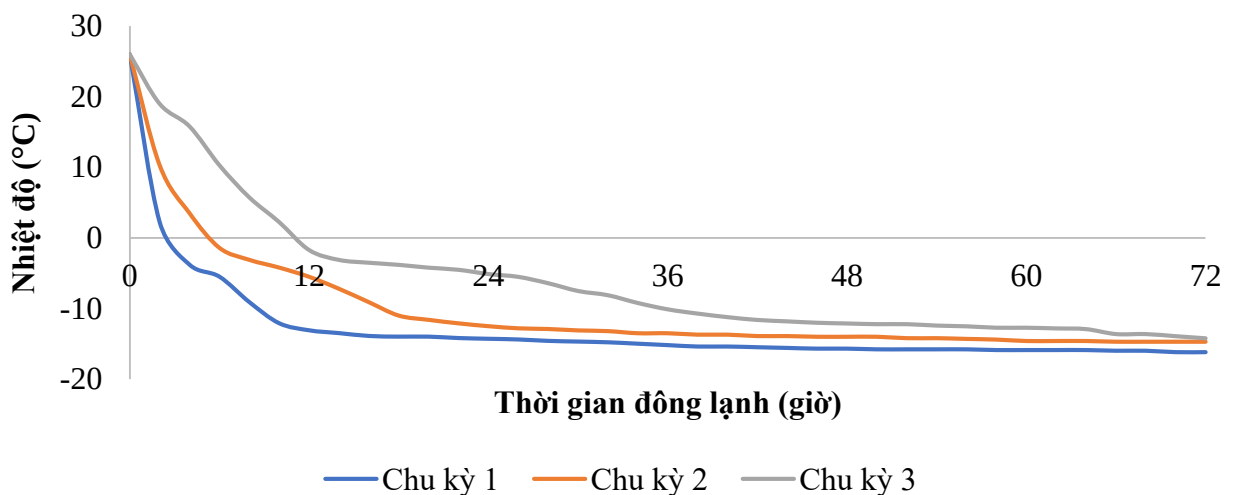
3.2.2. Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

Thời gian đông lạnh mẫu là một yếu tố quan trọng cần được nghiên cứu khi thực hiện quy trình cô đặc bằng phương pháp lạnh đông, vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến nhiệt độ mà hệ thống có thể đạt được. Nếu thời gian đông lạnh quá ngắn, quá trình kết tinh đá sẽ không đủ, dẫn đến giảm hiệu quả cô đặc. Vì vậy, việc khảo sát ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên quá trình cô đặc trong từng giai đoạn là cần thiết. Kết quả khảo sát về ảnh hưởng này được thể hiện qua Bảng 3.3, Hình 3.2 và Hình 3.3. Cụ thể, số liệu mốc 0 giờ của giai đoạn 1 được phân tích từ dịch chiết tươi, mốc 0 giờ của giai đoạn 2 được lấy từ dịch cô đặc sau 1 giai đoạn đông lạnh, với thời gian đông lạnh được chọn từ kết quả khảo sát giai đoạn 1. Tương tự, mốc 0 giờ của giai đoạn 3 được phân tích từ dịch cô đặc sau 2 giai đoạn đông lạnh, với thời gian đông lạnh được chọn từ kết quả khảo sát của giai đoạn 1 và giai đoạn 2.

Bảng 3.3. Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh đến TSS ($^{\circ}\text{Brix}$) của dịch cô đặc qua các giai đoạn cô đặc 1, 2 và 3

Thời gian đông lạnh (giờ)	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3
0	$5,80 \pm 0,30^b$	$12,33 \pm 0,12^c$	$16,38 \pm 0,14^e$
24	$12,33 \pm 0,12^a$	$13,77 \pm 0,06^b$	$16,50 \pm 0,10^{de}$
36	$12,30 \pm 0,10^a$	$16,47 \pm 0,58^a$	$16,77 \pm 0,06^d$
48	$12,40 \pm 0,20^a$	$16,77 \pm 0,06^a$	$19,13 \pm 0,12^c$
60	$12,60 \pm 0,20^a$	$16,73 \pm 0,31^a$	$20,93 \pm 0,23^b$
72	$12,60 \pm 0,34^a$	$16,73 \pm 0,12^a$	$21,35 \pm 0,40^a$

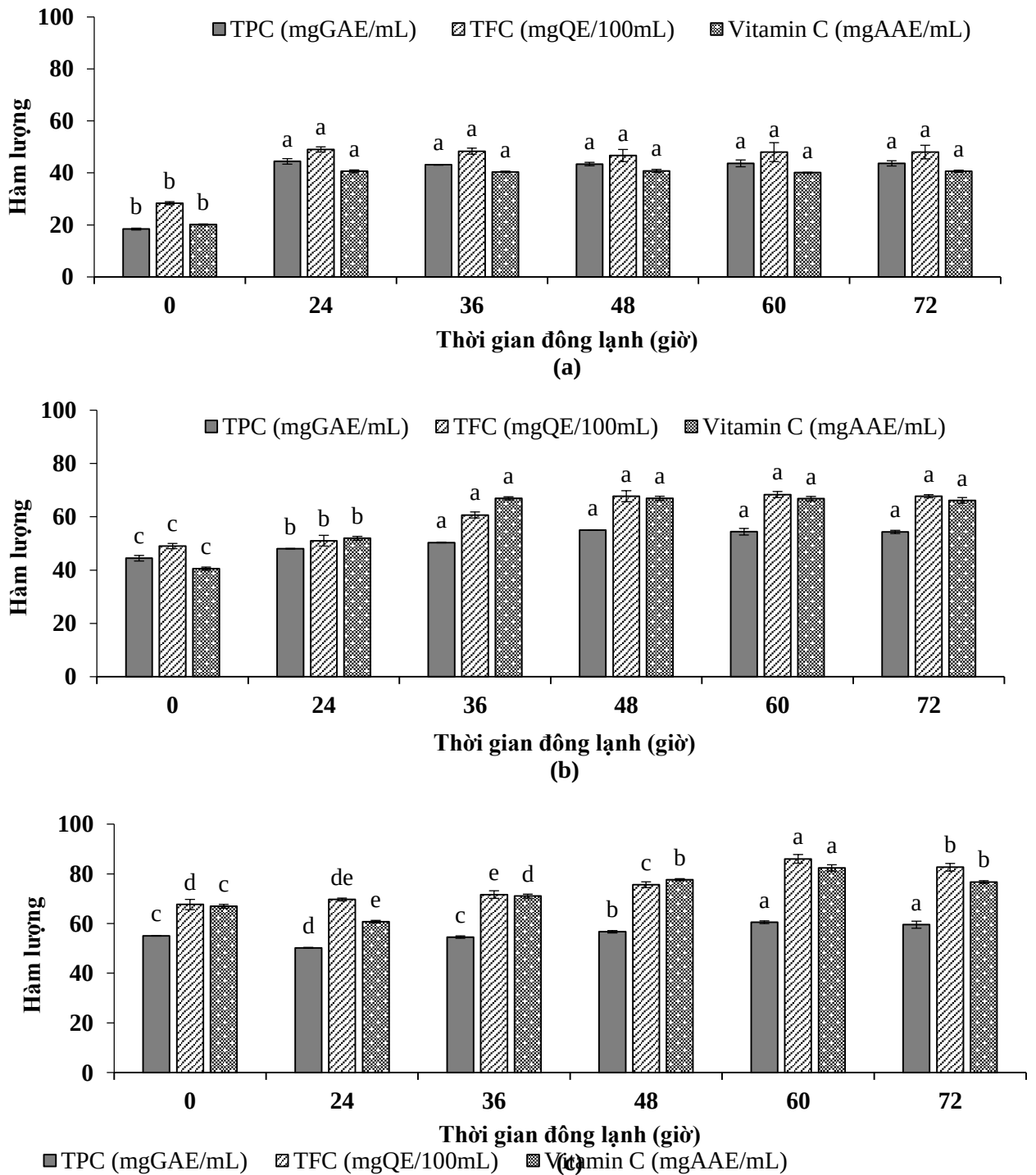
Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.2. Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên diễn tiến nhiệt độ của dịch cô đặc qua từng giai đoạn

Bảng 3.3 cho thấy khi thời gian đông lạnh tăng lên, hàm lượng vật chất khô hoà tan có xu hướng tăng, sự gia tăng này có ý nghĩa thống kê. Điều này thể hiện rằng khi thời gian đông lạnh dịch sơ ri càng kéo dài, hiệu quả tách tinh thể nước được cải thiện, dẫn đến sự gia tăng cao của nồng độ chất rắn càng cao. Bên cạnh đó, Hình 3.2 cho thấy nhiệt độ có xu hướng giảm chậm hơn khi tăng số giai đoạn cô đặc dịch sơ ri từ 1 lên 3. Cụ thể, mẫu dịch cô đặc sau giai đoạn 1 chỉ mất gần 4 giờ để giảm nhiệt độ xuống dưới 0°C , trong khi mẫu dịch cô đặc qua 2 và 3 giai đoạn cần

nhiều thời gian để đạt nhiệt độ dưới 0°C , lần lượt 6 và 12 giờ. Tiếp theo đó, nhiệt độ của các mẫu tiếp tục giảm cho đến khoảng -14°C và dao động không đáng kể sau 24 giờ đối với giai đoạn 1, 36 giờ đối với giai đoạn 2, và 72 giờ đối với giai đoạn 3. Như vậy, kết quả cho thấy có sự tác động của số giai đoạn đến quá trình cô đặc đông lạnh.



Hình 3.3. Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri qua giai đoạn cô đặc: a) Giai đoạn 1, b) Giai đoạn 2, c) Giai đoạn 3

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Hình 3.3a cho thấy khi thời gian đông lạnh của giai đoạn cô đặc đầu tiên tăng từ 0 đến 24 giờ, hàm lượng TPC, TFC và vitamin C tăng có ý nghĩa thống kê. Sau mốc 24 giờ, sự thay đổi này không đáng kể khi tiếp tục kéo dài thời gian đông lạnh đến 72 giờ. Cụ thể, các chỉ số TPC, TFC và vitamin C đạt giá trị cao nhất ở mốc 24 giờ với các giá trị lần lượt là $43,78 \pm 1,16$ mgGAE/mL, $47,70 \pm 0,03$ mgQE/100mL và $40,59 \pm 0,58$ mgAAE/mL.

Bên cạnh đó, Hình 3.3b cho thấy ở giai đoạn cô đặc thứ 2, các chỉ số đạt giá trị cao nhất tại mốc 36 giờ, với các giá trị TPC, TFC và vitamin C lần lượt là $55,33 \pm 0,13$ mgGAE/mL, $68,67 \pm 0,01$ mgQE/100mL và $66,90 \pm 0,76$ mgAAE/mL. Kết quả xử lý số liệu ở giai đoạn 2 cho thấy sự thay đổi trong khoảng thời gian từ 0 đến 36 giờ là có ý nghĩa thống kê, trong khi sự thay đổi khi đông lạnh từ 36 đến 72 giờ là không đáng kể.

Hình 3.3c cho thấy sự gia tăng có ý nghĩa thống kê của các chỉ số TPC, TFC và vitamin C khi thời gian đông lạnh tăng đến 60 giờ, với các giá trị lần lượt là $60,53 \pm 0,51$ mgGAE/mL, $86,00 \pm 0,02$ mgQE/100mL và $76,69 \pm 0,49$ mgAAE/mL. Tuy nhiên, sau 60 giờ, các chỉ số này bắt đầu giảm nhẹ khi thời gian đông lạnh kéo dài đến 72 giờ.

Kết quả phân tích cho thấy rằng thời gian đông lạnh càng dài thì nồng độ các hợp chất phenolic, flavonoid, vitamin C và các chỉ tiêu vật lý có xu hướng tăng cao. Hơn nữa, khi số giai đoạn cô đặc tăng lên, thời gian cần thiết để giảm nhiệt độ và gia tăng nồng độ các hợp chất sinh học hiệu quả cũng kéo dài. Lý do là khi số giai đoạn cô đặc tăng, nồng độ các chất rắn hòa tan trong dịch cô đặc cũng tăng, đòi hỏi nhiệt độ đông lạnh thấp hơn và do đó cần nhiều thời gian hơn để giảm nhiệt độ của dung dịch.

Tuy nhiên, nếu thời gian đông lạnh quá dài, nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch cô đặc đã giảm đáng kể. Cụ thể, khi thời gian đông lạnh dịch chiết sơ ri tươi tăng từ 60 đến 72 giờ, các chỉ số này có xu hướng giảm ở cả giai đoạn 1 và 3. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi sự thay đổi nồng độ chất tan trong nước đá do độ bão hòa của chất tan trong dịch cô đặc. Khi thời gian đông

lạnh kéo dài, lượng đá kết tinh tăng lên, dẫn đến nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học bị giữ lại trong đá và bị loại bỏ trong quá trình rã đông (Azman và cộng sự, 2018). Ngoài ra, nghiên cứu Chen và cộng sự (2001) cũng cho thấy rằng nồng độ chất rắn hoà tan cao có thể làm cho độ tinh khiết của băng thấp hơn. Do đó, lượng chất hòa tan cao trong dịch cô đặc có thể bị giữ lại trong các lớp băng nếu quá trình cô đặc tiếp tục, làm giảm hiệu quả của quá trình cô đặc lạnh đông. Do đó làm giảm lượng chất tan được thu hồi trong chất cô đặc, như làm giảm hiệu quả của quá trình cô đặc.

Từ các kết quả trên, có thể kết luận rằng thời gian đông lạnh thích hợp sao cho nồng độ các hợp chất có hoạt tính sinh học cao nhất. Cụ thể, thời gian cho các giai đoạn cô đặc lần lượt là 24 giờ cho giai đoạn 1, 36 giờ cho giai đoạn 2 và 60 giờ cho giai đoạn 3. Các mốc thời gian này được chọn làm thời gian đông lạnh và cố định cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Nhũ hóa các hợp chất có hoạt tính sinh học từ dịch sơ ri cô đặc

3.3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR lên các đặc tính lý hoá của hệ nhũ tương W/O

PGPR, một chất hoạt động bề mặt ưa dầu, đóng vai trò quan trọng trong việc nhũ hoá và tạo nhũ tương W/O. Tỉ lệ PGPR là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính vật lý và hóa học của hệ nhũ tương, bao gồm độ nhớt, độ ổn định, kích thước hạt và khả năng duy trì các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch sơ ri cô đặc.

Độ nhớt là một chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến sự ổn định và kích thước hạt của nhũ tương. Độ nhớt cao giúp hạn chế sự di chuyển và kết tụ của các hạt nhũ tương, từ đó giảm thiểu hiện tượng kết tụ hoặc tách pha, góp phần duy trì sự ổn định lâu dài. Tỉ lệ PGPR thích hợp giúp tăng độ nhớt ở mức tối ưu, tạo điều kiện ổn định tốt nhất cho hệ nhũ tương. Tuy nhiên, nếu tỉ lệ PGPR quá thấp hoặc quá cao, hệ nhũ tương có thể mất tính đồng nhất, giảm hiệu quả nhũ hóa và ổn định.

Do vậy, việc tối ưu hóa tỉ lệ PGPR là cần thiết để đạt được sự cân bằng giữa độ nhớt, kích thước hạt, và độ ổn định của nhũ tương. Trong nghiên cứu này, độ nhớt của nhũ tương ở các tỉ lệ PGPR khác nhau đã được phân tích và trình bày trong

Bảng 3.4, nhằm xác định tỉ lệ PGPR phù hợp nhất để đảm bảo hiệu quả nhũ hóa và bảo toàn các hợp chất có hoạt tính sinh học.

Bảng 3.4. Ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR trong pha dầu (v/v) lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O

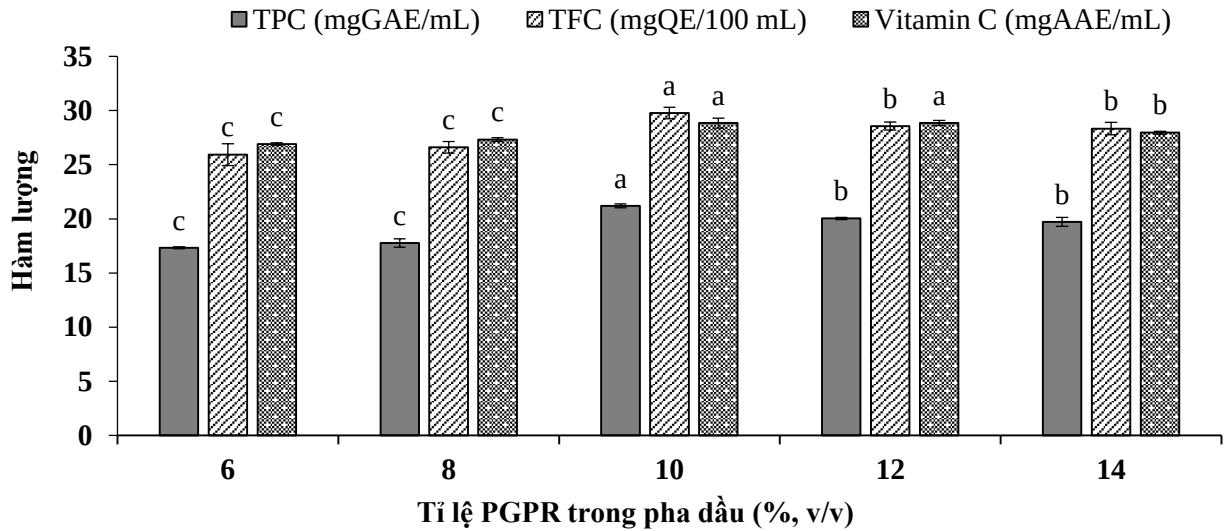
Tỉ lệ PGPR trong pha dầu (%, v/v)	6	8	10	12	14
Độ nhớt (mPas)	33,63 ± 0,03 ^d	33,40 ± 0,30 ^d	35,58 ± 0,20 ^b	38,40 ± 0,40 ^b	39,32 ± 0,20 ^a
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	41,48 ± 1,23 ^d	48,62 ± 0,77 ^c	55,43 ± 0,66 ^a	56,27 ± 0,62 ^a	52,38 ± 0,59 ^b

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Bảng 3.4 cho thấy độ nhớt của nhũ tương W/O có xu hướng tăng theo tỉ lệ PGPR, từ 33,63 ± 0,03 mPas ở tỉ lệ 6% lên đến 39,32 ± 0,20 mPas ở tỉ lệ 14%. Sự gia tăng này có thể được giải thích bởi khả năng làm giảm sức căng liên bề mặt của PGPR, giúp hình thành nhiều hạt nhũ tương nhỏ hơn, làm tăng mật độ phân tán và độ nhớt của hệ nhũ tương.

Để xác định tỉ lệ PGPR tối ưu, không chỉ cần khảo sát độ nhớt nhằm đạt được độ ổn định cao nhất của hệ nhũ tương, mà còn cần chú trọng bảo toàn các hợp chất có hoạt tính sinh học. Kết quả nghiên cứu cho thấy tỉ lệ PGPR ảnh hưởng đáng kể đến khả năng bắt gốc tự do (Bảng 3.4) và hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học như phenolic, flavonoid và vitamin C (Hình 3.4). Dựa trên các số liệu thu thập, những yếu tố quan trọng như chỉ số ổn định của nhũ tương thông qua độ nhớt và khả năng bảo toàn các hợp chất hoạt tính sinh học đã được phân tích. Độ nhớt tăng ở mức tỉ lệ PGPR phù hợp không chỉ giúp duy trì kích thước hạt nhỏ mà còn giảm thiểu hiện tượng kết tụ, từ đó tăng cường khả năng ổn định của nhũ tương. Đồng thời, tỉ lệ PGPR cũng ảnh hưởng đến khả năng giữ lại và bảo vệ các hợp chất phenolic, flavonoid và vitamin C trong hệ nhũ tương, đảm bảo tính bền vững của các hoạt chất sinh học trong ứng dụng thực tế. Kết quả này cung cấp cơ sở khoa học

vững chắc cho việc lựa chọn tỉ lệ PGPR phù hợp, không chỉ cải thiện hiệu quả nhũ hóa mà còn nâng cao khả năng ứng dụng của sản phẩm trong công nghệ thực phẩm, đặc biệt trong việc bảo toàn và phát huy giá trị dinh dưỡng của các hợp chất sinh học trong dịch sơ ri cô đặc.



Hình 3.4. Ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR trong pha dầu lên các chỉ số TPC, TFC, vitamin C của nhũ tương W/O

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O (Bảng 3.3) cho thấy có sự thay đổi đáng kể theo tỉ lệ PGPR. Sự tăng này có ý nghĩa thống kê từ 6% lên 12%, đạt mức cao nhất $56,27\% \pm 0,62$, tuy nhiên không có sự khác biệt thống kê giữa tỉ lệ 10% và 12%. Sau đó giảm nhẹ khi tỉ lệ PGPR đạt 14%. Điều này có thể do tại nồng độ cao hơn, PGPR dư thừa gây cản trở sự tương tác của các hợp chất sinh học với gốc tự do, làm giảm hiệu quả chống oxy hóa.

Hình 3.4 minh họa xu hướng thay đổi của hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học. Cụ thể, khi tăng tỉ lệ PGPR trong pha dầu từ 6% lên 10%, hàm lượng TPC, TFC và vitamin C có xu hướng tăng có ý nghĩa thống kê, lần lượt từ $17,32 \pm 0,08$ mgGAE/g, $25,93 \pm 1,01$ mgQE/100g và $26,90 \pm 0,11$ mgAAE/g lên đến $21,19 \pm 0,18$ mgGAE/g, $29,77 \pm 0,54$ mgQE/100g và $28,84 \pm 0,45$ mgAAE/g. Tuy nhiên, khi tỉ lệ PGPR tăng đến 14%, các chỉ tiêu trên có xu hướng giảm nhẹ.

Sự gia tăng hàm lượng các hợp chất sinh học ở mức PGPR từ 6% đến 10% có thể được lý giải bởi hiệu quả vi bao và bảo vệ của PGPR, giúp hạn chế tổn thất các hợp chất sinh học trong quá trình nhũ hóa. Tuy nhiên, ở tỉ lệ PGPR cao hơn, sự dư thừa chất nhũ hóa có thể làm giảm hiệu quả bảo vệ, dẫn đến sự suy giảm các hợp chất sinh học.

Trong nghiên cứu này, PGPR, một chất hoạt động bề mặt có ái lực dầu cao, được sử dụng như tác nhân nhũ hóa chính. Khả năng làm giảm sức căng bề mặt của PGPR kết hợp với tác động cơ học của quá trình khuấy trộn giúp phá vỡ các giọt lớn thành các giọt nhỏ hơn, làm tăng diện tích tiếp xúc giữa các pha do đó hạn chế hiện tượng kết tụ của các hạt và cải thiện khả năng phân tán của hệ nhũ tương. Hơn nữa, sự giảm kích thước hạt và tăng tính ổn định nhũ tương còn góp phần nâng cao hiệu quả vi bao.

Một hệ nhũ tương ổn định với hạt nhỏ và đồng đều giúp bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học, như TPC, TFC và vitamin C, khỏi các tác động bất lợi của môi trường, bao gồm quá trình oxy hóa, ánh sáng và nhiệt độ. Điều này giải thích cho sự gia tăng giá trị của các hợp chất này được ghi nhận trong Hình 3.4, đồng thời cải thiện khả năng bắt gốc tự do như thể hiện trong Bảng 3.4. Sự gia tăng khả năng bảo toàn hợp chất hoạt tính sinh học khi sử dụng PGPR ở mức tối ưu cho thấy rằng chất hoạt động bề mặt này không chỉ cải thiện đặc tính vật lý của hệ nhũ tương mà còn tối đa hóa tiềm năng bảo vệ giá trị dinh dưỡng. Những kết quả này không chỉ giúp xác định tỉ lệ PGPR thích hợp mà còn làm nổi bật vai trò của nó trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm nhũ hóa, đặc biệt trong lĩnh vực công nghệ thực phẩm.

Mặt khác, sự suy giảm giá trị TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do khi tiếp tục tăng tỉ lệ PGPR có thể được giải thích thông qua mối quan hệ phức tạp giữa nồng độ chất nhũ hóa và độ nhớt của hệ nhũ tương. Chất nhũ hóa như PGPR có khả năng tăng độ nhớt của hệ, điều này ảnh hưởng đến động học của các hợp chất trong nhũ tương.

Trong quá trình khuấy trộn để tạo nhũ, một lượng oxy từ môi trường có thể xâm nhập vào nhũ tương và bị giữ lại trong các bọt khí. Khi độ nhớt của nhũ tương

tăng cao, các bọt khí được dự đoán còn lẫn trong hệ nhũ, kéo dài thời gian oxy tiếp xúc với các hợp chất hoạt tính sinh học, đặc biệt là các chất chống oxy hóa như vitamin C, phenolic và flavonoid. Do vậy, các hợp chất này dễ bị oxy hóa, dẫn đến sự suy giảm hàm lượng của chúng trong hệ nhũ tương. Sự giảm hiệu quả bắt gốc tự do cũng có thể là hậu quả của hiện tượng này, khi các hợp chất chống oxy hóa bị mất dần hoạt tính. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu trong tương lai để kiểm chứng hiện tượng này.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây ghi nhận sự suy giảm hàm lượng axit gallic trong nhũ tương có độ nhớt cao do ảnh hưởng của oxy bị giữ lại. Điều này cho thấy rằng, mặc dù tăng tỉ lệ PGPR giúp cải thiện tính ổn định và khả năng nhũ hóa ở mức độ nhất định, nhưng nếu vượt quá ngưỡng tối ưu, hiệu quả bảo toàn các hợp chất hoạt tính sinh học sẽ bị giảm sút (Gomes và cộng sự, 2016).

Do đó, việc tối ưu hóa tỉ lệ PGPR không chỉ dừng lại ở việc đạt độ nhớt và ổn định mong muốn, mà còn phải cân nhắc tác động tiềm ẩn đến sự bảo toàn các hợp chất có hoạt tính sinh học, nhằm đảm bảo hiệu quả tối đa của hệ nhũ tương trong ứng dụng thực tế. Kết quả trên cho thấy tỉ lệ PGPR ở mức 10% là tối ưu để đảm bảo độ nhớt vừa phải, khả năng chống oxy hóa cao, và duy trì hàm lượng các hợp chất sinh học tốt nhất trong hệ nhũ tương W/O. Dựa theo kết quả trên, tỉ lệ PGPR 10% (v/v) trong pha dầu được chọn để đảm bảo tính ổn định và hiệu quả vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

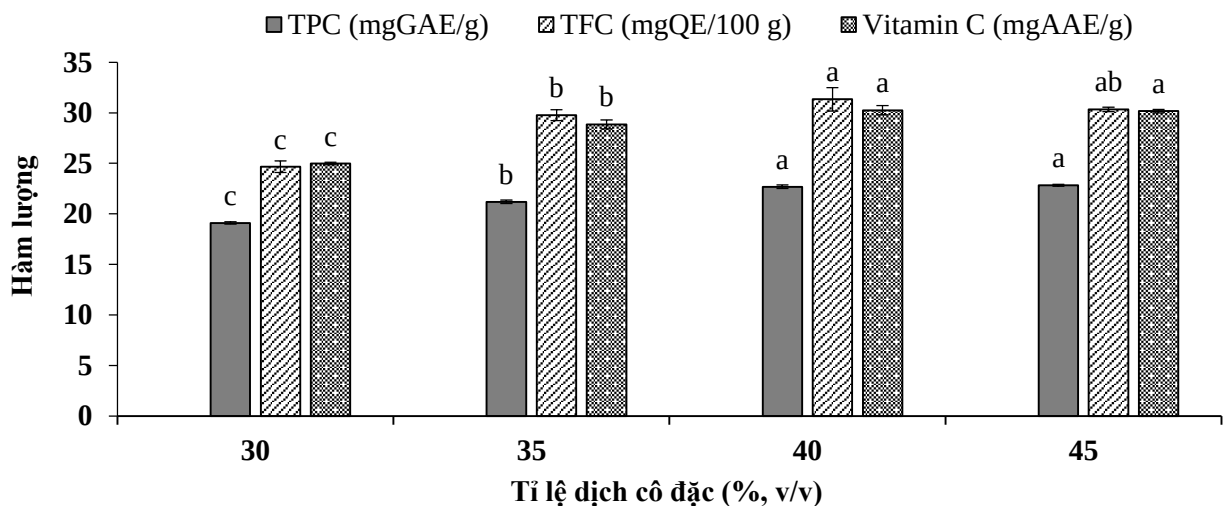
Dịch cô đặc chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp giá trị dinh dưỡng và công dụng sinh học cho sản phẩm. Tuy nhiên, đây cũng là thành phần dễ bị tổn thương, nhạy cảm với các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng. Vì vậy, việc bảo vệ các hợp chất này trong quá trình nhũ hóa là rất quan trọng, tỉ lệ dịch cô đặc so với vỏ bao là một yếu tố then chốt trong việc hình thành hệ nhũ tương bền vững. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của

tỉ lệ dịch cô đặc đến các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O được trình bày trong Bảng 3.5 và Hình 3.5.

Bảng 3.5. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc (% v/v) lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O

Tỉ lệ dịch cô đặc (% v/v)	30	35	40	45
Độ nhớt (mPas)	36,50 ± 0,67 ^a	36,83 ± 0,12 ^a	33,08 ± 0,58 ^b	30,93 ± 0,25 ^b
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	55,48 ± 0,79 ^c	59,11 ± 1,27 ^a	59,71 ± 1,11 ^a	57,80 ± 0,91 ^b

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.5. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc lên TPC, TFC và vitamin C trong nhũ W/O

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả trong Bảng 3.5 cho thấy khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương có xu hướng tăng có ý nghĩa thống kê khi tăng tỉ lệ dịch cô đặc. Điều này có thể lý giải rằng khi tỉ lệ dịch cô đặc trong nhũ tương tăng, lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học, như phenolic và flavonoid, cũng tăng theo (Hình 3.5). Sự gia tăng này làm tăng khả năng chống oxy hóa của nhũ tương, giúp bảo vệ các hợp chất sinh học khỏi các tác động oxy hóa bên ngoài, từ đó nâng cao hiệu quả bắt gốc tự do của hệ nhũ tương.

Tuy nhiên, khi tỉ lệ dịch cô đặc tiếp tục tăng, độ nhớt của nhũ tương lại có xu hướng giảm đáng kể. Sự giảm này có thể giải thích bởi ảnh hưởng của pha nước lên độ nhớt tổng thể của hệ nhũ tương. Trong hệ nhũ tương W/O, pha nước (dịch cô đặc) có độ nhớt thấp hơn so với pha dầu (dầu hương dương), do đó, khi tỉ lệ pha nước tăng lên, độ nhớt chung của hệ nhũ tương giảm. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Wang và cộng sự (2017), khi họ nhận thấy rằng tỉ lệ pha nước cao hơn sẽ làm giảm độ nhớt của nhũ tương, và điều này có thể dẫn đến sự kém ổn định của hệ nhũ tương.

Hình 3.6 cho thấy khi tỉ lệ dịch cô đặc trong nhũ tương tăng, các chỉ số TPC, TFC và vitamin C có xu hướng tăng lên có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, TPC tăng từ $19,10 \pm 0,12$ mgGAE/g lên $22,82 \pm 0,17$ mgGAE/g, TFC từ $24,67 \pm 0,58$ mgQE/100g lên $31,33 \pm 1,15$ mgQE/100g, và hàm lượng vitamin C từ $24,97 \pm 0,13$ mgAAE/g lên $30,16 \pm 0,46$ mgAAE/g khi tỉ lệ dịch cô đặc đạt 40%. Tuy nhiên, khi tỉ lệ dịch cô đặc tiếp tục tăng đến 45%, các chỉ số này không có sự thay đổi đáng kể.

Sự gia tăng TPC, TFC và vitamin C có thể được giải thích tương tự như sự gia tăng khả năng bắt gốc tự do. Khi tỉ lệ dịch cô đặc tăng, lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch cô đặc cũng tăng theo, làm tăng hàm lượng TPC, TFC và vitamin C trong nhũ tương. Sự gia tăng này thể hiện rõ khi tỉ lệ dịch cô đặc đạt 40%, tương ứng với việc nhũ tương có khả năng bảo vệ tốt hơn các hợp chất chống oxy hóa, góp phần làm tăng giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của sản phẩm. Tuy nhiên, khi tỉ lệ dịch cô đặc đạt 45%, các chỉ số TPC, TFC và vitamin C có xu hướng giảm nhẹ, đặc biệt là TPC. Sự sụt giảm này có thể được lý giải bởi sự kém ổn định của hệ nhũ tương khi tỉ lệ dịch cô đặc quá cao. Khi lượng dịch cô đặc tăng, nhũ tương trở nên ít ổn định hơn, dẫn đến các hợp chất sinh học dễ bị phân hủy hoặc mất tác dụng do ảnh hưởng của các yếu tố môi trường như oxy, nhiệt độ hoặc độ ẩm. Điều này làm giảm hiệu quả bảo vệ các hợp chất sinh học trong nhũ tương và ảnh hưởng đến tính chất cuối cùng của sản phẩm.

Tóm lại, mặc dù việc tăng tỉ lệ dịch cô đặc giúp nâng cao khả năng bắt gốc tự do và cải thiện tính năng chống oxy hóa của nhũ tương, nhưng lại đi kèm với việc

giảm độ nhớt và tính ổn định của hệ trong quá trình bảo quản. Vì vậy, cần phải tối ưu tỉ lệ dịch cô đặc để đạt được sự cân bằng giữa khả năng bảo vệ các hợp chất có hoạt chất sinh học và độ ổn định của nhũ tương. Vì thế, tỉ lệ dịch chiết 40% được chọn làm tỉ lệ cố định cho các thí nghiệm tiếp theo.

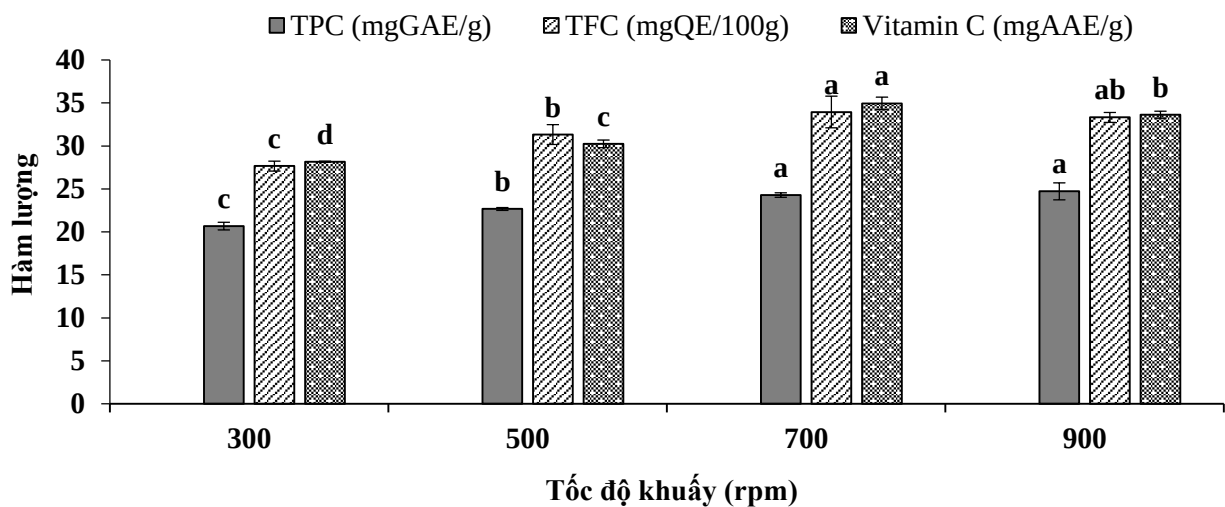
3.3.3. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Phương pháp nhũ hóa tự phát không yêu cầu sử dụng các thiết bị đồng nhất chuyên dụng như bộ đồng nhất áp suất cao, bộ vi lỏng hóa hoặc bộ siêu âm, mà chỉ cần khuấy để nhũ hóa các pha. Vì vậy, tốc độ khuấy là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình nhũ hóa và các đặc tính của nhũ tương. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên một số đặc tính lý hóa của nhũ tương đã được khảo sát và kết quả được thể hiện trong Bảng 3.6 và Hình 3.6.

Bảng 3.6. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên độ nhớt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O

Tốc độ khuấy (rpm)	300	500	700	900
Độ nhớt (mPas)	33,79 ± 1,00 ^c	36,79 ± 0,07 ^b	39,42 ± 0,57 ^a	39,80 ± 0,02 ^a
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	59,81 ± 0,69 ^c	60,63 ± 0,99 ^b	64,84 ± 1,04 ^a	55,42 ± 0,51 ^d

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.6. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C có trong nhũ tương W/O

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Bảng 3.6 cho thấy khi tốc độ khuấy tăng từ 300 rpm lên 900 rpm, độ nhớt của nhũ tương có xu hướng tăng đáng kể, từ $33,79 \pm 1,00$ mPas lên $39,80 \pm 0,02$ mPas. Kết quả này tương tự với kết quả nghiên cứu của Wang và cộng sự trên đối tượng nhũ tương W/O (Wang và cộng sự, 2022). Đồng thời, khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương có sự gia tăng có ý nghĩa thống kê khi tốc độ khuấy tăng từ 500 rpm lên 700 rpm, sau đó giảm rõ rệt khi tốc độ khuấy đạt 900 rpm.

Hình 3.6 cho thấy các chỉ số TPC, TFC và vitamin C đều có xu hướng tăng có ý nghĩa thống kê khi tốc độ khuấy tăng từ 300 rpm lên 700 rpm. Cụ thể, TPC tăng từ $20,68 \pm 0,44$ mgGAE/g lên $24,28 \pm 0,26$ mgGAE/g, TFC từ $27,67 \pm 0,58$ mgQE/100g lên $33,94 \pm 1,84$ mgQE/100g, và hàm lượng vitamin C từ $28,17 \pm 0,07$ mgAAE/g lên $34,95 \pm 0,74$ mgAAE/g. Tuy nhiên, khi tốc độ khuấy đạt 900 rpm, hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm.

Các kết quả này có thể được giải thích bởi ảnh hưởng của tốc độ khuấy đến kích thước giọt của nhũ (Peralta-Martínez và cộng sự, 2004) và độ phân tán của các giọt (Simovic và cộng sự, 1999). Các nghiên cứu cho thấy khi tốc độ khuấy tăng, năng lượng cơ học tác động lên hệ nhũ tương giúp phá vỡ các pha hữu cơ và nước, đồng thời phân phối chúng đều trong pha dầu, từ đó tạo ra các giọt nhũ nhỏ và đồng đều. Điều này giúp ổn định hệ nhũ tương và nâng cao khả năng bảo vệ các hợp chất sinh học trong dịch cô đặc.

Tương tự, nhiều nghiên cứu trước đây cũng đã báo cáo rằng kích thước giọt trung bình của nhũ tương, được tạo ra bằng phương pháp năng lượng thấp, giảm khi tăng tốc độ khuấy (Mayer và cộng sự, 2013; Saberi và cộng sự, 2013; Wei và cộng sự, 2019). Sự giảm kích thước giọt này dẫn đến mật độ hạt trên mỗi đơn vị thể tích tăng, làm tăng khả năng kháng dòng chảy và do đó làm tăng độ nhớt của nhũ tương (Anisa & Nour, 2010; Yi và cộng sự, 2022). Tuy nhiên, để tạo ra nhũ tương ổn định, cần phải duy trì sự cân bằng giữa lực phá vỡ do khuấy trộn và lực ổn định được cung cấp bởi chất nhũ hóa. Khi tốc độ khuấy quá cao, sự cân bằng này có thể bị phá vỡ, dẫn đến hiện tượng đảo pha (Liu và cộng sự, 2023; Moribe và cộng sự, 2012). Đảo pha là quá trình chuyển đổi từ nhũ tương W/O sang nhũ tương O/W hoặc ngược lại.

Tốc độ khuấy cao có thể gây ra đảo pha không hoàn toàn, làm hình thành nhũ tương kém hiệu quả và giảm ổn định (Bahtz và cộng sự, 2016), gây thất thoát các hợp chất có hoạt tính sinh học bao phủ bên trong.

Dựa vào các kết quả này, tốc độ khuấy 700 rpm được chọn làm tốc độ khuấy thích hợp nhất để tạo ra nhũ tương W/O từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc, vì đây là tốc độ khuấy giúp đạt được sự cân bằng tối ưu giữa độ nhớt, khả năng bắt gốc tự do và bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong nhũ tương.

3.3.4. Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

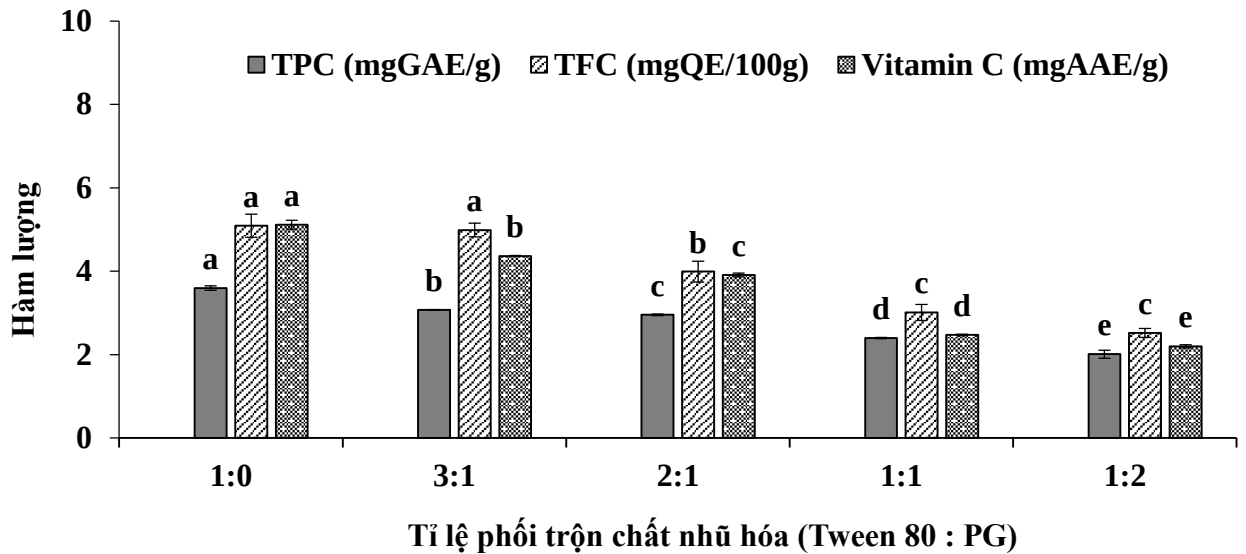
Chất nhũ hóa là một thành phần quan trọng trong quá trình hình thành nhũ tương. Loại chất nhũ hóa và tỉ lệ phối trộn giữa các chất nhũ hóa có tác động trực tiếp đến hiệu quả hình thành và độ ổn định của toàn hệ nhũ tương. Trong qua các thí nghiệm sàng lọc, tỉ lệ chất nhũ hóa trên tổng thể tích nhũ được chọn là 20%, trong khi đó Tween 80 được chọn làm chất nhũ hóa chính để tạo ra nhũ tương W/O/W và PG được chọn làm chất hỗ trợ nhũ hóa trong thí nghiệm này.

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn giữa Tween 80 và PG lên một số đặc tính lý hóa của nhũ tương W/O/W được thể hiện trong Bảng 3.7 và Hình 3.7.

Bảng 3.7. Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W

	Tween 80	3T:1PG	2T:1PG	1T:1PG	1T:2PG
Kích thước hạt (μm)	$0,35 \pm 0,04^c$	$0,45 \pm 0,01^b$	$0,49 \pm 0,04^b$	$0,48 \pm 0,01^b$	$1,40 \pm 0,01^a$
PI	$0,25 \pm 0,02^c$	$0,34 \pm 0,04^b$	$0,27 \pm 0,03^c$	$0,34 \pm 0,03^b$	$0,79 \pm 0,09^a$
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	$37,72 \pm 1,21^a$	$34,80 \pm 0,96^b$	$33,58 \pm 0,99^b$	$33,91 \pm 1,21^b$	$29,98 \pm 0,81^c$

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.7. Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên TPC, TFC và hàm lượng vitamin C có trong nhũ tương W/O/W

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Bảng 3.7 cho thấy khi tỉ lệ Tween 80 trong hỗn hợp giảm, kích thước hạt và chỉ số đa phân tán (PI) có xu hướng tăng. Cụ thể, kích thước hạt và PI thấp nhất khi chất nhũ hóa hoàn toàn là Tween 80 (tỉ lệ 1:0), và cao nhất khi phối trộn Tween 80 với PG theo tỉ lệ 1:2. Mặt khác, khả năng bắt gốc tự do DPPH có xu hướng giảm khi tỉ lệ Tween 80 giảm. Chỉ số DPPH cao nhất khi chỉ sử dụng Tween 80, với giá trị $37,72 \pm 1,21\%$, và giảm dần khi tỉ lệ Tween 80 trong hỗn hợp giảm.

Hình 3.7 cho thấy khi chỉ sử dụng Tween 80, các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng vitamin C đạt giá trị cao nhất lần lượt là $3,59 \pm 0,05$ mgGAE/g, $5,09 \pm 0,28$ mgQE/100g và $5,12 \pm 0,11$ mgAAE/g, sau đó giảm dần theo xu hướng giảm của tỉ lệ Tween 80 trong hỗn hợp.

Từ các kết quả trên cho thấy nhũ tương W/O/W với pha dầu là nhũ tương W/O từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc hoàn toàn có khả năng được hình thành khi sử dụng chất nhũ hóa là Tween 80 hoặc phối trộn Tween 80 với PG theo các tỉ lệ khác nhau. Trên thực tế, Tween 80 là chất nhũ hóa ưa nước được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu về các nhũ tương loại O/W hoặc W/O/W (Hariyatno và cộng sự, 2021). Tween 80 có giá trị HLB cao là 15 và chiều dài chuỗi alkyl dài (C18), mang lại khả năng hòa tan lớn hơn cho các chất hòa tan kỵ nước và cho phép Tween 80

giảm sức căng bề mặt giữa dầu và nước, tạo điều kiện hình thành nhũ tương ổn định (Christy và cộng sự, 2017; Zheng và cộng sự, 2023). Trong khi đó, PG là một hợp chất hữu cơ tổng hợp có độ hòa tan cao trong nước, axeton và cloroform. Tuy nhiên, đặc tính nhũ hóa của nó không mạnh bằng Tween 80 (Yati và cộng sự, 2017). Về cơ bản, PG với chiều dài chuỗi ngắn thường được sử dụng làm chất đồng nhũ hóa để giảm sức căng bề mặt và tăng cường khả năng nhũ hóa nhưng hiệu quả của sự kết hợp này còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như tính chất của pha dầu và mục đích sử dụng.

Nhìn chung, tùy thuộc vào đặc tính của sản phẩm thực phẩm và thiết bị chế biến, có thể sử dụng một hoặc nhiều loại chất nhũ hóa. Thành phần và tỉ lệ pha trộn của chất nhũ hóa ảnh hưởng đến nhiều đặc tính khác nhau của nhũ tương. Đầu tiên, độ nhớt của các thành phần chất nhũ hóa ảnh hưởng đến độ nhớt tổng thể của nhũ tương. Ví dụ, PG làm tăng độ nhớt của pha liên tục, giúp ổn định nhũ tương bằng cách làm chậm chuyển động của các giọt và giảm khả năng hợp nhất (McClements, 2004). Thứ hai, lớp nhũ hóa giao diện càng dày thì các gốc tự do càng khó xâm nhập, dẫn đến khả năng bảo vệ chống oxy hóa được tăng cường (Chaiyasit và cộng sự, 2007; Waraho và cộng sự, 2011). Điều này là do độ dày của giao diện giọt nhũ tương được xác định bởi kích thước và cấu hình của chất nhũ hóa. Điều này giải thích tại sao chất nhũ hóa có trọng lượng phân tử thấp tạo ra nhũ tương dễ bị oxy hóa hơn so với các hệ thống được tạo ra trong điều kiện thử nghiệm giống hệt nhau nhưng với chất nhũ hóa có trọng lượng phân tử cao hơn. Hơn nữa, Kiokias & Oreopoulou (2022) đã chứng minh rằng Tween 80 có độ ổn định chống oxy hóa tốt hơn so với whey protein, do ái lực cao hơn đối với tocopherol, giúp tăng khả năng giữ lại và hiệu quả của chúng trong nhũ tương. Do đó, việc lựa chọn các thành phần và tỉ lệ pha trộn chất nhũ hóa phù hợp là rất quan trọng.

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng Tween 80 có thể được sử dụng độc lập hoặc kết hợp với một số chất đóng vai trò như chất hỗ trợ hoạt động bề mặt khác, trong nghiên cứu này là PG, để tăng hiệu quả nhũ hóa. Tuy nhiên, hiệu quả của sự kết hợp này còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác như bản chất pha dầu và mục đích sản xuất. Trong thí nghiệm này, kết quả xử lý số liệu thống kê cho thấy chỉ sử dụng Tween 80

tạo ra nhũ tương W/O/W với kích thước hạt và độ phân tán kích thước hạt nhỏ hơn, hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học cũng cao hơn khi có sự kết hợp với PG. Vậy nên Tween 80 được chọn làm chất nhũ hóa ưa nước để tiếp tục tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

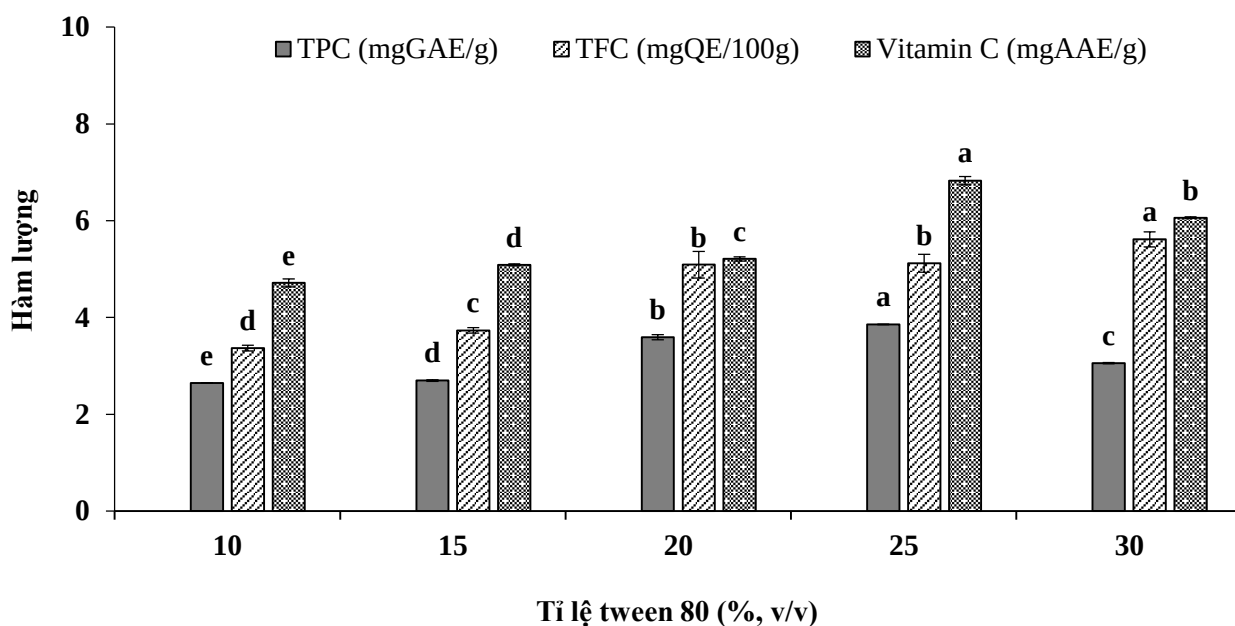
3.3.5. Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Tỉ lệ chất nhũ hóa là cũng là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hình thành nhũ tương W/O/W. Do vậy, tỉ lệ chất nhũ hóa đã được nghiên cứu tạo ra hệ nhũ tương ổn định nhất. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên nhũ tương W/O/W được trình bày trong Bảng 3.8 và Hình 3.8.

Bảng 3.8. Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W

	10%	15%	20%	25%	30%
Kích thước hạt (μm)	$0,78 \pm 0,01^a$	$0,63 \pm 0,02^b$	$0,46 \pm 0,03^c$	$0,35 \pm 0,02^d$	$0,36 \pm 0,01^d$
PI	$0,58 \pm 0,05^a$	$0,59 \pm 0,06^a$	$0,46 \pm 0,12^b$	$0,31 \pm 0,05^c$	$0,32 \pm 0,23^c$
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	$33,25 \pm 0,50^e$	$35,18 \pm 1,31^d$	$40,27 \pm 0,32^c$	$53,25 \pm 0,20^a$	$41,67 \pm 0,24^b$

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d, e của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.8. Ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C của nhũ tương W/O/W

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Bảng 3.8 chỉ ra rằng kích thước hạt và độ phân tán kích thước hạt nhũ tương có xu hướng giảm khi tỉ lệ chất nhũ hóa (Tween 80) tăng từ 10% lên 25%. Tuy nhiên, khi tỉ lệ Tween 80 đạt 30%, không có sự thay đổi đáng kể trong kích thước hạt và độ phân tán. Ngược lại, khả năng bắt gốc tự do DPPH của nhũ tương có xu hướng tăng theo chiều tăng của tỉ lệ chất nhũ hóa, đạt giá trị cao nhất ở tỉ lệ 25%. Cụ thể, khả năng bắt gốc tự do DPPH đạt $53,25 \pm 0,20\%$ ở tỉ lệ 25%, và giảm xuống khi tỉ lệ chất nhũ hóa là 30%.

Kết quả xử lý thống kê và Hình 3.8 cho thấy các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng vitamin C tăng lên có ý nghĩa khi tỉ lệ chất nhũ hóa từ 10% đến 25%, đạt giá trị cao nhất lần lượt là $3,86 \pm 0,01$ mgGAE/g, $5,12 \pm 0,19$ mgQE/100g và $6,82 \pm 0,09$ mgAAE/g. Tuy nhiên, khi tỉ lệ Tween 80 là 30%, các chỉ số này giảm rõ rệt.

Tỉ lệ chất nhũ hóa ảnh hưởng đáng kể đến sự hình thành và độ ổn định của nhũ tương. Tỉ lệ quá thấp sẽ không đủ để nhũ hóa toàn bộ pha phân tán vào pha liên tục, trong khi tỉ lệ quá cao có thể làm giảm chất lượng nhũ tương. Chất nhũ hóa hoạt động bằng cách giảm sức căng bề mặt và cấu trúc lưỡng cực cho phép giữa hai pha

không thể phân tán vào nhau. Hơn nữa, chất nhũ hóa hoạt động bằng cách bao quanh các phần của một pha và ngăn chúng kết hợp lại ở pha khác. Vì thế, chất nhũ hóa giúp nhũ tương ổn định (Remington, 2006). Tỉ lệ chất nhũ hóa thấp không đủ để làm giảm sức căng bề mặt, khiến các pha khó trộn lẫn và dẫn đến sự không ổn định của nhũ tương. Mặt khác, tỉ lệ chất nhũ hóa quá cao có thể gây ra lực đẩy mạnh giữa các phân tử chất nhũ hóa, làm giảm khả năng giảm sức căng bề mặt và gây ảnh hưởng tiêu cực đến lớp bề mặt ổn định của nhũ tương (Kupikowska-Stobba và cộng sự, 2024) và có thể không có đủ để bao phủ hoàn toàn tất cả các giọt. Độ che phủ không đủ này có thể dẫn đến sự kết tụ của các giọt, khiến nhũ tương bị phá vỡ. Ngoài ra, chất nhũ hóa còn giúp ổn định nhũ tương bằng cách tạo ra lực đẩy giữa chúng, ngăn chúng lại với nhau và kết lại. Tỉ lệ chất nhũ hóa quá thấp có thể không cung cấp đủ lực đẩy để giữ chúng tách rời nhau, dẫn đến nhũ tương không ổn định. Vì vậy, tỉ lệ chất nhũ hóa càng cao thì hiệu quả nhũ hóa càng cao. Điều này giải thích cho việc giảm kích thước giọt, giảm độ phân tán kích thước và tăng chỉ số khảo sát các hợp chất có hoạt tính sinh học khi tăng tỉ lệ Tween 80 từ 10% lên 25%.

Việc tìm ra tỉ lệ chất nhũ hóa thích hợp nhất là rất quan trọng để đảm bảo nhũ tương vừa ổn định, vừa giữ được các đặc tính sinh học có lợi. Nhiều nghiên cứu cho thấy dù tỉ lệ chất nhũ hóa tăng có thể cải thiện khả năng nhũ hóa, nhưng nếu vượt quá một ngưỡng nhất định, bất kỳ sự gia tăng nào cũng không mang lại hiệu quả ổn định tốt hơn (Remington, 2006). Khi tỉ lệ chất nhũ hóa quá cao, các phân tử chất nhũ hóa sẽ tập trung quá mức ở bề mặt phân cách, gây ra lực đẩy giữa chúng. Điều này làm giảm khả năng giảm sức căng bề mặt và cản trở sự hình thành lớp bề mặt ổn định, dẫn đến việc nhũ tương dễ bị phân tách.

Tương tự, một nghiên cứu của Aziz và cộng sự (2014) cho thấy rằng khi tăng tỉ lệ Tween 80 vượt quá mức 1,5 g, độ ổn định của nhũ tương nước trong dầu. Điều này là do có nhiều chất nhũ hóa ở bề mặt phân cách khi tỉ lệ chất nhũ hóa vượt quá ngưỡng tới hạn, gây ra lực đẩy giữa các phân tử này. Khả năng nhũ hóa để giảm sức căng bề mặt bị giảm do lực đẩy này, điều này cản trở sự phát triển của lớp bề mặt ổn định (Kupikowska-Stobba và cộng sự, 2024). Bên cạnh đó, sự suy giảm của các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng vitamin C cũng có thể được giải thích khi tỉ lệ Tween

80 đã tăng lên mức cần thiết để hình thành nhũ tương, do đó dẫn đến sự suy giảm khả năng bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học có trong nhũ tương. Xu hướng thay đổi kích thước hạt phù hợp với kết quả nghiên cứu của Dương Thị Hồng Ánh & Nguyễn Xuân Đức (2020), trong đó kích thước hạt nhũ tương giảm từ $181,1 \pm 0,6$ nm xuống $69,6 \pm 0,2$ nm khi tỉ lệ Tween 80 tăng từ 5% lên 10% và kết quả của Gao và cộng sự (2020), trong đó kích thước hạt giảm từ 297 nm xuống 130 nm khi tỉ lệ Tween được sử dụng tăng từ 0,5% lên 2,5%. Xu hướng này có thể được giải thích bằng cấu trúc lưỡng tính của chất nhũ hóa, giúp giảm hiệu quả sức căng bề mặt, cho phép phân tán hai pha vốn không trộn lẫn vào nhau. Ngoài ra, nồng độ chất nhũ hóa ảnh hưởng đến tính sinh khả dụng của các chất bằng cách tác động đến sự phân bố của các axit phenolic trong các hệ nhũ hóa. Losada-Barreiro và cộng sự (2015) đã báo cáo rằng việc tăng gấp mười lần thể tích chất hoạt động bề mặt đã làm tăng sự phân bố giao diện của cả axit gallic (từ 20% lên 60%) và axit caffeic (từ 50% lên 90%). Do đó, chất nhũ hóa ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chống oxy hóa của các hợp chất có hoạt tính sinh học, điều này giải thích sự thay đổi trong khả năng bắt gốc tự do của các mẫu nhũ tương trong nghiên cứu này.

Điều này cho thấy việc duy trì tỉ lệ chất nhũ hóa ở mức thích hợp (trong nghiên cứu này là Tween với tỉ lệ 25%) rất quan trọng để đạt được nhũ tương ổn định mà vẫn giữ được các hợp chất có hoạt tính sinh học.

3.3.6. Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Nhũ tương W/O là phần lõi chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học cần được bảo vệ, do đó tỉ lệ nhũ tương W/O so với chất nhũ hóa và pha liên tục là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự hình thành nhũ tương W/O/W ổn định. Việc khảo sát tỉ lệ nhũ tương W/O nhằm xác định tỉ lệ tối ưu đã được thực hiện và kết quả thu được thể hiện trong Bảng 3.9 và Hình 3.9.

Bảng 3.9. Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W

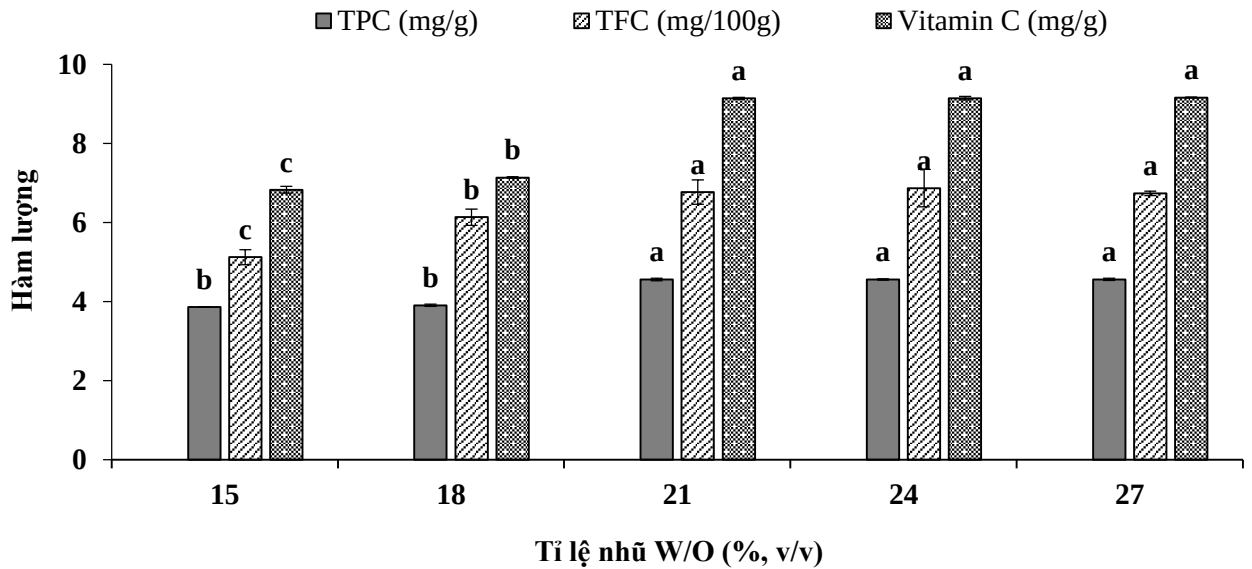
	15%	18%	21%	24%	27%
Kích thước hạt (μm)	$0,33 \pm 0,01^b$	$0,36 \pm 0,02^b$	$0,35 \pm 0,02^b$	$0,36 \pm 0,04^b$	$0,42 \pm 0,02^a$
PI	$0,28 \pm 0,02^c$	$0,28 \pm 0,01^c$	$0,38 \pm 0,02^b$	$0,36 \pm 0,03^b$	$0,41 \pm 0,01^a$
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	$43,25 \pm 0,50^d$	$45,18 \pm 1,31^c$	$52,60 \pm 0,47^b$	$60,58 \pm 0,75^a$	$51,67 \pm 0,24^b$

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả trong Bảng 3.9 cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về kích thước hạt, PI và khả năng bắt gốc tự do khi tỉ lệ nhũ tương W/O tăng từ 15% đến 18%. Tuy nhiên, khi tỉ lệ nhũ tương W/O đạt 21%, chỉ số PI có sự gia tăng đáng kể, cho thấy sự thay đổi trong độ phân tán kích thước hạt. Đặc biệt, tỉ lệ nhũ tương W/O tăng lên đến 27% dẫn đến sự gia tăng mạnh về kích thước hạt và PI, cho thấy sự mất ổn định cấu trúc nhũ tương và khả năng phân tán kém. Khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương tăng đáng kể khi tỉ lệ nhũ tương W/O tăng từ 15% lên 21%, đạt mức cao nhất tại $60,58 \pm 0,75\%$. Tuy nhiên, khi tỉ lệ nhũ tương W/O vượt quá 21% và lên đến 27%, khả năng bắt gốc tự do giảm mạnh, cho thấy rằng tỉ lệ nhũ tương W/O quá cao có thể làm giảm hiệu quả của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong nhũ tương.

Hình 3.9 cho thấy chỉ số TPC, TFC và hàm lượng Vitamin C trong nhũ tương W/O/W tăng lên đáng kể khi tỉ lệ nhũ tương W/O đạt 21%, với các giá trị lần lượt là $4,56 \pm 0,03$ mgGAE/g, $6,77 \pm 0,31$ mgQE/100g và $9,14 \pm 0,02$ mgAAE/g. Tuy nhiên, các chỉ số này không có sự thay đổi đáng kể khi tỉ lệ nhũ tương W/O tăng lên

đến 27%, chỉ ra rằng có một tỉ lệ thích hợp nhất để tối đa hóa hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học.



Hình 3.9. Ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O (v/v) lên các chỉ số TPC, TFC và vitamin C của nhũ tương W/O/W

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Tỉ lệ nhũ tương W/O sử dụng trong quá trình tạo thành nhũ tương W/O/W có tác động đáng kể đến cấu trúc, hiệu quả vi bao và độ ổn định của toàn hệ nhũ (Wang và cộng sự, 2017). Khi tỉ lệ nhũ tương W/O tăng, lượng dịch sơ ri cô đặc trong lõi nhũ tương cũng tăng, dẫn đến sự gia tăng hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học. Tuy nhiên, tỉ lệ nhũ tương W/O quá cao có thể có thể phá vỡ sự cân bằng giữa pha phân tán, chất nhũ hóa và pha liên tục, gây ra hiện tượng kết tụ giữa các giọt nhũ tương, làm tăng kích thước hạt và giảm độ ổn định của nhũ tương, dẫn đến sự giảm hiệu quả bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học bên trong lõi. Majid và cộng sự (2015) cho rằng tỉ lệ của nhũ tương W/O tăng lên có thể làm cho các giọt dầu ở gần nhau hơn làm tăng khả năng kết tụ và dẫn đến kích thước giọt lớn hơn. Từ đó có thể làm giảm tính ổn định của nhũ tương W/O/W. Điều này là nguyên nhân chính dẫn đến hiệu quả bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học bên trong lõi kém hiệu quả, giải thích cho sự gia tăng kích thước hạt, chỉ số phân tán kích thước và sự suy

giảm khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W khi tỉ lệ nhũ tương W/O sử dụng tăng đến 27%.

Những kết quả này khẳng định rằng tỉ lệ nhũ tương W/O có tác động trực tiếp đến khả năng bảo vệ hoạt chất sinh học trong nhũ tương W/O/W và độ ổn định của toàn hệ nhũ. Việc chọn tỉ lệ W/O 21% là phù hợp để tối ưu hóa các chỉ số về kích thước hạt, phân tán và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học.

3.3.7. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

So với các phương pháp năng lượng cao, nghiên cứu ứng dụng các phương pháp năng lượng thấp như ứng dụng phương pháp nhũ hóa tự phát để tạo nhũ tương vẫn còn hạn chế (Saffarionpour, 2019). Như đã trình bày trước đó, ngoài xác định các yếu tố như tỉ lệ, thành phần và nồng độ chất nhũ hóa, tốc độ khuấy cũng là một yếu tố quan trọng, cần được xác định trong quá trình nhũ hóa. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên một số tính chất lý hóa của nhũ tương W/O/W đã được nghiên cứu và thể hiện trong Bảng 3.10 và Hình 3.10.

Bảng 3.10. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên kích thước hạt nhũ, chỉ số đa phân tán kích thước hạt và khả năng bắt gốc tự do của nhũ tương W/O/W

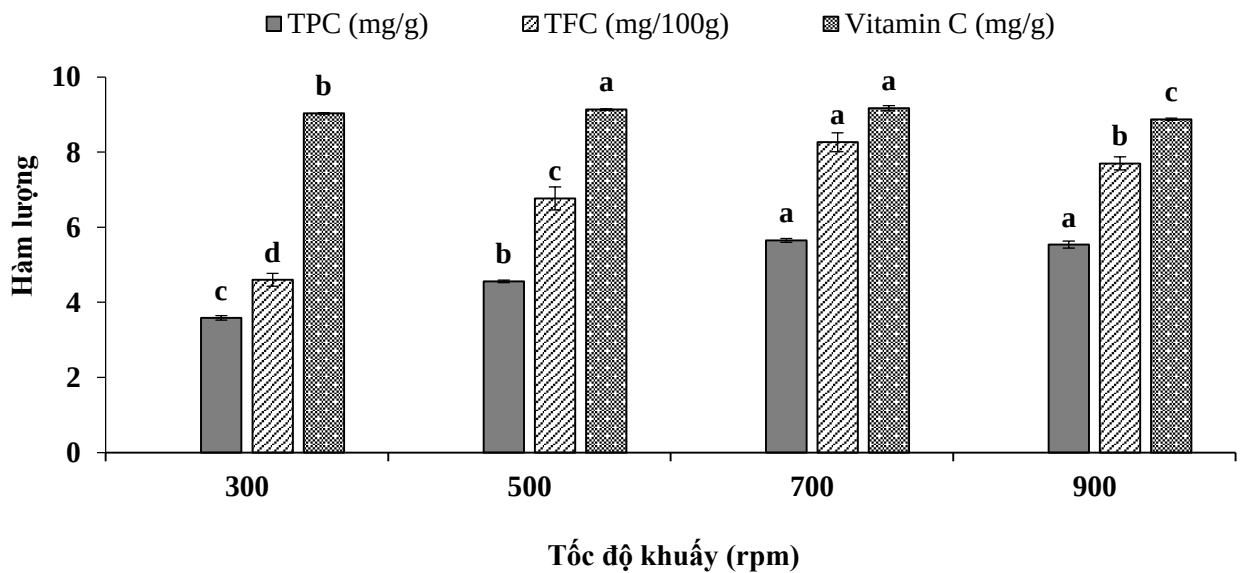
Tốc độ khuấy (rpm)	300	500	700	900
Kích thước hạt (μm)	$0,55 \pm 0,01^a$	$0,41 \pm 0,03^b$	$0,35 \pm 0,01^c$	$0,31 \pm 0,01^d$
PI	$0,55 \pm 0,03^a$	$0,49 \pm 0,01^b$	$0,33 \pm 0,04^c$	$0,28 \pm 0,01^d$
Khả năng bắt gốc tự do DPPH (%)	$54,55 \pm 0,06^d$	$59,75 \pm 0,61^b$	$62,78 \pm 0,33^a$	$58,77 \pm 0,33^c$

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả trình bày ở Bảng 3.10 cho thấy xu hướng giảm có ý nghĩa thống kê đối với kích thước hạt và chỉ số phân tán PI khi tốc độ khuấy tăng. Khi tốc độ khuấy từ 300 rpm tăng lên 900 rpm, kích thước hạt giảm từ $0,55 \pm 0,01 \mu\text{m}$ xuống còn 0,31

$\pm 0,01 \mu\text{m}$, và chỉ số PI giảm từ $0,55 \pm 0,03$ xuống $0,28 \pm 0,01$, điều này phản ánh sự cải thiện về độ đồng đều và sự phân tán của hạt nhũ. Khả năng bắt gốc tự do DPPH có sự gia tăng rõ rệt khi tốc độ khuấy từ 300 rpm lên đến 700 rpm, đạt giá trị cao nhất là $62,78 \pm 0,33\%$. Tuy nhiên, khả năng bắt gốc tự do giảm nhẹ khi tốc độ khuấy tiếp tục tăng lên 900 rpm, cho thấy rằng tốc độ khuấy quá cao có thể ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học.

Hình 3.10 cho thấy các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng Vitamin C đạt giá trị cao nhất khi tốc độ khuấy đạt 700 rpm, lần lượt là $5,65 \pm 0,05 \text{ mgGAE/g}$, $8,27 \pm 0,25 \text{ mgQE/100g}$ và $9,17 \pm 0,07 \text{ mgAAE/g}$. Sau đó, các chỉ số này không có sự thay đổi đáng kể khi tốc độ khuấy tiếp tục tăng lên 900 rpm.



Hình 3.10. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các chỉ số TPC, TFC và hàm lượng vitamin C có trong nhũ tương W/O/W

Các ký tự a, b, c của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Tốc độ khuấy ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước và sự phân bố của các giọt trong nhũ tương. Khi tốc độ khuấy tăng, lực cắt tác động mạnh hơn, làm tăng diện tích tiếp xúc giữa chất nhũ hóa, pha phân tán và pha liên tục. Điều này giúp cải thiện sự phân tán của các giọt nhũ, giảm kích thước hạt nhũ tương và làm tăng độ đồng đều (Liu và cộng sự, 2023; Moribe và cộng sự, 2012). Nhờ đó, hệ nhũ tương được

hình thành có kích thước nhỏ và đồng đều, giúp hệ ổn định hơn và có khả năng bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học trong lõi tốt hơn. Điều này giải thích cho sự gia tăng khả năng bắt gốc tự do DPPH và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học như TPC, TFC và Vitamin C khi tốc độ khuấy tăng từ 300 rpm lên đến 700 rpm

Tuy nhiên, tốc độ khuấy quá cao có thể dẫn đến sự mất cân bằng giữa lực phá vỡ do khuấy trộn và lực ổn định do chất nhũ hóa. Khi tốc độ khuấy vượt quá một mức độ nhất định, nó có thể gây ra hiện tượng đảo pha, trong đó nhũ tương có thể chuyển từ W/O sang O/W hoặc ngược lại (Liu và cộng sự, 2023; Moribe và cộng sự, 2012). Tốc độ khuấy cao còn dẫn đến sự đảo pha không hoàn toàn, dẫn đến sự hình thành nhũ tương W/O/W kém hiệu quả hơn và mất ổn định (Bahtz và cộng sự, 2016). Điều này giải thích tại sao tốc độ khuấy 900 rpm không tạo ra sự gia tăng đáng kể về khả năng bắt gốc tự do và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học, đồng thời có thể làm giảm hiệu quả bảo vệ các hợp chất này.

Nhũ tương có kích thước giọt nhỏ có xu hướng ổn định hơn. Theo Dickinson (2008), điều quan trọng là các giọt nhũ tương phải càng nhỏ càng tốt để giảm thiểu hiệu ứng tạo kem do trọng lực gây ra. Các giọt nhỏ hơn có tỉ lệ diện tích bề mặt trên thể tích lớn hơn, giúp tăng cường độ phủ và lớp bảo vệ được tạo thành bởi chất nhũ hóa, do đó cải thiện khả năng bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học bên trong lõi của các hạt nhũ tương. Điều này giải thích sự gia tăng quan sát thấy của TPC và TFC khi tăng tốc độ khuấy từ 300 vòng/phút lên 700 vòng/phút. Diện tích bề mặt lớn này cũng có sẵn để tương tác với các thành phần khác, tăng cường khả dụng sinh học của các chất dinh dưỡng và hợp chất hoạt tính sinh học, giải thích sự gia tăng quan sát thấy về khả năng chống oxy hóa. Các giọt nhỏ hơn bị ảnh hưởng nhiều hơn bởi chuyển động Brown, chuyển động ngẫu nhiên của các hạt trong chất lỏng (Kononov và cộng sự, 2024; Mason và cộng sự, 2006). Chuyển động ngẫu nhiên này giúp các giọt phân tán trong toàn bộ pha liên tục và làm giảm khả năng kết tụ, lắng đọng và tạo kem. Ngoài ra, nhũ tương có PI thấp biểu thị độ đồng đều cao, giúp duy trì độ đồng nhất trong sản phẩm bằng cách ngăn các giọt lớn hơn nổi lên hoặc lắng xuống nhanh hơn các giọt nhỏ hơn, do đó tránh được hiện tượng tách pha (McClements, 2004). Trong công nghiệp thực phẩm, nhũ tương được sử dụng trong

các sản phẩm thực phẩm như nước sốt và đồ uống, có lợi thế là kích thước giọt nhỏ và đồng đều. Các nhũ tương này ổn định hơn, có kết cấu mịn hơn như sốt mayonnaise và thời hạn sử dụng lâu hơn.

Dựa trên các kết quả đã phân tích, tốc độ khuấy thích hợp nhất để tạo nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc là 700 rpm. Đây là tốc độ khuấy giúp tạo ra nhũ tương với kích thước hạt nhỏ, độ phân tán tốt và khả năng bảo vệ các hợp chất có hoạt tính sinh học cao nhất. Tốc độ khuấy quá cao (900 rpm) không mang lại lợi ích bổ sung và có thể gây mất ổn định hệ nhũ. Nhũ tương 2 lớp được sử dụng là vật liệu lõi cho nghiên cứu vi bao tiếp theo.

3.4. Vi bao bằng phương pháp sấy phun

3.4.1. Ảnh hưởng của vật liệu lõi lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Trong công nghệ vi bao bằng phương pháp sấy phun, vật liệu lõi đóng vai trò quyết định đến chất lượng sản phẩm cuối cùng thông qua việc ảnh hưởng đến các tính chất hóa lý và hình thái của bột. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát hai loại vật liệu lõi, bao gồm dịch sơ ri cô đặc và nhũ tương W/O/W từ dịch sơ ri cô đặc, được chuẩn bị dựa trên phương pháp nhũ hóa (Mục 3.3). Kết quả cho thấy nhũ tương sơ ri có khả năng cải thiện đáng kể các tính chất hóa lý của bột, vượt trội hơn dịch sơ ri cô đặc ở nhiều khía cạnh. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3.11, Hình 3.11 và Hình 3.12.

Bảng 3.11. Độ ẩm và tỷ trọng bột khi sử dụng lõi là dịch sơ ri cô đặc và nhũ tương

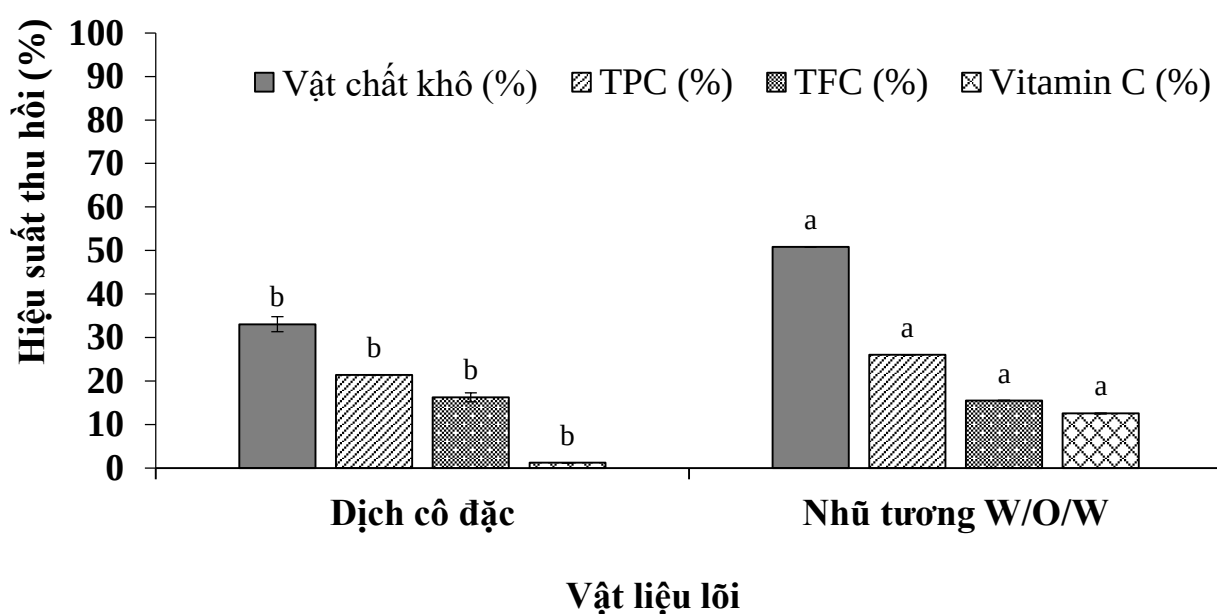
Loại vật liệu lõi	Dịch cô đặc	Nhũ tương
Độ ẩm bột (%)	$5,38 \pm 0,00^a$	$3,94 \pm 0,00^b$
Tỷ trọng (g/ml)	$0,23 \pm 0,02^a$	$0,22 \pm 0,01^a$

Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả ở Bảng 3.11 cho thấy độ ẩm bột từ nhũ tương W/O/W đạt 3,94%, thấp hơn đáng kể so với 5,38% ở mẫu sử dụng dịch sơ ri cô đặc ($p < 0,05$). Điều này

có thể được giải thích bởi đặc tính cấu trúc của nhũ tương, với khả năng tạo thành mạng lưới bảo vệ xung quanh các hợp chất hoạt tính, làm giảm sự hút ẩm trong quá trình sấy và bảo quản. Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về tỷ trọng giữa hai loại vật liệu lõi, với giá trị trung bình dao động từ 0,22 đến 0,23 g/ml ($p > 0,05$).

Hình 3.11 cho thấy sử dụng vật liệu lõi là nhũ tương 2 lớp mang lại hiệu suất thu hồi vật chất khô cao hơn, đạt xấp xỉ 51%, cao hơn khoảng 33% so với sử dụng dịch sơ ri cô đặc. Điều này chứng minh khả năng nhũ tương W/O/W bảo vệ tốt hơn các thành phần có hoạt tính sinh học trong môi trường nhiệt cao của buồng sấy phun, giúp giảm thiểu thất thoát khối lượng vật liệu nhũ tương, giúp tối ưu hóa hiệu quả của quá trình sấy phun.



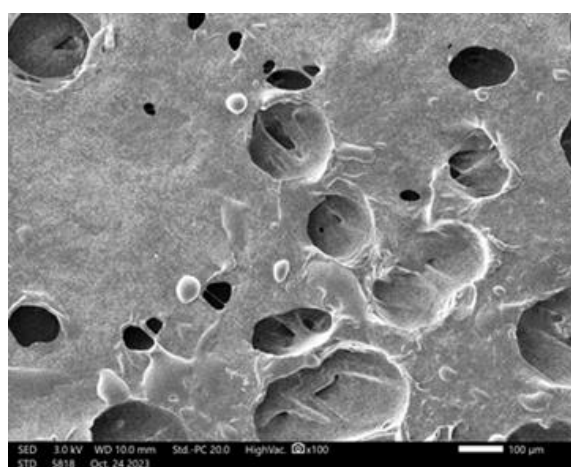
Hình 3.11. Ảnh hưởng của loại vật liệu lõi lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột

Các ký tự a, b của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

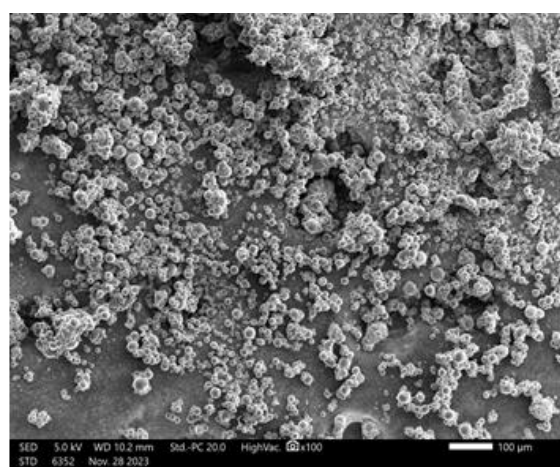
Một trong những điểm đáng chú ý là hàm lượng tổng vitamin C trong bột sấy từ nhũ tương W/O/W cao gấp 10 lần so với dịch sơ ri cô đặc. Điều này có thể được lý giải bởi cơ chế ổn định hóa của nhũ tương, trong đó các giọt nhũ tương đóng vai

trò như các lớp bảo vệ vi mô cho các hợp chất có hoạt tính sinh học, hạn chế quá trình oxy hóa và phân hủy bởi nhiệt của vitamin C trong suốt quá trình sấy phun.

Về mặt hình thái, hình ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy hạt bột từ dịch sơ ri cô đặc có xu hướng kết dính thành mảng lớn và không thể quan sát rõ ràng hình ảnh hạt bột riêng biệt (Hình 3.12a). Ngược lại, hạt bột từ nhũ tương 2 lớp có cấu trúc hình cầu rõ ràng và tương đối đồng đều (Hình 3.12b), cho thấy nhũ tương không chỉ cải thiện độ ổn định vật lý mà còn làm tăng tính thẩm mỹ và khả năng bảo quản của bột vi bao.



a



b

Hình 3.12. Hình thái hạt bột dưới độ phóng đại 100x với lõi a. Bột có lõi là dịch sơ ri cô đặc, b. Bột có lõi là nhũ tương sơ ri

Kết quả này có thể được giải thích dựa trên tính nhạy cảm của các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng bảo vệ chúng của phương pháp nhũ hóa. Các hợp chất có hoạt tính sinh học, khi được bổ sung vào các sản phẩm thực phẩm ở dạng nguyên chất, dễ bị phân hủy trong quá trình chế biến và bảo quản do rất nhạy cảm với các điều kiện môi trường bất lợi như nhiệt độ, oxy, độ ẩm và giá trị pH (Esfanjani và cộng sự, 2018). Trong thí nghiệm này, nhiệt độ cao trong quá trình sấy phun được xem là yếu tố chính dẫn đến sự phân hủy của các hợp chất này. Tuy nhiên, việc sử dụng nhũ tương W/O/W làm vật liệu lõi đã cho thấy khả năng bảo vệ vượt trội, nhờ kéo dài thời gian ổn định, tăng cường độ bền của các hợp chất có hoạt tính sinh

học, đồng thời giảm thiểu sự oxy hóa do các tác nhân gây hại như độ ẩm, ánh sáng và nhiệt độ (Droźłowska và cộng sự, 2021).

Nhũ tương không chỉ đóng vai trò như một chất ổn định mà còn tạo ra hai lớp vỏ bảo vệ: lớp ưa dầu và lớp ưa nước, bao bọc các hợp chất hoạt tính sinh học trong dịch chiết trái sơ ri. Cấu trúc này làm giảm đáng kể tác động tiêu cực của các yếu tố bên ngoài, giúp giữ lại hàm lượng cao các hợp chất hoạt tính sau quá trình sấy phun. Lớp vỏ bao kép này hoạt động cùng với màng maltodextrin, tạo nên một hệ vi bao đa lớp hiệu quả, vừa bảo vệ vừa ổn định các hợp chất nhạy cảm. Hơn nữa, hình thái của các hạt bột từ hai loại vật liệu lõi cũng khẳng định sự vượt trội của nhũ tương 2 lớp. Các hạt bột từ nhũ tương W/O/W có bề mặt mịn, liền mạch và không bị nứt vỡ, cho thấy sự vi bao hoàn chỉnh và đồng đều. Trong khi đó, các hạt bột từ dịch sơ ri cô đặc có cấu trúc không đồng đều và bề mặt dễ bị nứt, làm giảm khả năng bảo vệ các hợp chất hoạt tính.

Với các ưu điểm này, nhũ tương đã chứng minh là vật liệu lõi tối ưu, không chỉ giúp tăng hiệu quả bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học mà còn cải thiện đáng kể chất lượng hình thái của bột. Do đó, nhũ tương W/O/W được chọn làm vật liệu lõi cố định để tiếp tục triển khai các thí nghiệm chuyên sâu tiếp theo. Điều này mở ra tiềm năng ứng dụng nhũ tương trong các hệ vi bao khác, đặc biệt là trong việc bảo quản và gia tăng giá trị dinh dưỡng cho thực phẩm chức năng.

3.4.2. Ảnh hưởng của thành phần vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

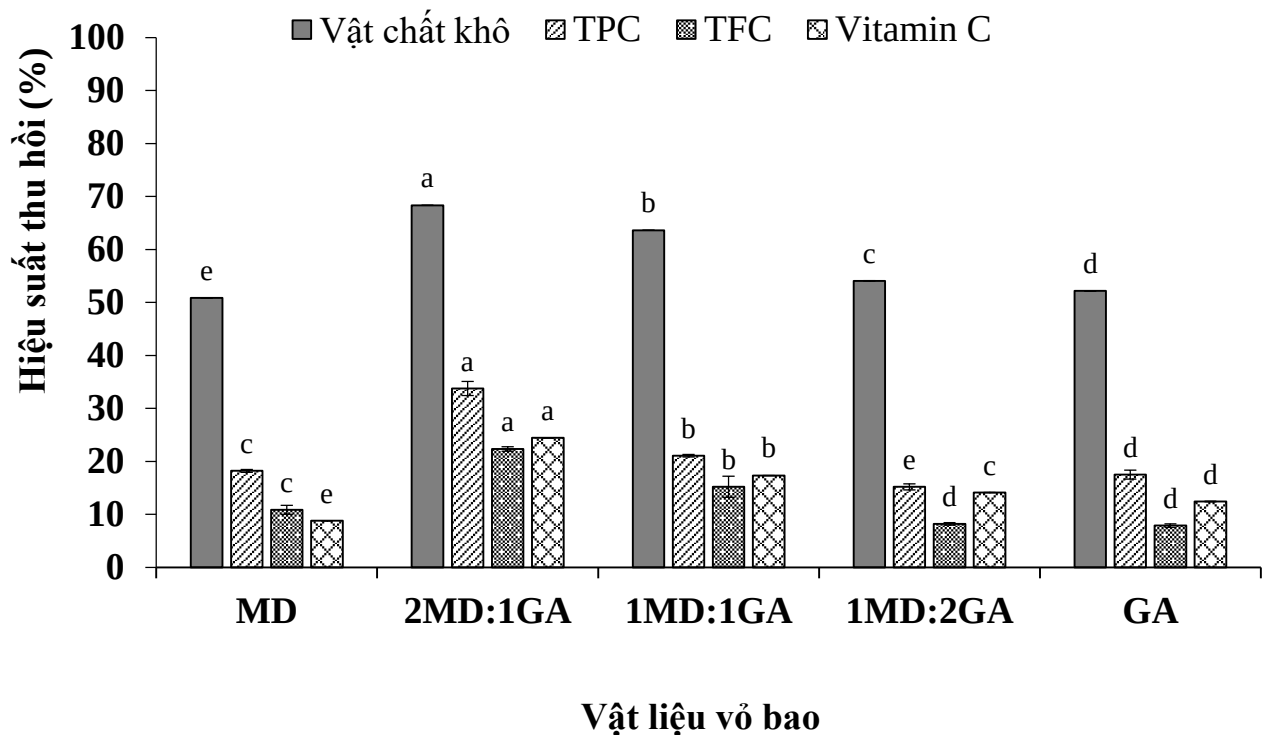
Thành phần và tỉ lệ phối trộn của vỏ bao đóng vai trò quan trọng trong quá trình sấy phun, không chỉ tương tác trực tiếp với vật liệu lõi mà còn là lớp bảo vệ chính giúp duy trì sự ổn định và hạn chế sự phân hủy các hợp chất có hoạt tính sinh học. Việc lựa chọn thành phần vỏ bao phù hợp phải dựa trên đặc tính của vật liệu lõi và mục tiêu sản phẩm. Trong nghiên cứu này, maltodextrin (MD) và gum arabic (GA), hai vật liệu phổ biến trong công nghệ sấy phun, được sử dụng để tìm ra tỉ lệ phối trộn thích hợp để vi bao vitamin C và các hợp chất phenolic trong dịch trái sơ ri. Kết quả thí nghiệm được trình bày qua Bảng 3.12, Hình 3.13 và Hình 3.14.

Kết quả từ Bảng 3.12 cho thấy các mẫu bột với lớp vỏ bao từ hỗn hợp MD và GA có độ ẩm thấp hơn ($p < 0,05$) so với các mẫu chỉ sử dụng MD hoặc GA đơn lẻ, trong khi không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về tỷ trọng bột ($p > 0,05$). Đặc biệt, hỗn hợp với tỉ lệ MD: GA là 2:1 cho thấy hiệu quả vượt trội về hiệu suất thu hồi bột ($68,34\% \pm 0,01$) và hiệu suất vi bao TPC ($33,74\% \pm 0,01$), TFC ($22,35\% \pm 0,01$) và vitamin C ($24,45\% \pm 0,01$), như minh họa trong Hình 3.13.

Bảng 3.12. Độ ẩm và tỷ trọng của bột khi sử dụng 5 loại vỏ bao khác nhau

Vỏ bao	MD	2MD:1GA	1MD:1GA	1MD:2GA	GA
Độ ẩm bột (%)	$3,92 \pm 0,01^a$	$3,75 \pm 0,01^c$	$3,79 \pm 0,02^c$	$3,73 \pm 0,01^d$	$3,86 \pm 0,01^b$
Tỷ trọng (g/ml)	$0,22 \pm 0,01^a$	$0,20 \pm 0,01^a$	$0,21 \pm 0,02^a$	$0,22 \pm 0,01^a$	$0,22 \pm 0,02^a$

Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



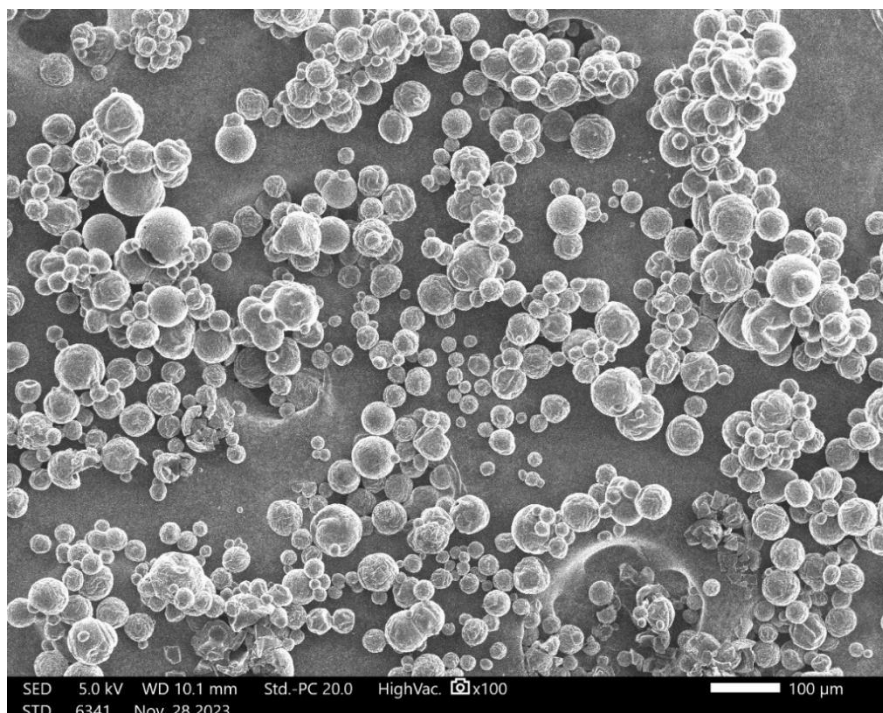
Hình 3.13. Ảnh hưởng của thành phần vỏ bao lên hiệu quả thu hồi bột và hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C có trong bột

Các ký tự a, b, c, d, e của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Những kết quả này có thể được giải thích qua đặc tính loại vỏ bao và sự tương tác giữa MD và GA. GA là một hydrocolloid tự nhiên có độ nhớt thấp, độ bền cơ học cao và khả năng ngăn chặn sự nứt vỡ của các hạt vi bao trong quá trình chế biến và bảo quản. Tuy nhiên, GA có nhược điểm như giá thành cao, độ hòa tan thấp và dễ tương tác với các thành phần khác (Barra và cộng sự, 2019). Trong khi đó, MD có độ hòa tan cao, độ nhớt thấp, tính ổn định nhiệt tốt và khả năng tương thích với các thành phần khác, nhưng lại có khả năng chống oxy hóa thấp (Mohammadlinejad & Kurek, 2021).

Sự kết hợp giữa MD và GA không chỉ khắc phục nhược điểm của từng loại vỏ bao mà còn mang lại các ưu điểm vượt trội, như khả năng tạo các hạt vi bao kích thước nhỏ hơn, chống oxy hóa tốt hơn (de Melo Ramos và cộng sự, 2019), đồng thời cải thiện độ ổn định và hiệu quả vi bao (Lourenço và cộng sự, 2020). Những lợi thế này cũng đã được chứng minh thông qua các nghiên cứu của González-Peña và cộng sự (2021) và Karrar và cộng sự (2021) đã chỉ ra rằng hỗn hợp MD-GA tạo ra cấu trúc đồng nhất giúp bảo vệ hiệu quả các hạt vi bao chứa carotenoids và các hợp chất chống oxy khỏi tác động của ánh sáng, nhiệt và oxy.

Hình thái học hạt bột vi bao từ Hình 3.14 cũng cho thấy các hạt được tạo bởi vỏ bao với tỉ lệ MD là 2:1 có bề mặt mịn, hình cầu đồng nhất và ít nứt vỡ, thể hiện đặc tính hình thái lý tưởng cho mục tiêu vi bao. Sự phối hợp giữa MD và GA theo tỉ lệ này không chỉ giúp bảo vệ hiệu quả các hợp chất hoạt tính sinh học mà còn tăng cường độ bền cấu trúc hạt và cải thiện khả năng ứng dụng của bột.



Hình 3.14. Hình thái hạt bột có thành phần vỏ là 2MD:1GA dưới độ phóng đại 100x

Tóm lại, tỉ lệ phối trộn MD là 2:1 được xác định là thích hợp cho việc vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch trái sri cô đặc do hiệu suất thu hồi bột và hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C vượt trội hơn so với các tỉ lệ phối trộn còn lại. Tỉ lệ này được chọn làm thành phần vỏ bao cố định để tiếp tục thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

3.4.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ vật liệu lõi và vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sri sấy phun

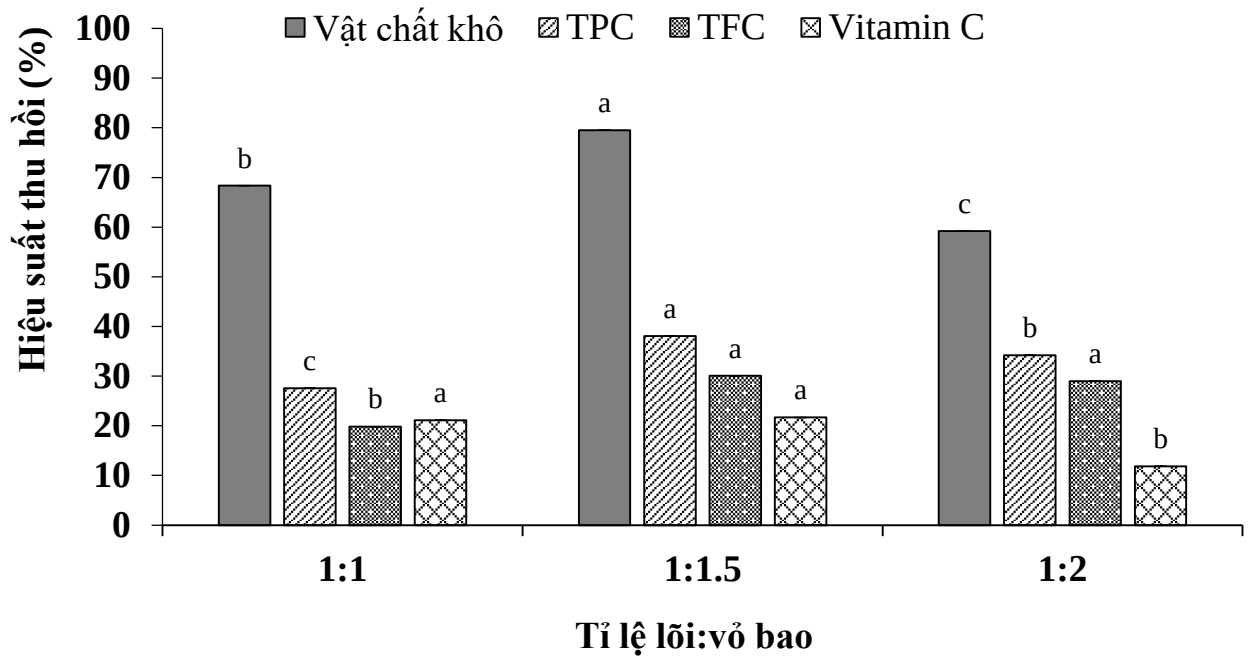
Tỉ lệ phối trộn giữa lõi và vỏ bao là một yếu tố then chốt, tác động trực tiếp đến hiệu suất của quá trình vi bao bằng phương pháp sấy phun và chất lượng của thành phẩm bột vi bao. Tỉ lệ vỏ bao thấp có thể không bảo vệ đầy đủ vật liệu lõi, trong khi tỉ lệ vỏ bao quá cao sẽ làm tăng độ nhớt hỗn hợp trước sấy, gây khó khăn trong quá trình sấy phun. Vì vậy, thí nghiệm được thực hiện để xác định tỉ lệ vật liệu lõi và vỏ bao thích hợp và kết quả được trình bày trong Bảng 3.13, Hình 3.15 và Hình 3.16.

Bảng 3.13. Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các tỉ lệ phối trộn lõi và vỏ bao khác nhau

Tỉ lệ lõi/vỏ bao	1:1	1:1,5	1:2
Độ ẩm bột (%)	3,85 ± 0,01 ^a	3,44 ± 0,01 ^b	3,17 ± 0,01 ^c
Tỷ trọng (g/ml)	0,21 ± 0,02 ^a	0,20 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a

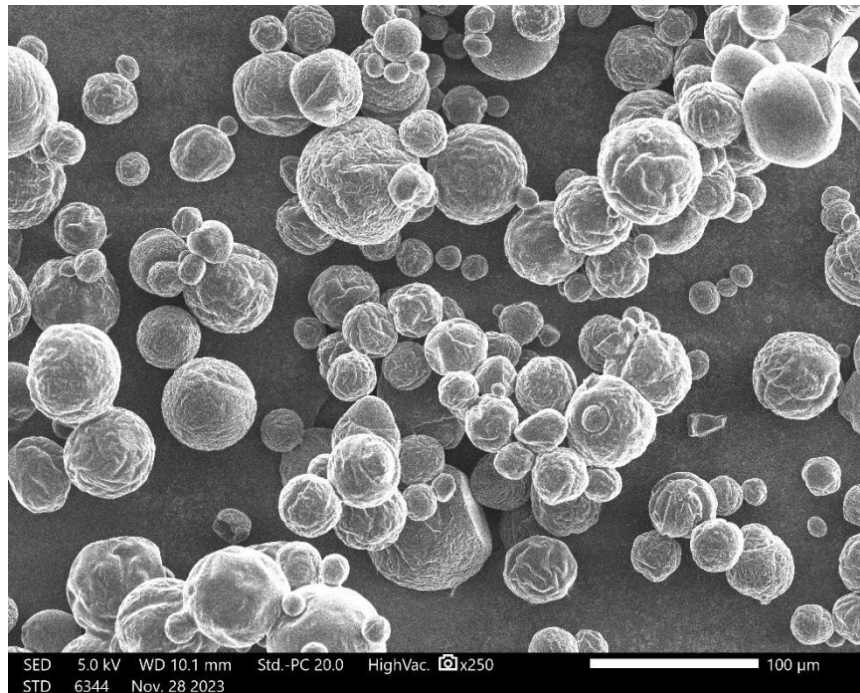
Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả ở Bảng 3.13 cho thấy, khi tỉ lệ lõi: vỏ bao thay đổi từ 1:1 đến 1:1,5, độ ẩm bột giảm đáng kể (từ 3,85% ± 0,01 xuống 3,44% ± 0,01), hiệu suất thu hồi bột và hiệu suất vi bao các hợp chất hoạt tính sinh học (TPC, TFC và vitamin C) đều tăng lên. Tuy nhiên, khi tỉ lệ lõi: vỏ bao giảm tiếp xuống 1:2, hiệu suất thu hồi bột giảm nhẹ. Nguyên nhân có thể do ở tỉ lệ vỏ bao thấp (1:1), vật liệu lõi không được bao phủ hoàn toàn, làm tăng khả năng tiếp xúc trực tiếp với nhiệt độ cao và oxy trong quá trình sấy, dẫn đến sự phân hủy các hợp chất nhạy cảm như vitamin C và polyphenol (Acharya và cộng sự, 2021; Correa-Filho và cộng sự, 2019). Trong khi đó, khi tỉ lệ vỏ bao quá cao (1:2), độ nhớt dung dịch tăng đáng kể, gây ra hiện tượng dính thành thiết bị sấy và gián đoạn dòng chảy của dung dịch qua kim bơm, làm giảm hiệu suất thu hồi vật chất khô (Mohammadalinejad & Kurek, 2021).



Hình 3.15. Ảnh hưởng của tỉ lệ lõi:vỏ bao lên hiệu suất thu hồi bột, hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C có trong bột

Các ký tự a, b, c của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.



Hình 3.16. Hình thái hạt bột có tỉ lệ phối trộn 1:1,5 dưới độ phóng đại 250x

Về mặt hình thái học, Hình 3.16 cho thấy các hạt bột vi bao được tạo từ dung dịch có tỉ lệ lõi: vỏ bao là 1:1,5 có hình cầu hoàn chỉnh, bề mặt mịn màng, ít nếp

nhân và không có vết nứt. Các đặc điểm này có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao tính ổn định của hạt vi bao, giúp bảo vệ hiệu quả các hợp chất nhạy cảm trong quá trình bảo quản và ứng dụng sau này. Nghiên cứu trước đây cũng cho thấy rằng tỉ lệ phối trộn tối ưu giữa vật liệu lõi và vỏ bao có thể tạo ra các hạt bột có kích thước đồng đều và khả năng bảo vệ các chất hoạt tính sinh học cao hơn, nhờ sự tương tác đồng nhất giữa các thành phần cấu tạo (de Melo Ramos và cộng sự, 2019).

Như vậy, tỉ lệ lõi: vỏ bao 1:1,5 được xác định là phù hợp nhất trong thí nghiệm này, vì nó không chỉ đảm bảo hiệu suất thu hồi bột và vi bao cao nhất mà còn tạo ra các hạt bột có đặc tính hình thái phù hợp. Tỉ lệ này được sử dụng làm điều kiện cố định trong các thí nghiệm tiếp theo nhằm đạt được chất lượng sản phẩm tối ưu và hiệu quả ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm.

3.4.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu vào lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

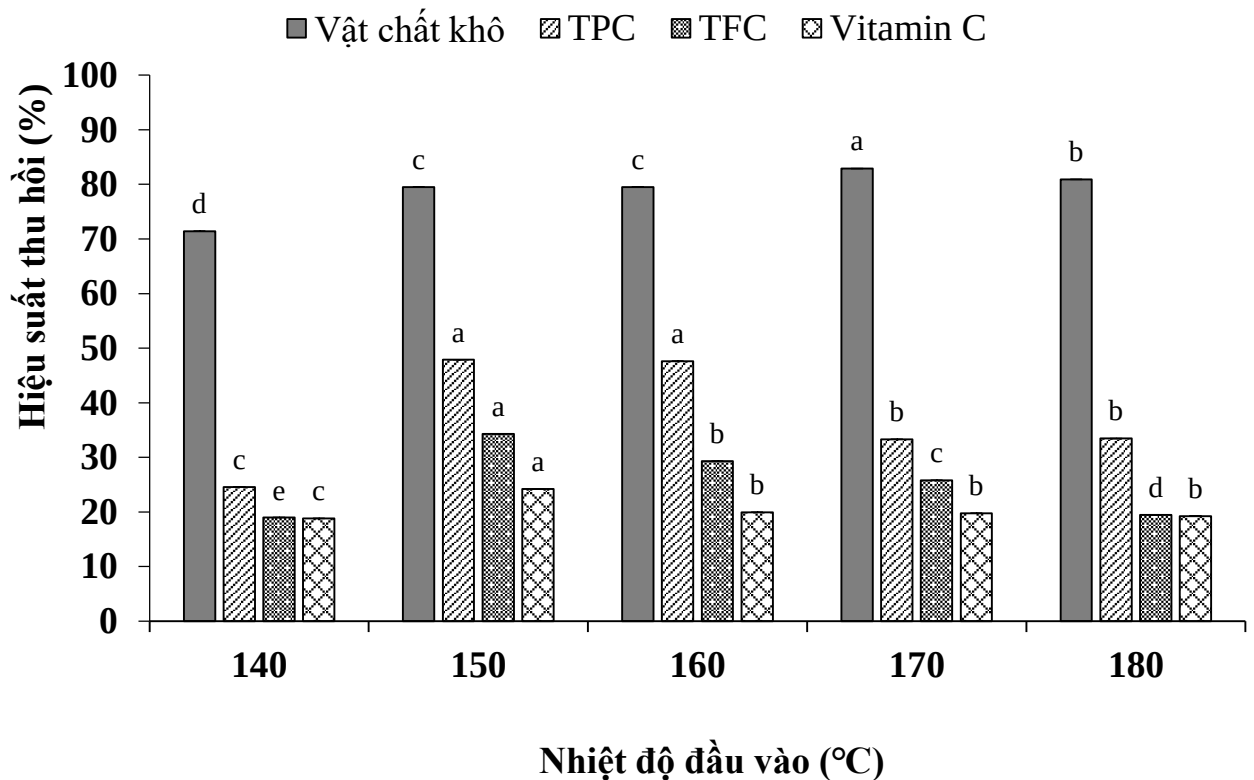
Sấy phun là một kỹ thuật làm bay hơi chất lỏng dưới tác động của nhiệt độ cao nhằm tạo ra hạt bột khô. Trong quá trình này, nhiệt độ đầu vào đóng vai trò quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả sấy, hiệu suất vi bao và chất lượng của sản phẩm. Nhiệt độ đầu vào không đủ cao có thể làm chậm tốc độ sấy, tiêu tốn năng lượng và gây giảm hiệu quả thu hồi vật liệu. Ngược lại, nhiệt độ đầu vào quá cao có thể phá hủy cấu trúc lớp vỏ bao, gây mất ổn định lớp lõi chứa các hợp chất hoạt tính sinh học (Daniel và cộng sự, 2017; Tay và cộng sự, 2021). Vì vậy, nhiệt độ đầu vào của quá trình sấy phun được tiến hành khảo sát trong thí nghiệm này. Kết quả thí nghiệm được thể hiện thông qua Bảng 3.14 và Hình 3.17.

Bảng 3.14. Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các nhiệt độ sấy phun đầu vào khác nhau

Nhiệt độ đầu vào (°C)	140	150	160	170	180
Độ ẩm bột (%)	3,47 ± 0,01 ^a	3,45 ± 0,01 ^a	3,31 ± 0,01 ^b	3,30 ± 0,01 ^b	3,27 ± 0,01 ^c
Tỷ trọng (g/ml)	0,25 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,01 ^a

Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả thí nghiệm (Bảng 3.14, Hình 3.17) cho thấy độ ẩm của bột giảm dần khi tăng nhiệt độ đầu vào từ 140°C ($3,47\% \pm 0,01$) đến 180°C ($3,27\% \pm 0,01$), tỷ trọng bột không có sự khác biệt về mặt thống kê khi thay đổi nhiệt độ sấy. Hiệu suất thu hồi bột tăng từ $71,41\% \pm 0,01$ (140°C) lên đến $80,92\% \pm 0,01$ (180°C), cho thấy sự cải thiện trong hiệu quả bay hơi nước khi nhiệt độ đầu vào tăng. Tuy nhiên, hiệu suất vi bao các hợp chất hoạt tính sinh học (TPC, TFC và vitamin C) lại có xu hướng khác biệt. Hiệu suất vi bao các chỉ tiêu ở mức nhiệt độ đầu vào 140°C là thấp nhất, đều ở mức dưới 25%, sau đó tăng mạnh đạt đỉnh với $47,90\% \pm 0,02$ đối với TPC; $34,30\% \pm 0,01$ đối với TFC và $24,19\% \pm 0,01$ đối với vi bao vitamin C khi tăng nhiệt độ sấy lên 150°C. Theo sau đó là xu hướng giảm nhẹ khi tiếp tục tăng nhiệt độ đầu vào lên đến 180°C.



Hình 3.17. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột

Các ký tự a, b, c, d, e của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Ở nhiệt độ sấy đầu vào 140 °C, hiệu suất vi bao của TPC, TFC và vitamin C đều thấp, dưới 25%. Điều này có thể được giải thích bởi nhiều nguyên nhân. Đầu tiên, nhiệt độ đầu vào không đủ cao làm cho tốc độ sấy bị chậm, dẫn đến việc cần nhiều thời gian và năng lượng hơn để có thể làm khô hạt bột (Tay và cộng sự, 2021). Tiếp theo đó, việc kéo dài thời gian sấy tạo điều kiện cho quá trình oxy hóa hoặc phân hủy lớp vỏ bao diễn ra, làm suy giảm chất lượng của lớp lõi chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học cần bảo vệ (Ghandi và cộng sự, 2012). Khi nhiệt độ sấy tăng lên 150°C, hiệu suất vi bao tăng mạnh, đạt $47,90\% \pm 0,02$ đối với TPC, $34,30\% \pm 0,01$ đối với TFC, và $24,19\% \pm 0,01$ đối với vitamin C. Nhiệt độ này tạo điều kiện thích hợp để hình thành lớp vỏ bao bền vững, bảo vệ vật liệu lõi hiệu quả. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tiếp tục tăng lên 160-180 °C, hiệu suất vi bao giảm nhẹ. Nguyên nhân có thể do sự phá vỡ cấu trúc lớp vỏ bao dưới tác động của nhiệt độ cao, khiến các hợp chất hoạt tính sinh học tiếp xúc trực tiếp với nhiệt và oxy, làm tăng nguy cơ oxy hóa hoặc phân hủy (Samborska và cộng sự, 2019). Vì thế, hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong bột sau khi sấy bị suy giảm. Ngoài ra, nhiệt độ sấy phun đầu vào quá cao cũng gây ra hao phí năng lượng và tổn thất chi phí.

Mặc dù nhiệt độ sấy phun đầu vào cao hơn (170-180 °C) cải thiện hiệu suất thu hồi bột, nhưng lại gây ra tổn thất chất lượng ở mức độ vi bao. Thí nghiệm cũng ghi nhận ở mức nhiệt độ 150 °C, bột có hiệu suất thu hồi TFC và vitamin C cao hơn so với các mức nhiệt độ khác, trong khi mức 160 °C tạo ra bột có độ ẩm thấp hơn. Do đó, khoảng nhiệt độ 150-160 °C được xem là thích hợp cho việc cân bằng giữa hiệu suất thu hồi và bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học. Vì vậy, khoảng nhiệt độ 150-160 °C được chọn để thực hiện thí nghiệm tối ưu nhiệt độ sấy phun đầu vào và 150 °C được chọn để tiến hành thí nghiệm khảo sát nhiệt độ sấy phun đầu ra nhằm đảm bảo hiệu quả năng lượng và chất lượng sản phẩm tốt nhất.

3.4.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu ra lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Ngoài nhiệt độ đầu vào, nhiệt độ sấy phun đầu ra cũng đóng vai trò quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ sấy, chất lượng và hiệu suất của quá trình sấy phun.

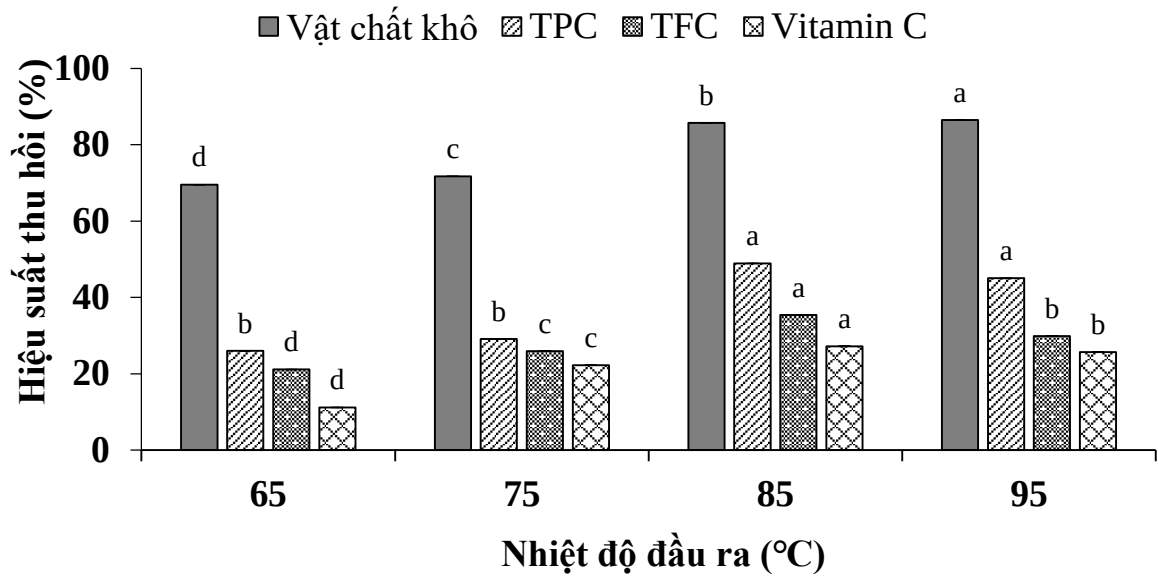
Nhiệt độ sấy phun đầu ra thấp có thể làm giảm tốc độ sấy, dẫn đến tăng độ ẩm bột, gây khó khăn trong việc bảo quản và ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi. Ngược lại, nhiệt độ sấy phun đầu ra quá cao có thể làm giảm chất lượng bột thông qua việc phá hủy cấu trúc lớp vỏ bao và các hợp chất nhạy cảm (Nespi và cộng sự, 2021). Để xác định nhiệt độ sấy phun đầu ra thích hợp, thí nghiệm đã được tiến hành và kết quả được trình bày trong Bảng 3.15 và Hình 3.18.

Bảng 3.15. Độ ẩm và tỷ trọng của bột ở các nhiệt độ sấy phun đầu ra khác nhau

Nhiệt độ (°C)	65	75	85	95
Độ ẩm bột (%)	4,76 ± 0,01 ^a	4,55 ± 0,01 ^b	3,46 ± 0,01 ^c	3,39 ± 0,01 ^d
Tỷ trọng (g/ml)	0,21 ± 0,02 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	0,20 ± 0,02 ^a

Các giá trị được trình bày dưới dạng trung bình ± SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả thí nghiệm (Bảng 3.15) cho thấy độ ẩm bột giảm đáng kể khi nhiệt độ sấy đầu ra tăng từ 65 °C (4,76% ± 0,01) lên 95 °C (3,39% ± 0,01). Tỷ trọng bột trong khoảng nhiệt độ khảo sát dao động từ 0,20 đến 0,21 g/ml, sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Ngoài ra, Hình 3.18 chỉ ra rằng hiệu suất thu hồi bột và hiệu suất vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học (TPC, TFC và vitamin C) tăng lên khi nhiệt độ đầu ra tăng từ 65°C đến 85°C. Tại nhiệt độ 85 °C, các giá trị đạt đỉnh với hiệu suất thu hồi bột 85,71% ± 0,01, hiệu suất vi bao TPC 48,91% ± 0,02, TFC 35,36% ± 0,03 và vitamin C 27,21% ± 0,01. Khi nhiệt độ tiếp tục tăng lên 95 °C, các chỉ số này có xu hướng giảm nhẹ.



Hình 3.18. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu ra lên hiệu suất vi bao vật chất khô, TPC, TFC và vitamin C có trong bột

Các ký tự a, b, c, d của mỗi giá trị biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Hiệu suất thu hồi bột và các hợp chất có hoạt tính sinh học tương đối thấp ở nhiệt độ sấy đầu ra là 65 °C có thể được giải thích bởi một số lý do. Theo Kent & McLeod (2007), nhiệt độ thấp được cho là không đủ để làm khô các hạt bột trong buồng sấy trong thời gian ngắn, làm cho các hạt bột khô không hoàn toàn, có độ ẩm cao, tạo điều kiện cho chúng dính lại với nhau gây tắc nghẽn đầu tiêm, dính thành thiết bị, giảm hiệu suất thu hồi vật chất khô. Thêm vào đó, độ ẩm bột cao cũng làm suy giảm các hợp chất có hoạt tính sinh học bên trong lõi do sự oxy hóa (Zhang và cộng sự, 2022). Ngoài ra, nhiệt độ đầu ra của quá trình sấy thấp cũng làm lưu chuyển dòng chảy kém, giảm năng suất sấy, tăng thời gian sấy và tăng mức tiêu thụ năng lượng trong sản xuất.

Ngược lại, khi nhiệt độ đầu ra tăng lên 95 °C, mặc dù hiệu suất thu hồi bột đạt giá trị cao nhất, nhưng hiệu suất vi bao các hợp chất hoạt tính sinh học lại giảm. Điều này có thể do nhiệt độ cao làm phá hủy lớp vỏ bao bảo vệ hạt bột, khiến các hợp chất bên trong dễ bị oxy hóa hoặc phân hủy dưới tác động của nhiệt độ (George và cộng sự, 2023). Lúc này, lớp vỏ bao bên ngoài hạt bột có thể bị phá hủy làm cho

các hợp chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm bên trong bị phá hủy bởi tiếp xúc trực tiếp với điều kiện nhiệt độ cao.

Kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ sấy phun đầu ra ở 85 °C là thích hợp, đạt hiệu suất vi bao các hợp chất hoạt tính sinh học cao nhất, trong khi nhiệt độ 95 °C đạt hiệu suất thu hồi bột tốt nhất. Vì vậy, khoảng nhiệt độ 85-95 °C được xác định là khoảng tối ưu để cân bằng giữa hiệu suất thu hồi bột và bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học và được sử dụng để thực hiện các thí nghiệm tối ưu hóa tiếp theo.

3.4.6. Tối ưu hóa nhiệt độ đầu vào và nhiệt độ đầu ra trong quá trình sấy phun nhũ tương sơ ri

Nhiệt độ sấy phun đầu vào (X_1) và đầu ra (X_2) có tác động mạnh mẽ đến quá trình sấy phun cũng như các chỉ tiêu vật lý-hóa học của bột sơ ri vi bao. Phương pháp tối ưu hóa RSM theo mô hình CCD đã được sử dụng để phân tích và xác định nhiệt độ phù hợp nhất cho nghiên cứu này. Bảng 3.16 thể hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đầu vào và đầu ra lên tỷ trọng của bột. Kết quả phân tích thống kê cho thấy nhiệt độ đầu vào và đầu ra không có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến chỉ tiêu này. Vì vậy, tỷ trọng của bột không được chọn làm một trong những chỉ tiêu áp dụng trong mô hình tối ưu RSM-CCD.

Bảng 3.16. Tỷ trọng của bột dưới ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào và đầu ra

Nhiệt độ sấy phun đầu vào (X_1 , °C)	Nhiệt độ sấy phun đầu ra (X_2 , °C)	Tỷ trọng (g/mL)
150	85	0,21 ^a ± 0,01
160	85	0,21 ^a ± 0,01
150	95	0,23 ^a ± 0,01
160	95	0,21 ^a ± 0,01
148	90	0,23 ^a ± 0,01
162	90	0,22 ^a ± 0,01
155	83	0,22 ^a ± 0,01
155	97	0,21 ^a ± 0,01
155	90	0,23 ^a ± 0,01
155	90	0,23 ^a ± 0,01
155	90	0,23 ^a ± 0,01

Các chỉ tiêu phân tích bao gồm độ ẩm của bột vi bao (% ẩm), hiệu suất thu hồi bột (% THB), hiệu suất vi bao phenolic (% TPC), hiệu suất vi bao flavonoid (% TFC) và hiệu suất vi bao vitamin C (% vitamin C) được chọn để đánh giá tính phù hợp cho mô hình tối ưu hóa. Các kết quả phân tích thực tế (TT) ghi nhận từ các thí nghiệm và dự đoán (DD) được trình bày trong Bảng 3.17. Trong đó, các giá trị dự đoán được tính toán từ các phương trình dự đoán tối ưu (1-5) tạo bởi phần mềm JMP như sau:

$$\% \text{ Ẩm} = 76,62 - 0,01X_1 - 1,51X_2 - 0,002X_1X_2 + 0,0005X_1^2 + 0,01X_2^2 \quad (1)$$

$$\% \text{ THB} = -5683,59 + 57,31X_1 + 28,13X_2 - 0,08X_1X_2 - 0,16X_1^2 - 0,09X_2^2 \quad (2)$$

$$\% \text{ TPC} = -8594,64 + 95,31X_1 + 26,72X_2 + 0,05X_1X_2 - 0,31X_1^2 - 0,19X_2^2 \quad (3)$$

$$\% \text{ TFC} = -5046,48 + 66,14X_1 - 1,67X_2 + 0,11X_1X_2 - 0,24X_1^2 - 0,08X_2^2 \quad (4)$$

$$\% \text{ Vitamin C} = -2853,78 + 33,12X_1 + 6,85X_2 + 0,02X_1X_2 - 0,11X_1^2 - 0,05X_2^2 \quad (5)$$

Bảng 3.17. Kết quả khảo sát thực tế (TT) và dự đoán (DD) của hiệu suất THB (%), hiệu suất vi bao TPC (%), TFC (%) và vitamin C (%) có trong bột sơ ri vi bao từ mô hình RSM CCD

Mô hình *	X ₁ (°C)	X ₂ (°C)	% Ẩm (%)		% THB		% TPC		% TFC		% Vitamin C	
			TT	DD	TT	DD	TT	DD	TT	DD	TT	DD
--	150	85	3,6	3,7	80,9	78,0	43,7	45,1	29,1	29,8	24,5	23,3
			8	2	4	5	5	3	8	9	9	4
+-	160	85	3,3	3,4	92,6	91,0	49,9	50,9	26,7	29,0	23,8	23,1
			7	7	3	2	3	7	3	2	6	1
-+	150	95	3,4	3,3	80,5	80,8	42,6	43,6	25,6	23,9	22,8	22,9
			8	9	7	9	6	9	5	2	2	0
++	160	95	2,9	2,9	84,6	86,2	53,4	54,0	33,4	33,9	23,7	24,3
			7	4	0	0		9	8	3	4	1
a0	148	90	3,3	3,3	74,3	75,8	40,7	39,4	21,6	21,9	20,8	21,5
			5	9	1	6	3	6	6	9	3	2

A0	162	90	2,9 5	2,9 0	89,0 5	88,7 9	51,7 4	50,9 4	31,3 5	28,4 5	22,3 6	22,3 5
0a	155	83	4,0 1	3,9 2	83,5 5	86,4 6	52,4 3	51,1 5	36,9 4	33,5 4	23,3 6	24,6 3
0A	155	97	3,2 3	3,3 1	86,6 9	85,0 6	53,1 2	52,3 3	32,5 5	32,7 9	25,7 7	25,1 7
00	155	90	2,9 8	3,1 2	89,2 3	90,3 1	59,7 7	61,1 0	36,7 2	37,4 0	28,3 6	27,5 0
00	155	90	3,1 2	3,1 2	91,3 2	90,3 1	60,7 7	61,1 0	37,7 5	37,4 0	27,4 7	27,5 0
00	155	90	3,2 6	3,1 2	90,3 7	90,3 1	62,7 7	61,1 0	37,7 2	37,4 0	26,6 8	27,5 0

**Các thí nghiệm được tiến hành theo thứ tự ngẫu nhiên.*

Các kết quả ở Bảng 3.17 cho thấy số liệu phân tích các chỉ tiêu bao gồm độ ẩm, hiệu suất thu hồi bột (% THB), hiệu suất vi bao TPC, TFC, và vitamin C ghi nhận từ thực nghiệm có sự tương đồng với các kết quả tính toán từ phương trình dự đoán tối ưu theo phương pháp RSM-CCD với giá trị $R^2 > 0,88$. Hơn nữa, thử nghiệm tính không phù hợp (lack of fit test) cho kết quả là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) cho tất cả các chỉ tiêu. Điều này có thể chứng minh được sự ảnh hưởng rõ rệt của nhiệt độ sấy phun đầu vào và nhiệt độ đầu ra đến chất lượng của sản phẩm bột thể hiện qua các chỉ tiêu khảo sát. Cụ thể, Bảng 3.18 cho thấy ngoại trừ không có tác động lên hiệu suất thu hồi bột, nhiệt độ đầu ra có ảnh hưởng theo mỗi quan hệ bậc hai lên các chỉ tiêu khảo sát còn lại, trong khi đó nhiệt độ đầu vào có ảnh hưởng tuyến tính lên các chỉ tiêu, ngoại trừ độ ẩm. Nhìn chung, không có sự tương tác giữa nhiệt độ sấy phun đầu vào và đầu ra đến các chỉ tiêu, ngoại trừ hiệu suất vi bao TFC.

Bảng 3.18. Các hệ số hồi quy bậc hai được mã hóa cho độ ẩm (%), hiệu suất thu hồi bột (% THB) và hiệu suất vi bao TPC (%), TFC (%) và vitamin C (%) của bột sơ ri vi bao

Hệ số hồi quy	% Ẩm	% THB	% TPC	% TFC	% Vitamin C
a_0	3,12	90,31	61,10	37,40	27,50
Tuyến tính (Linear)					
a_1	-0,17 *	4,57 **	4,06 **	2,28 *	0,29
a_2	-0,21 **	-0,49	0,42	-0,27	0,19
Bậc 2 (Quadratic)					
a_1a_1	0,013	-3,99 *	-7,95 ***	-6,09 **	-2,79 **
a_2a_2	0,25 **	-2,27	-4,68 **	-2,12 *	-1,30 *
Tương tác (Interaction)					
a_1a_2	-0,05	-1,91	1,14	2,72 *	0,41
R^2	0,93	0,91	0,97	0,95	0,88
p-value of lack of fit	0,64	0,11	0,46	0,07	0,32

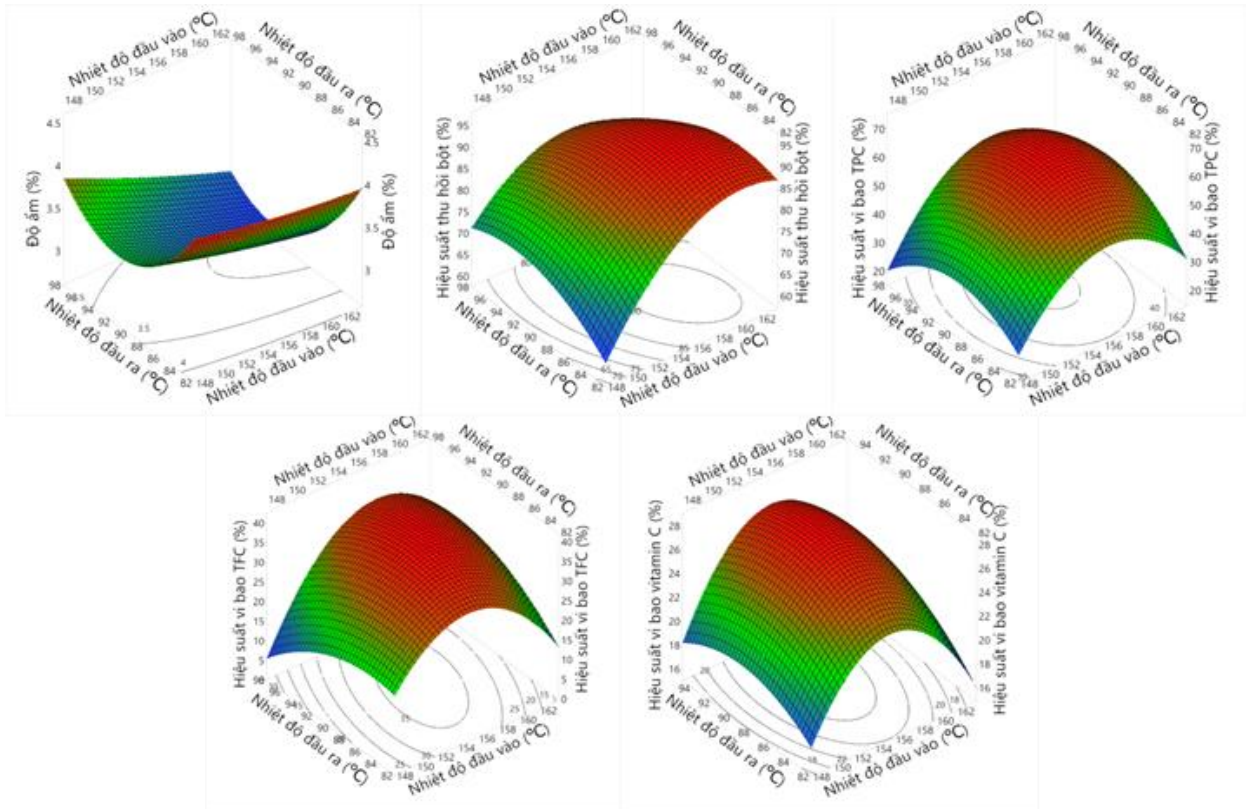
Với *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

Mô hình bề mặt đáp ứng 3D với đồ thị đường viền 2D và sơ đồ dự đoán độ ẩm, hiệu suất THB, vi bao TPC, TFC và vitamin C của bột sơ ri dưới ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào (X_1) và đầu ra (X_2) được thể hiện thông qua Hình 3.19 và Hình 3.20.

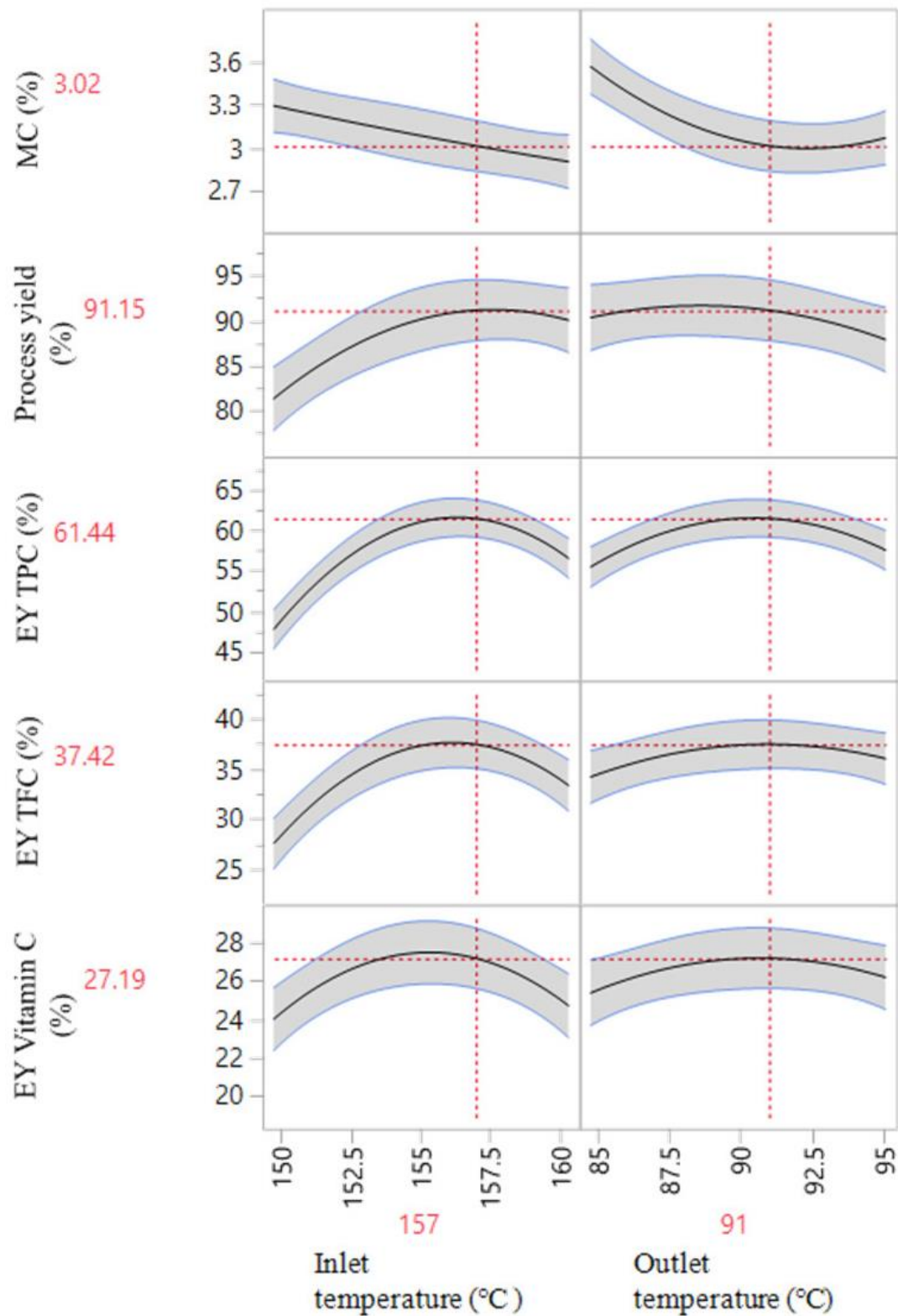
Dựa trên các tác động của X_1 và X_2 , Hình 3.19 minh họa mô hình bề mặt đáp ứng 3D với biểu đồ đường đồng mức 2D và mô hình dự đoán (Hình 3.20) đến MC, hiệu suất thu hồi bột, vi bao TPC, TFC và vitamin C, có thể thấy khi nhiệt độ đầu vào tăng lên, độ ẩm có xu hướng giảm, trong khi các hiệu suất tăng lên và đạt giá trị cực đại khi nhiệt độ tăng từ 150 °C lên khoảng 157 °C, sau đó giảm nhẹ. Khi ở nhiệt độ sấy phun thấp, hiệu suất thu hồi bột và vi bao các hợp chất không cao có thể được giải thích bởi nhiệt độ không đủ làm khô bột, làm chúng bị dính vào thành buồng sấy và phân hủy các hợp chất có hoạt tính sinh học. Bên cạnh đó, nhiệt độ sấy cao cũng có khả năng dẫn đến hiện tượng này do khi đó nhiệt độ của hạt có tốc độ tăng

nhANH hơn nhiệt độ hoá gương dẫn đến sự kết dính, làm giảm hiệu suất bột vi bao (Bhandari và cộng sự, 1997).

Mặt khác, độ ẩm và hiệu suất vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học có xu hướng giảm khi nhiệt độ đầu ra tăng từ 82 °C lên 90 °C, theo sau đó là xu hướng tăng. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi khi nhiệt độ sấy đầu ra tăng cao sẽ dẫn đến các hạt bị làm nóng quá mức (George và cộng sự, 2023). Lúc này, nước bốc hơi nhanh chóng làm giảm độ ẩm, đồng thời lớp vỏ bao bên ngoài hạt bột có thể bị phá hủy làm cho các hợp chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm bên trong bị phá hủy bởi tiếp xúc trực tiếp với điều kiện nhiệt độ cao.



Hình 3.19. Mô hình bề mặt đáp ứng 3D với đồ thị đường viền 2D của phân trăm ẩm, hiệu suất THB, thu hồi TPC, TFC và vitamin C chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ đầu vào và đầu ra



Hình 3.20. Mô hình dự đoán độ ẩm, hiệu suất THB, vi bao TPC, TFC và vitamin C của bột sơ ri vi bao dưới ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào và đầu ra

Một số nghiên cứu trong lĩnh vực vi bao đã cho thấy xu hướng tương tự. Nghiên cứu được thực hiện bởi Correa-Filho và cộng sự (2019) về vi bao β -Carotene sử dụng GA ở nhiệt độ đầu vào là 110-200 °C cho thấy hiệu suất sấy bị ảnh hưởng theo hiệu ứng bậc hai của nhiệt độ đầu vào và có xu hướng tăng lên đạt cực đại ở 155° C rồi giảm mạnh. Ngoài ra, Chong & Wong (2015) đã chứng minh rằng nhiệt độ sấy 180 °C tối đa hóa năng suất sấy (57%) khi sản xuất quả hồng xiêm xay nhuyễn bằng cách sấy phun sử dụng các nồng độ maltodextrin khác nhau (10-50%, w/v).

Kết quả phân tích các chỉ tiêu theo dõi theo mô hình CCD từ phần mềm Design Expert đã đưa ra đề xuất rằng nhiệt độ sấy đầu vào 157 °C cùng với nhiệt độ sấy đầu ra 91 °C là phương án tối ưu với độ tin cậy (Desirability) là 92,6% để tạo ra hạt bột sơ ri vi bao có chất lượng tốt. Một lượng mẫu đã được tiến hành sấy theo các thông số tối ưu với ba lần lặp để đối chiếu thể hiện qua Bảng 3.19. Đồng thời, mẫu bột tối ưu cũng được phân tích hàm lượng một số hợp chất bằng phương pháp HPLC thể hiện qua Bảng 3.20. Mặt khác, cấu trúc hình thái hạt bột được phân tích bằng phương pháp SEM và nhiễu xạ tia X (XRD) thể hiện thông qua Hình 3.21 và Hình 3.22.

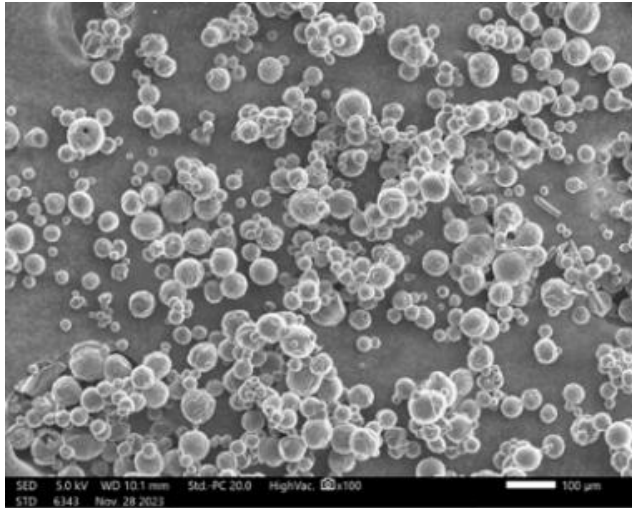
Kết quả so sánh giữa hiệu suất vi bao thực tế và hiệu suất vi bao được tính toán theo các phương trình dự đoán (1-5) thể hiện ở Bảng 3.19 cho thấy có sự tương đồng. Điều này chứng minh rằng mô hình tối ưu RSM-CCD là có ý nghĩa trong việc mô phỏng mối quan hệ giữa nhiệt độ sấy đầu vào, nhiệt độ sấy phun đầu ra và chất lượng của bột sơ ri vi bao thông qua năm chỉ tiêu khảo sát. Bên cạnh đó, cấu trúc hình thái của hạt bột được sấy ở điều kiện nhiệt độ tối ưu thể hiện qua Hình 3.21 được xem là đạt yêu cầu với độ đồng đều cao và lớp vỏ bao không bị nứt vỡ.

Bảng 3.19. Thăm tra mô hình CCD đối với bột sấy ở 157 °C đầu vào và 91 °C đầu ra

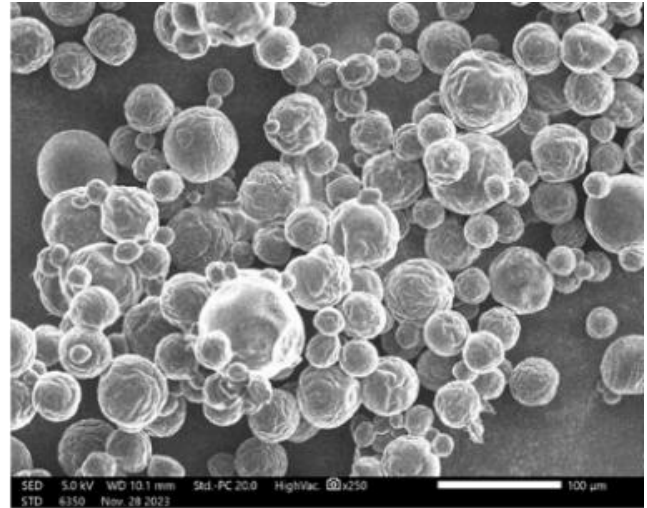
	Ẩm (%)	Thu hồi bột (%)	Vi bao TPC (%)	Vi bao TFC (%)	Vi bao vitamin C (%)
Dự đoán	3,02	91,15	61,44	37,42	27,19
Thực nghiệm	3,21 ± 0,21	90,23 ± 1,05	58,06 ± 0,01	35,19 ± 0,03	26,42 ± 0,02

Bảng 3.20. Hàm lượng một số hợp chất có hoạt tính sinh học có trong bột sơ ri vi bao sấy ở điều kiện nhiệt độ tối ưu

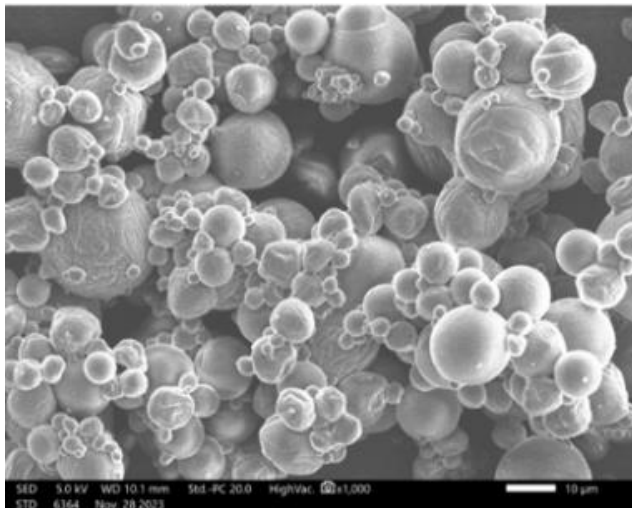
Hợp chất	Hàm lượng
Vitamin C (mg/g)	1,24 ± 0,11
Gallic acid (mg/g)	1,44 ± 0,02
Catechin (mg/g)	0,89 ± 0,03



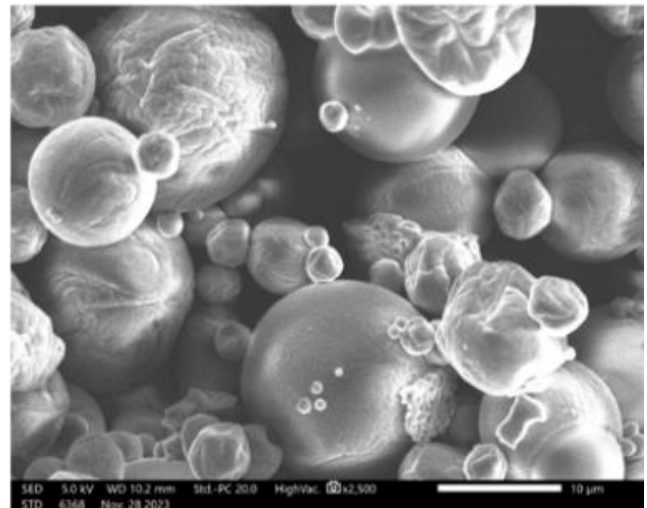
Độ phóng đại 100x



Độ phóng đại 250x

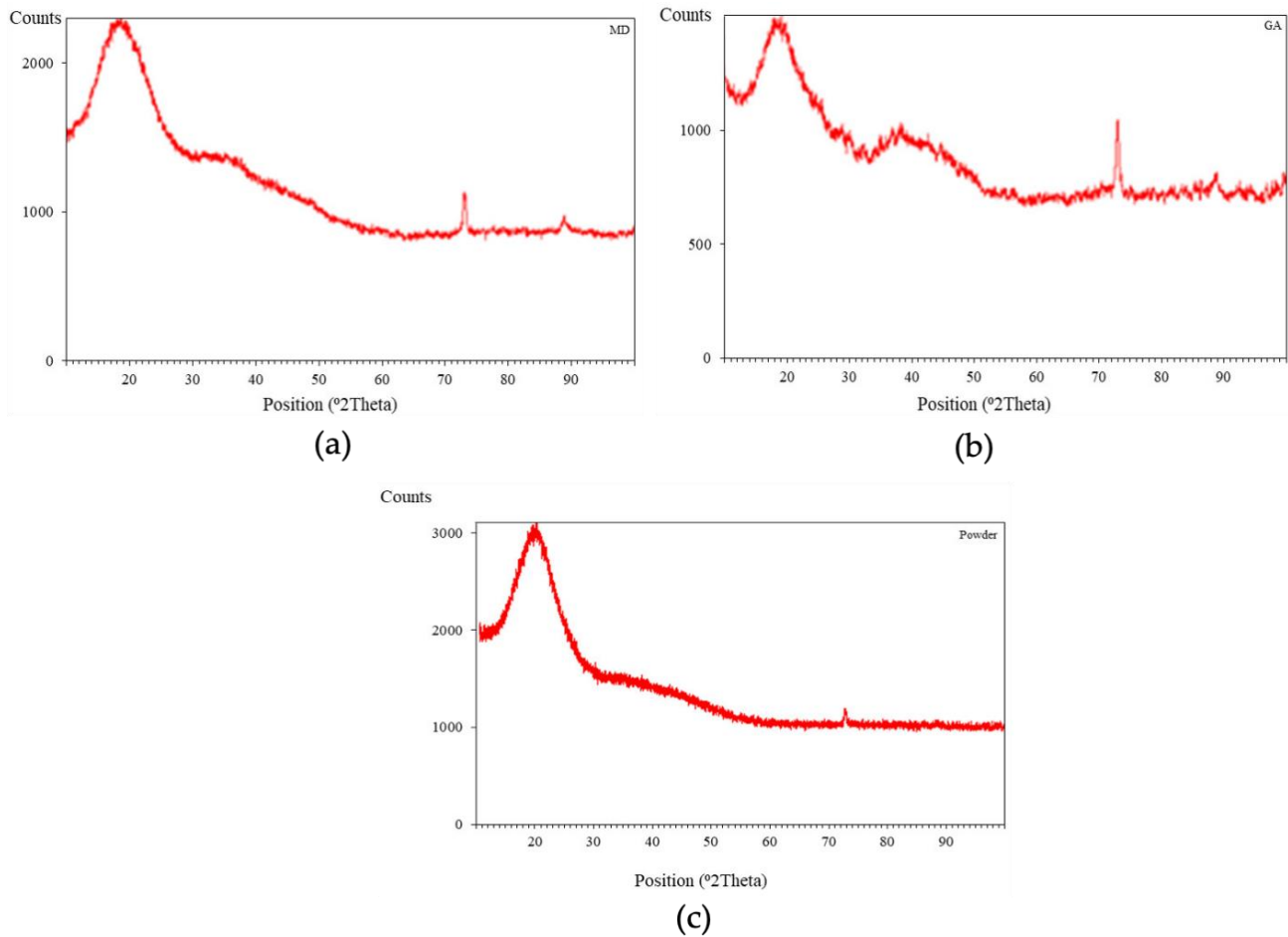


Độ phóng đại 1000x



Độ phóng đại 2500x

Hình 3.21. Hình thái hạt bột sắn ở điều kiện nhiệt độ đầu vào và đầu ra tối ưu ở các độ phóng đại khác nhau



Hình 3.22. Biểu đồ phân tích XRD của các mẫu MD, GA, bột sơ ri vi bao (từ trái sang)

Hình 3.22 thể hiện kết quả phân tích XRD của hai thành phần vỏ bao (MD, GA) và bột sơ ri vi bao thu được ở điều kiện nhiệt độ sấy phun tối ưu. Biểu đồ của vỏ bao MD (Hình 3.22a) cho thấy cấu trúc tinh thể của nó thông qua các đỉnh rõ rệt ở khoảng 20° , 73° và 89° theo trục 2θ . Trong khi đó, các đỉnh rõ rệt ở khoảng 20° , 39° , 73° và 88° cũng thể hiện cấu trúc tinh thể của vỏ bao GA (Hình 3.22b). Tuy nhiên, biểu đồ phân tích bột vi bao (Hình 3.22c) cho thấy sự biến mất của các đỉnh nổi bật ở quanh 40° và $80-90^\circ$, đồng thời đỉnh ở gần 70° cũng thu nhỏ diện tích. Điều này thể hiện cấu trúc chủ yếu của bột là vô định hình. Sự chuyển đổi cấu trúc này có thể được giải thích bởi sự tương tác giữa lõi và thành phần vỏ bao. Bên cạnh đó, sự bay hơi nhanh chóng của các hạt có phân tử khối nhỏ trong quá trình sấy phun cũng được cho là một nguyên nhân (Nambiar và cộng sự, 2017). Cấu trúc vô định

hình của bột cho phép nó có khả năng hòa tan tốt hơn so với cấu trúc tinh thể do lực liên kết giữa các phân tử kém. Từ đó, hạt bột có cấu trúc vô định hình sẽ có sinh khả dụng cao.

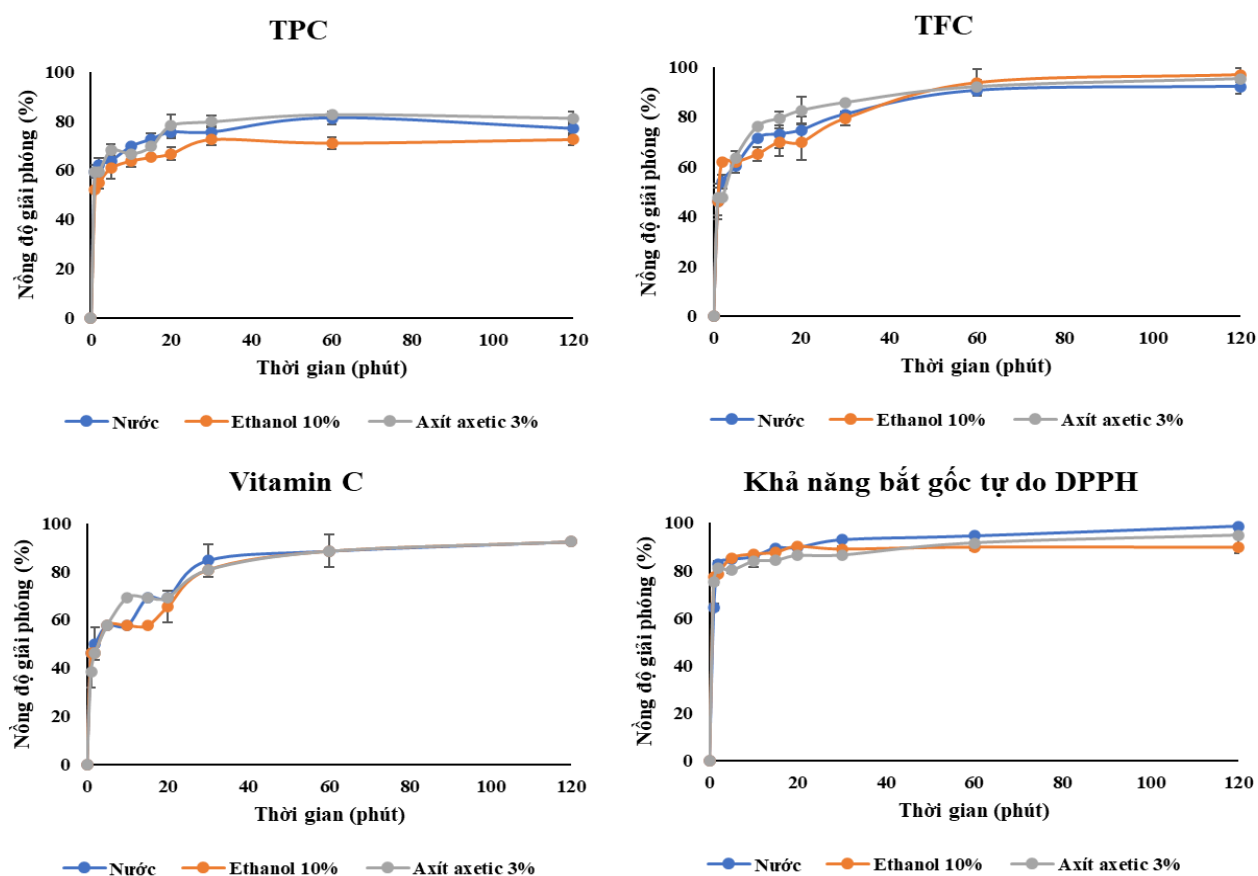
Như vậy, từ các kết quả phân tích, nhiệt độ sấy đầu vào 157 °C cùng với nhiệt độ sấy đầu ra 91 °C được chọn làm thông số tối ưu cho quá trình sấy phun bột sơ ri vì bao để tạo ra các hạt bột có độ hòa tan tốt, sinh khả dụng cao, và hiệu suất vi bao vitamin C và các hợp chất có hoạt tính sinh học cao.

3.4.7. Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột sấy phun

Hiểu được động học giải phóng là rất quan trọng để làm sáng tỏ các cơ chế cơ bản của việc giải phóng các hợp chất hoạt tính sinh học từ vỏ bao, tạo điều kiện thuận lợi cho việc dự đoán giải phóng được kiểm soát hoặc duy trì trong các ma trận thực phẩm khác nhau (Prakash & Baskaran, 2018; Upputuri & Mandal, 2019). Mô hình toán học cung cấp các công cụ thiết yếu để phân tích dữ liệu giải phóng và đánh giá tác động của công thức vi bao và các yếu tố thiết kế đối với cơ chế giải phóng. Trong nghiên cứu này, thí nghiệm đã đánh giá động học giải phóng các hợp chất hoạt tính sinh học trong bột vi bao sơ ri trong ba môi trường phân tán khác nhau, cụ thể là nước, 10% etanol và 3% axit axetic, như mô tả trong Hình 3.23. Trong đó, môi trường nước được xem như môi trường đối chứng trong khi ethanol 10% mô phỏng môi trường thực phẩm ưa nước thông thường và axit axetic mô phỏng môi trường thực phẩm ưa nước đặc biệt với dự kiến hòa tan toàn bộ ma trận polymer.

Hình 3.23 cho thấy các hợp chất phenolic và vitamin C giải phóng nhanh trong khoảng 10 phút đầu tiên sau khi tiếp xúc với dung môi. Điều này có thể liên quan đến sự phân bố của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong hạt bột có xu hướng tập trung phần lớn ở gần lớp vỏ bao, cho nên chúng được giải phóng nhanh chóng khi lớp vỏ phòng lên do tiếp xúc với môi trường phân tán. Bên cạnh đó, việc các hợp chất có hoạt tính sinh học giải phóng tốt trong cả ba môi trường mô phỏng thực phẩm lỏng ưa nước cũng phù hợp với đặc tính điển hình của việc giải phóng hợp chất có hoạt tính sinh học từ ma trận ưa nước (Del Nobile và cộng sự, 2008).

Ngoài ra, Hình 3.23 thể hiện trong suốt giai đoạn phân tán, các hợp chất có hoạt tính sinh học có xu hướng giải phóng nhanh trong môi trường axit và kém hơn trong môi trường ethanol. Điều này có thể lý giải bởi tính chất của vỏ bao. Vỏ bao được tạo thành từ maltodextrin và gum arabic là các hợp chất có độ phân cực cao, do đó có khả năng hòa tan tốt trong các dung môi phân cực, ví dụ như nước hay axit. Trong khi đó, ethanol tuy là dung môi phân cực nhưng sự có mặt của nhóm etyl ($-C_2H_5$) đã làm giảm độ hòa tan của vỏ bao trong môi trường này.



Hình 3.23. Sự giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong môi trường nước, ethanol 10% và axit axetic 3%

Từ các kết quả thực nghiệm giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học như vitamin C, TPC và TFC và hoạt tính kháng oxy hoá DPPH ở ba môi trường khác nhau (nước, ethanol và axit acetic), nhiều mô hình đã được sử dụng tính toán để xác định tính tương thích và xác định cơ chế giải phóng. Các mô hình phổ biến được khảo sát bao gồm bậc 0, bậc 1, Korsmeyer-Peppas, Peppas-Sahlin, Higuchi,

và Weibull. Kết quả cho thấy có 3 mô hình (Korsmeyer-Peppas, Peppas-Sahlin, Higuchi) tương thích được sử dụng để giải thích cơ chế giải phóng các hợp chất trong môi trường thực phẩm. Hệ số hồi quy của các mô hình dự đoán tốc độ giải phóng TPC, TFC, vitamin C và DPPH ở các điều kiện khác nhau được trình bày qua Bảng 3.21.

Bảng 3.21. Động học và cơ chế giải phóng Vitamin C, TPC, TFC và DPPH ở các điều kiện khác nhau

Hợp chất	Điều kiện giải phóng	Mô hình Korsmeyer-Peppas			Mô hình Peppas-Sahlin				Mô hình Higuchi		Cơ chế
		K _M	n	R ²	K ₁	K ₂	n	R ²	K _H	R ²	
Vitamin C	Nước	4,975	0,159	0,990	4,819	0,172	0,151	0,990	1,342	0,847	Fick
	Ethanol	4,648	0,169	0,983	3,363	1,327	0,125	0,984	1,304	0,865	Fick
	Axít acetic	4,803	0,170	0,992	4,658	0,166	0,161	0,992	1,343	0,851	Fick
TPC	Nước	0,138	0,064	0,995	0,013	0,125	0,033	0,995	0,026	0,633	Fick
	Ethanol	0,123	0,071	0,996	0,085	0,039	0,052	0,996	0,024	0,653	Fick
	Axít acetic	0,135	0,077	0,992	0,087	0,048	0,056	0,992	0,027	0,674	Fick
TFC	Nước	0,103	0,141	0,996	0,000	0,103	0,071	0,996	0,026	0,814	Fick
	Ethanol	0,102	0,144	0,989	0,089	0,014	0,123	0,989	0,026	0,834	Fick
	Axít acetic	0,105	0,148	0,988	0,000	0,120	0,056	0,981	0,027	0,807	Fick
DPPH	Nước	60,151	0,066	0,991	60,141	0,010	0,066	0,991	11,575	0,637	Fick
	Ethanol	64,931	0,033	0,998	64,931	0,000	0,033	0,998	11,111	0,531	Fick
	Axít acetic	62,246	0,044	0,999	61,956	0,038	0,045	0,999	11,127	0,593	Fick

Theo mô hình Korsmeyer-Peppas, để dự đoán cơ chế giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học và hoạt tính chống oxy hoá, giá trị n được sử dụng. Nếu hệ số phương trình động học $n < 0,45$, cơ chế giải phóng là khuếch tán tuân theo quy luật Fick; nếu $n > 0,89$, cơ chế giải phóng là trương nở; và cơ chế giải phóng là cả khuếch

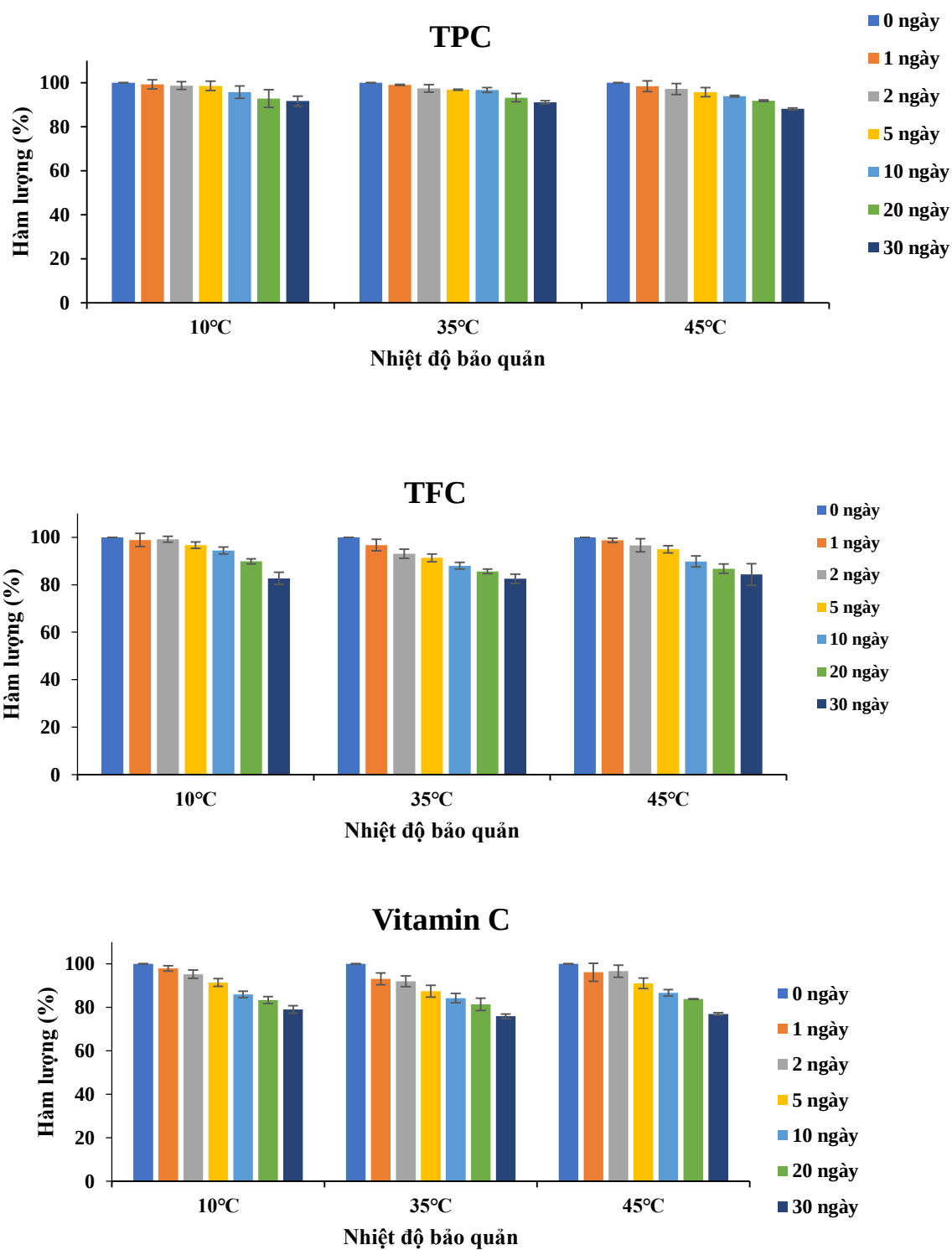
tán và trương nở nếu $0,45 < n < 0,89$ (Premjit và cộng sự, 2022). Kết quả nghiên cứu này cho thấy bột vi bao giải phóng ở cả ba môi trường giải phóng theo cơ chế khuếch tán theo quy luật Fick. Tương tự, theo mô hình Peppas-Sahlin (Bảng 3.21), bột vi bao ở hầu hết các điều kiện cũng được dự đoán giải phóng theo cơ chế khuếch tán do tỉ số $K_1/K_2 > 1$. Tuy nhiên, giải phóng TPC và TFC từ bột vi bao ở môi trường nước và TFC ở môi trường axit acetic được dự đoán theo cơ chế ăn mòn do hệ số $K_1/K_2 < 1$. Dựa trên các hệ số tương quan, mô hình Korsmeyer-Peppas là mô hình phù hợp nhất để mô tả động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học có trong bột sơ ri vi bao ($R^2 > 0,98$) ở các môi trường nghiên cứu (nước, ethanol và acid citric).

3.4.8. Đánh giá độ ổn định của sản phẩm bột ở các nhiệt độ bảo quản khác nhau

Độ ổn định của bột sơ ri vi bao tối ưu được khảo sát ở ba điều kiện nhiệt độ bảo quản khác nhau (10 °C, 35 °C và 45 °C) trong 30 ngày dựa trên các chỉ tiêu bao gồm hiệu suất vi bao TPC, TFC và vitamin C. Kết quả khảo sát được thể hiện thông qua Hình 3.24.

Kết quả phân tích cho thấy điều kiện bảo quản có tác động đáng kể đến hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng chống oxy hóa của bột sơ ri vi bao. Hàm lượng TPC, TFC và vitamin C có xu hướng suy giảm theo chiều tăng của nhiệt độ và thời gian bảo quản. Hình 3.24 thể hiện bột sơ ri vi bao tương đối ổn định ở nhiệt độ bảo quản 10°C và sự thay đổi không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) về chất lượng của bột thông qua các chỉ tiêu khảo sát trong 10 ngày đầu tiên. Sau đó, các chỉ tiêu có xu hướng giảm nhẹ. Cụ thể, hàm lượng phần trăm TPC và TFC giảm từ 8-9% trong khi hàm lượng vitamin C trong bột giảm khoảng 12% sau 30 ngày. Ở nhiệt độ 35 °C, bột ổn định trong 5 ngày đầu tiên và các chỉ tiêu có xu hướng giảm từ ngày thứ 10. Hàm lượng TPC, TFC và vitamin C có sự suy giảm khoảng 16-18%. Mặt khác, bột sơ ri vi bao khi được bảo quản ở 45 °C cho thấy sự sụt giảm chất lượng nhanh hơn khi các chỉ tiêu đều cho thấy sự sụt giảm khoảng 21-24% sau 30 ngày bảo quản. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu của Garcia và cộng sự (2020) rằng hàm lượng vitamin C trong bột sơ ri và bột camu-camu sấy phun có tốc

độ phân hủy nhanh hơn khi được bảo quản ở 40°C (91,3%) so với khi được bảo quản ở 30°C (77,8%) trong 30 ngày.



Hình 3.24. Ảnh hưởng của điều kiện bảo quản lên hàm lượng TPC, TFC và vitamin C

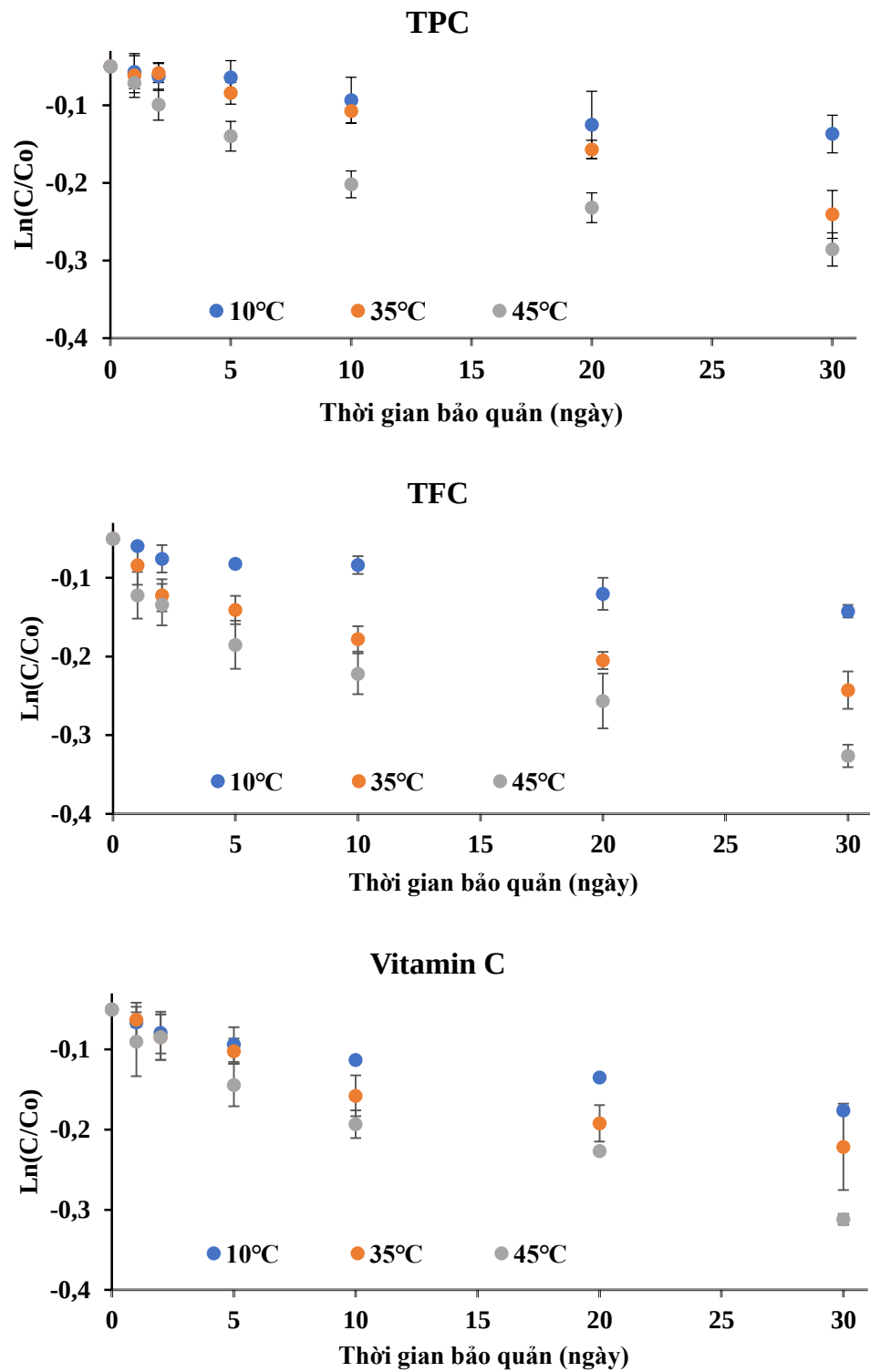
Dib Taxi và cộng sự (2003) và Mara Righetto & Maria Netto (2005) đã báo cáo việc sử dụng MD làm vỏ bao bảo tồn vitamin C trong quá trình sấy khô, cho thấy hiệu quả của nó trong việc vi bao nhũ tương sơ ri W/O/W. Sự suy giảm hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong bột sơ ri vi bao có thể được giải thích bởi sự oxy hóa và phân hủy nhiệt. Các hợp chất này nhạy cảm với nhiệt, nhiệt độ tăng cao có thể thay đổi sinh khả dụng và dẫn đến sự thoái hóa các hợp chất có hoạt tính sinh học trong sản phẩm. Nhiệt độ tăng cao đẩy nhanh tốc độ thoái hóa của các lớp vỏ bao, dẫn đến mất khả năng bảo vệ vật liệu lõi và khiến chúng tiếp xúc trực tiếp với các yếu tố bên ngoài, chẳng hạn như nhiệt độ sấy và độ ẩm. Sự tiếp xúc này dẫn đến quá trình oxy hóa, thay đổi khả dụng sinh học (Igor Otavio và cộng sự, 2017) hoặc hư hỏng cấu trúc (Samborska và cộng sự, 2019), do đó làm giảm hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong bột sau khi sấy khô.

Biểu đồ suy thoái bậc nhất, các thông số của mô hình động học và biểu đồ Arrhenius của hàm lượng TPC, TFC và vitamin C trong 30 ngày bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khác nhau được lần lượt thể hiện thông qua Hình 3.25, Bảng 3.22 và Hình 3.26. Hình 3.25 cho thấy sự phân hủy hàm lượng TPC, TFC và vitamin C trong bột sơ ri vi bao ở các nhiệt độ bảo quản khác nhau tuân theo phản ứng bậc một. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu được thực hiện bởi Serea và cộng sự (2022) trên vỏ nho đỏ.

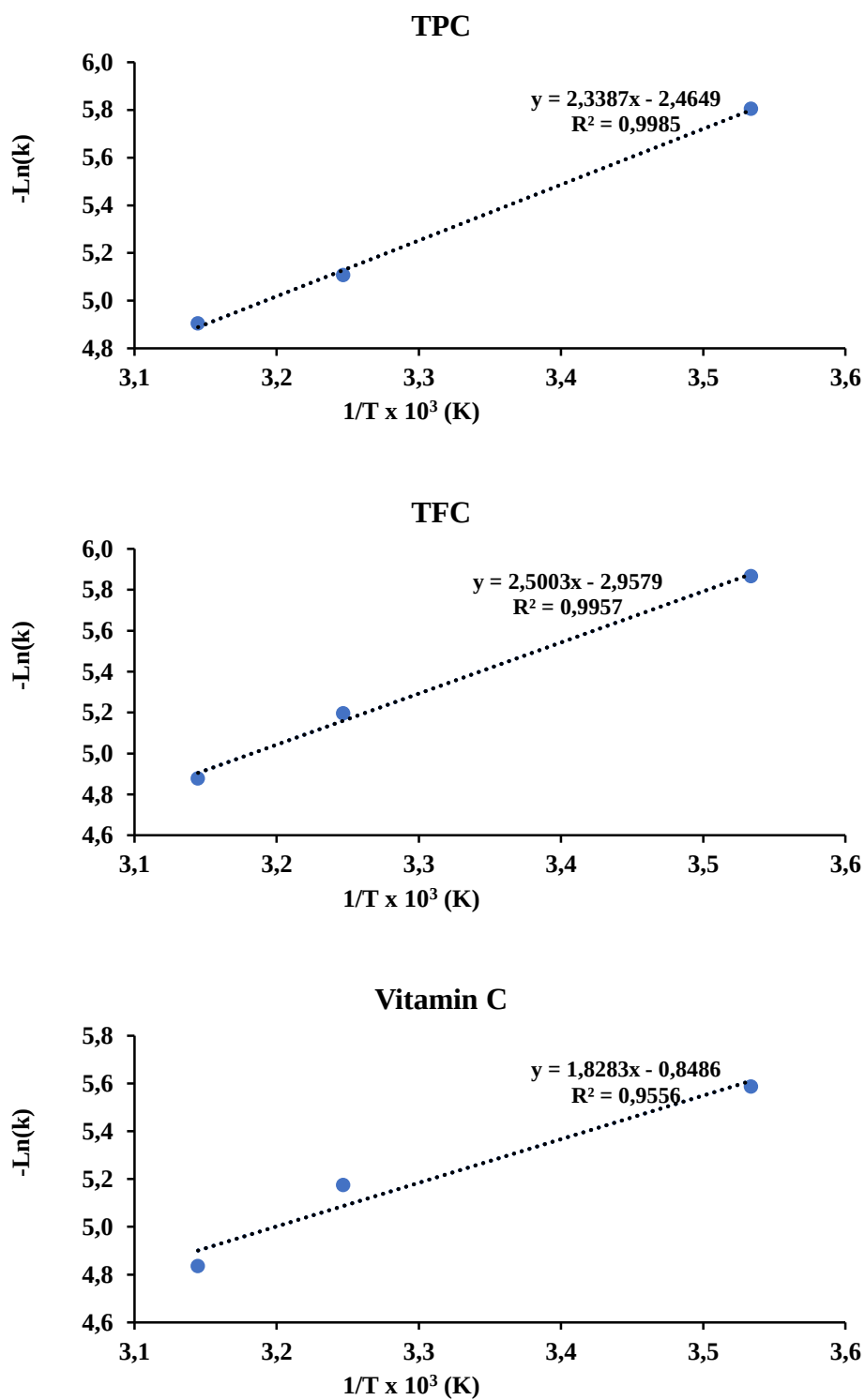
Nhìn chung, có sự tương đồng trong hệ số suy thoái (k) giữa các chỉ tiêu khảo sát. Điều này cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản lên hàm lượng TPC, TFC và vitamin C là tương tự nhau. Hệ số này cũng cho thấy sự suy thoái của các chỉ tiêu khảo sát diễn ra mạnh mẽ hơn ở điều kiện nhiệt độ bảo quản cao hơn và thời gian bảo quản dài hơn với giá trị k ở 10 °C thấp hơn nhiều (khoảng $\frac{1}{2}$) so với giá trị k ở 40 °C. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu của Moldovan và cộng sự (2016), hàm lượng các hợp chất phenolic trong dịch cây sơn thù du có hệ số phân hủy cao gấp 8 lần ở nhiệt độ bảo quản là 55°C so với khi bảo quản ở 2 °C.

Bên cạnh đó, thời gian bán hủy (half life) của các chỉ tiêu cũng thể hiện xu hướng tương tự khi thời gian bán hủy ở nhiệt độ cao hơn thì ngắn hơn. Điều này có

thể được giải thích bởi nhiệt độ cao có thể thúc đẩy sự oxy hóa và sự thay đổi cấu trúc trong các phân tử làm cho chúng bị biến tính (Igor Otavio và cộng sự, 2017). Ngoài ra, năng lượng hoạt hóa của TPC và TFC là tương đương nhau (4,65 kcal/mol và 4,97 kcal/mol) và cao hơn so với năng lượng hoạt hóa của vitamin C (3,63 kcal/mol). Điều này thể hiện rằng sự suy giảm của vitamin C có xu hướng mạnh mẽ hơn TPC và TFC.



Hình 3.25. Biểu đồ suy thoái bậc nhất của hàm lượng TPC, TFC và vitamin C trong 30 ngày bảo quản ở 10 °C, 35 °C và 45 °C



Hình 3.26. Biểu đồ Arrhenius cho sự suy giảm của hàm lượng TPC, TFC, và vitamin C trong 30 ngày bảo quản ở 10°C, 35°C và 45°C

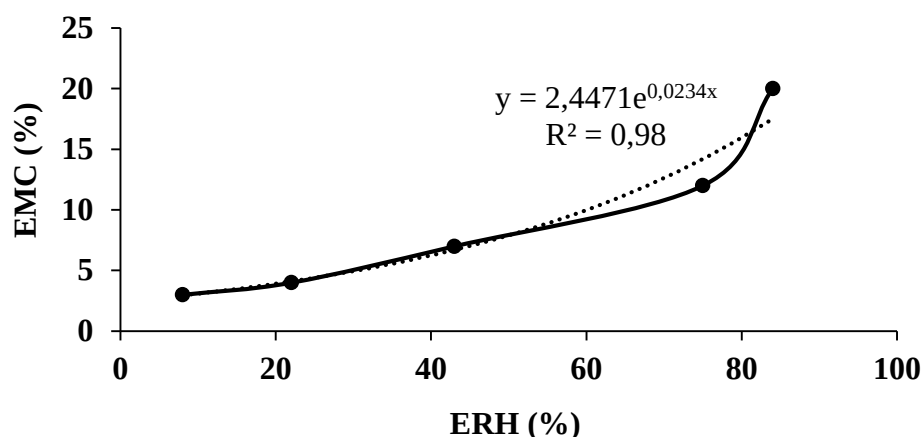
Bảng 3.22. Các thông số mô hình động học của TPC, TFC và vitamin C trong bột sơ ri

Nhiệt độ bảo quản	TPC			TFC			Vitamin C		
	k (ngày ⁻¹)	Thời gian bán hủy (ngày)	R ²	k (ngày ⁻¹)	Thời gian bán hủy (ngày)	R ²	k (ngày ⁻¹)	Thời gian bán hủy (ngày)	R ²
10 °C	0,0030	230	0,96	0,0028	245	0,95	0,0037	185	0,95
35 °C	0,0060	115	0,99	0,0055	125	0,86	0,0057	123	0,93
45 °C	0,0074	93	0,91	0,0076	91	0,87	0,0079	87	0,94

Như vậy, nhiệt độ bảo quản có tác động đáng kể đến chất lượng của bột sơ ri vi bao thông qua hàm lượng TPC, TFC và vitamin C. Chất lượng của bột ổn định hơn khi được bảo quản ở 10 °C và có xu hướng giảm khi nhiệt độ bảo quản tăng. Do đó, bột nên được bảo quản ở điều kiện nhiệt độ thấp cho mục đích sử dụng lâu dài. Ngoài ra, mặc dù hiệu quả vi bao thông qua tính toán hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trên bề mặt hạt bột chưa được tính toán trong nghiên cứu này, nhưng theo kết quả Bảng 2.22 cho thấy thời gian bán hủy của bột vi bao tương đối dài. Thông qua nghiên cứu gián tiếp về động học thất thoát các hợp chất có hoạt tính sinh học, có thể kết luận hiệu quả bảo vệ tốt các hợp chất này trong bột vi bao.

3.4.9. Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri vi bao

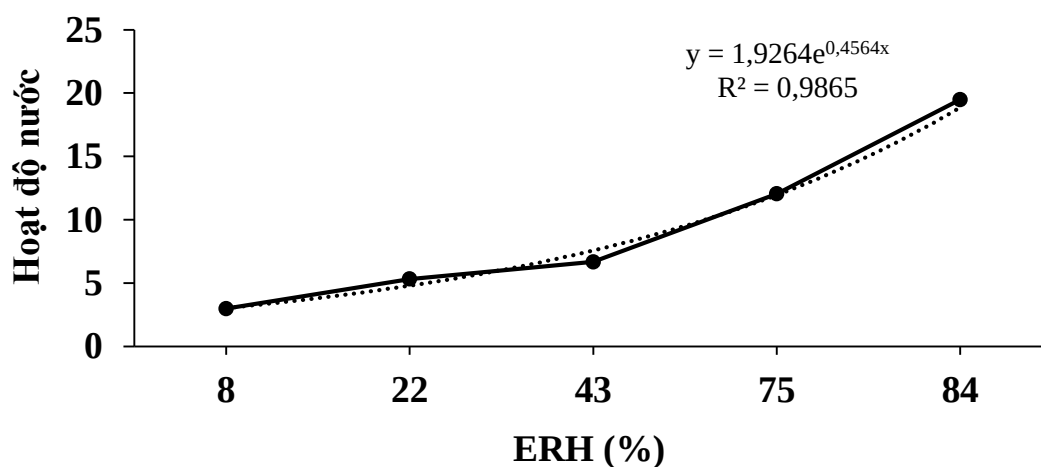
Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên bột sơ ri sấy phun được xác định ở nhiệt độ môi trường (khoảng 30 °C) với 5 điều kiện độ ẩm không khí khác nhau trong 20 ngày để đạt được cân bằng khối lượng. Kết quả khảo sát độ ẩm cân bằng, hiệu suất vi bao TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do DPPH được thể hiện thông qua Hình 3.27, Hình 3.28, Hình 3.29 và Hình 3.30.



Hình 3.27. Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên độ ẩm cân bằng của bột sấy phun

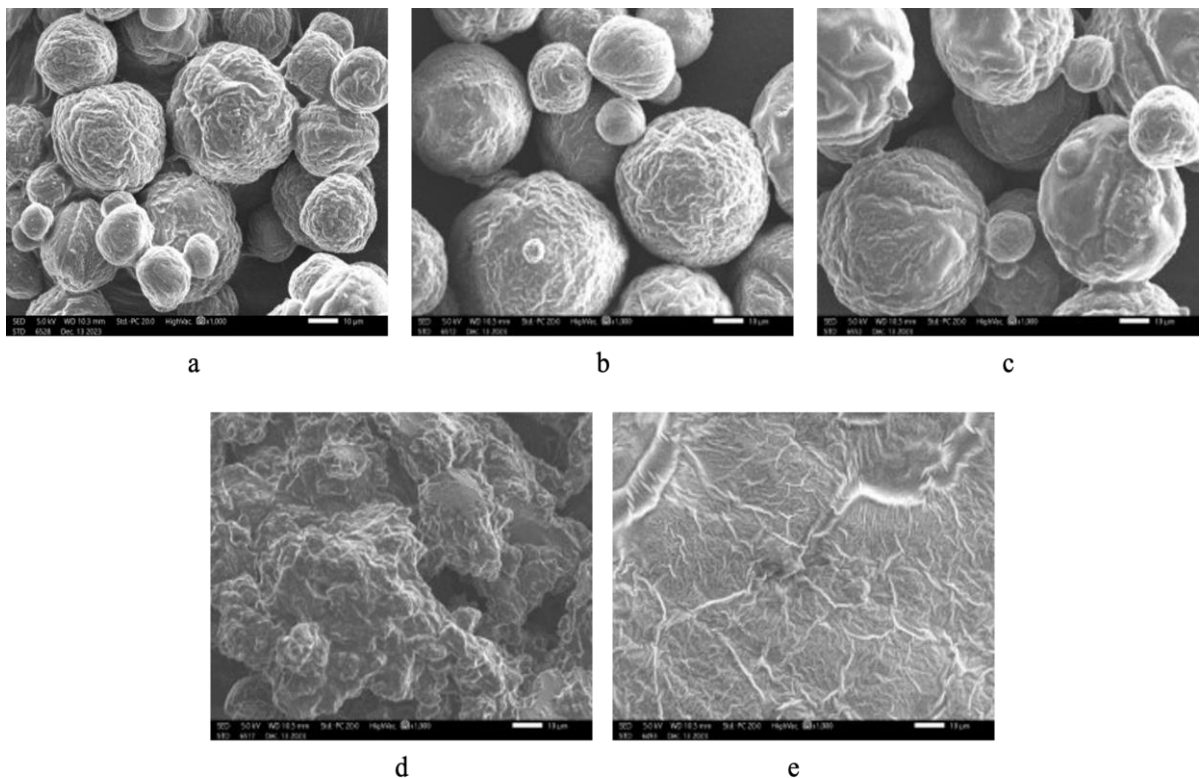
EMC: độ ẩm cân bằng; ERH: độ ẩm tương đối cân bằng

Hình 3.27 cho thấy mối quan hệ đồ thị giữa độ ẩm cân bằng (EMC, %) và độ ẩm tương đối cân bằng (ERH, %) của bột sơ ri ở điều kiện nhiệt độ không đổi có dạng đường cong sigmoid. Nhìn chung, EMC của bột có xu hướng tăng theo chiều tăng của ERH. Trong khoảng ERH dưới 40%, độ ẩm và hoạt độ nước của bột ở mức tương đối thấp. Điều này cho thấy chỉ có một hàm lượng nhỏ nước tự do bên trong bột. Do đó, bột ở điều kiện này tương đối ổn định về hình thái và các tính chất vật lý, hóa học, sinh học. Ngược lại, ở mức ERH trên 40% cho thấy sự hấp phụ nước tăng cao. Khi đó, chất lượng bột sụt giảm nhanh chóng do các phản ứng vật lý, hóa học và sinh học. Vì vậy, bột không nên được bảo quản ở điều kiện môi trường có ERH cao hơn 40%.



Hình 3.28. Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên hoạt độ nước của bột sấy phun

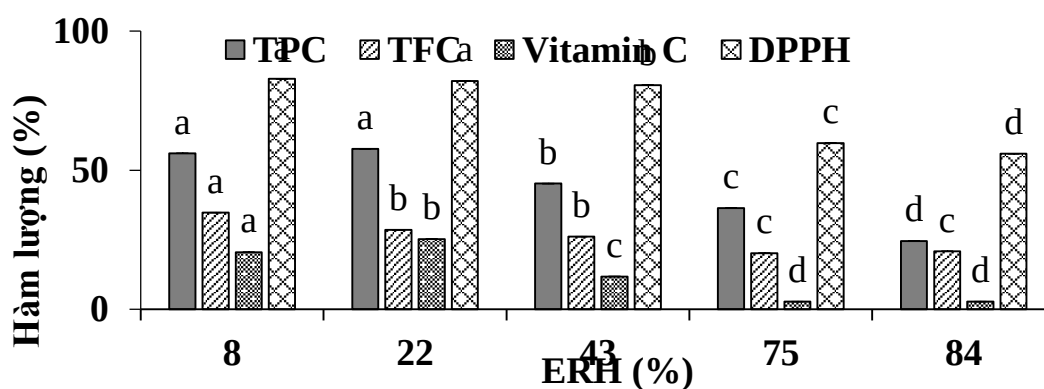
Hình 3.28 thể hiện ảnh hưởng của ERH lên hoạt độ nước của bột. Kết quả cho thấy hoạt độ nước của bột sơ ri sấy phun có xu hướng tăng liên tục theo chiều tăng của ERH. Điều này chứng minh độ ẩm không khí có thể ảnh hưởng đáng kể đến hoạt độ nước của bột. Trong khi đó, Hình 3.29 minh họa rằng hình thái của các hạt bột trong điều kiện EMC gần bằng hoặc thấp hơn một chút so với giá trị M_o (ERH nhỏ hơn 75%) thể hiện các đặc điểm tương tự (Hình 3.29a-c). Tuy nhiên, các hạt bột chịu điều kiện ERH bằng hoặc cao hơn 75% (Hình 30d, e) cho thấy hiện tượng trương nở và bám dính. Các hiện tượng này có thể được giải thích bởi khi bảo quản bột ở điều kiện ERH cao, bề mặt hạt bột hấp phụ nhiều độ ẩm hơn từ môi trường xung quanh, dẫn đến tăng hoạt độ nước và diễn ra sự ngưng tụ hơi ẩm trên bề mặt các hạt bột. Sự ngưng tụ này tạo thành cầu nối chất lỏng giữa các hạt, khiến chúng dính chặt vào nhau và làm giảm dòng chảy bột (Koumbogle và cộng sự, 2023).



Hình 3.29. Hình thái hạt bột ở sau khi đạt trạng thái cân bằng ẩm ở các điều kiện ERH khác nhau dưới độ phóng đại 1000x: a) 8%, b) 22% c) 43%, d) 75%, d) 84%

Độ ẩm đơn lớp (M_0) đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì chất lượng và kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm thực phẩm. Nó đại diện cho độ ẩm tối thiểu cần thiết để đảm bảo sự ổn định khi bảo quản thực phẩm và nông sản. Khi độ ẩm đạt dưới giá trị M_0 , các phản ứng vật lý, hóa học và sinh học sẽ chậm lại trong khi độ ẩm cao hơn sẽ thúc đẩy các phản ứng hóa nâu, hoạt động của enzyme và vi sinh vật. Do đó, độ ẩm của sản phẩm sấy khô phải đạt dưới hoặc xấp xỉ M_0 để đạt thời hạn sử dụng tối đa. Sử dụng phương trình BET, giá trị M_0 của bột sơ ri sấy phun ở nhiệt độ phòng được dự đoán là 4,01% ($R^2 = 0,983$). Giá trị này phù hợp với mức độ ẩm an toàn của hầu hết các sản phẩm thực phẩm sấy khô là khoảng 4%. Ngoài ra, độ ẩm của bột sơ ri vi bao sấy ở điều kiện nhiệt độ tối ưu là khoảng 3,21%, thấp hơn M_0 , cho thấy bột có khả năng bảo quản trong thời gian dài.

Hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học cũng bị tác động mạnh mẽ bởi sự trao đổi ẩm với môi trường. Hình 3.30 cho thấy hiệu suất vi bao TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao có xu hướng giảm khi độ ẩm không khí tương đối tăng. Điều này có thể được giải thích bởi mối quan hệ giữa độ ẩm tương đối và quá trình oxy hóa. ERH có thể làm tăng độ ẩm và việc tiếp xúc với không khí có độ ẩm cao đã tạo điều kiện cho các phản ứng xảy ra phá hủy các hợp chất có hoạt tính sinh học, làm giảm tính ổn định của các chất chống oxy hóa được đo, góp phần làm giảm hoạt động bắt gốc tự do DPPH. Do đó, để kéo dài tối đa thời gian bảo quản ở nhiệt độ môi trường, EMC của bột sơ ri sấy phun nên ở mức dưới 4,01%.



Hình 3.30. Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên hàm lượng TPC, TFC, vitamin C và khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột sơ ri vi bao

Giá trị được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ SD với ba lần lặp sau khi phân tích thống kê. Chỉ số a, b, c, d của mỗi giá trị trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Tính ổn định cao của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong các sản phẩm bột vi bao trong quá trình bảo quản là rất có lợi. Tuy nhiên, một vấn đề quan trọng cần cân nhắc khác liên quan đến việc giải phóng các hợp chất phenolic và vitamin C từ ma trận GA-MD, cùng với việc duy trì hoạt tính chống oxy hóa của chúng trong điều kiện dạ dày và đường ruột. Đặc tính của hệ vi bao trong điều kiện tiêu hóa cuối cùng quyết định sinh khả dụng của các hợp chất có hoạt tính sinh học và tiềm năng sử dụng bột sơ ri vi bao trong việc đáp ứng mức tiêu thụ hàng ngày được khuyến nghị cho các hợp chất này. Ngoài ra, các điều kiện chế biến, như điều kiện nhũ hóa và sấy phun, có thể ảnh hưởng tương đối đến sinh khả dụng, mặc dù ở mức độ thấp hơn. Do đó, nghiên cứu sâu hơn được đảm bảo để làm sáng tỏ một cách toàn diện tính sinh khả dụng của bột vi bao.

Như trình bày trước đó, mức RDI cho vitamin C được thiết lập ở mức 75 mg và 90 mg mỗi ngày. Bảng 3.20 minh họa hàm lượng Vitamin C đáp ứng được mức khuyến nghị này, ngay cả sau khi bảo quản ở nhiệt độ thấp trong hơn 8 tháng. Kết quả của nghiên cứu này khẳng định hàm lượng vitamin C cao được duy trì trong sản phẩm bột sơ ri vi bao trong quá trình bảo quản, từ đó định vị sản phẩm là nguồn cung cấp vitamin C. Tuy nhiên, cho đến nay, chưa có khuyến nghị chính thức RDI về tổng số polyphenol (Del Bo và cộng sự, 2019; Williamson & Holst, 2008), mặc dù lượng tiêu thụ trung bình xấp xỉ khoảng 900 mg/ngày đã được báo cáo (Del Bo và cộng sự, 2019). Việc ngăn ngừa nhiều bệnh mãn tính có liên quan đến việc tiêu thụ polyphenol, nên bột sơ ri vi bao có chứa cả polyphenol và vitamin C được xem là chất bổ sung có lợi cho sức khỏe con người.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Nghiên cứu này đã cung cấp những hiểu biết khoa học và thực tiễn quan trọng về việc làm giàu dịch chiết sơ ri bằng phương pháp đông lạnh, tạo ra hệ nhũ tương W/O và W/O/W bền vững, tối ưu hoá điều kiện vi bao nhũ tương kép bằng phương pháp sấy phun, đồng thời nghiên cứu động học giải phóng và bảo quản bột sơ ri vi bao.

Quy trình cô đặc dịch chiết bằng phương pháp cô đặc lạnh đông đã được xác định với ba giai đoạn, tương ứng thời gian đông lạnh lần lượt là 24, 36, và 60 giờ, có hiệu quả trong việc làm giàu các hợp chất phenolic và vitamin C trong dịch chiết trái sơ ri. Đây là bước xử lý nguyên liệu nền tảng để đảm bảo chất lượng và hiệu suất cao cho các bước tiếp theo.

Điều kiện phù hợp để tiến hành phương pháp nhũ hóa tự phát để tạo nhũ tương W/O từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc đã được xác định bao gồm tốc độ khuấy 700 rpm, tỉ lệ PGPR 10% (v/v) và tỉ lệ dịch chiết cô đặc 40% (v/v). Đối với nhũ tương W/O/W, tỉ lệ Tween 80 25% (v/v) và nhũ tương W/O 21% (v/v) mang lại kích thước hạt đồng đều, khả năng bắt gốc tự do tốt, và bảo toàn hàm lượng hợp chất hoạt tính sinh học có trong dịch sơ ri.

Vi bao bằng phương pháp sấy phun sử dụng vật liệu lõi nhũ tương kép kết hợp với thành phần vỏ bao từ maltodextrin và gum arabic (tỉ lệ 2:1) và tỉ lệ vật liệu lõi 1:1,5 mang lại hiệu suất vi bao cao nhất. Điều kiện sấy phun tối ưu được xác định với nhiệt độ đầu vào 157°C và đầu ra 91°C. Các phương trình bậc hai đã được xây dựng để mô tả và dự đoán ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào và đầu ra lên các chỉ tiêu độ ẩm ($R^2 = 0,93$), hiệu suất thu hồi bột ($R^2 = 0,91$), hiệu suất thu hồi TPC ($R^2 = 0,97$), TFC ($R^2 = 0,95$) và vitamin C ($R^2 = 0,88$). Trong khi đó, các nhiệt độ trong quá trình sấy phun không có ảnh hưởng đáng kể lên tỷ trọng bột.

Khả năng giải phóng và tính ổn định của bột vi bao đã được và kết quả cho thấy bột sơ ri vi bao thể hiện khả năng giải phóng nhanh trong 10 phút đầu tiên và giải phóng tốt hơn trong môi trường có tính axit, với cơ chế giải phóng tuân theo mô hình Korsmeyer–Peppas và khuếch tán Fick. Độ ẩm không khí và nhiệt độ bảo quản có ảnh hưởng lớn đến độ ổn định của bột vi bao thông qua hình thái và hiệu suất vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học. Nghiên cứu đã xác định được độ ẩm cân bằng ($M_0 = 4,01\%$ và nhiệt độ bảo quản 10°C được đề xuất để đảm bảo sự ổn định lâu dài, dựa trên dự đoán từ mô hình BET và thử nghiệm thực tế.

Tóm lại, sản phẩm bột nhũ tương W/O/W từ dịch chiết sơ ri cô đặc, được vi bao bằng phương pháp sấy phun tối ưu, là một nguồn dinh dưỡng tiềm năng do có hàm lượng polyphenol, vitamin C và hoạt tính chống oxy hóa cao. Với điều kiện bảo quản phù hợp, sản phẩm này có thể được ứng dụng rộng rãi trong thực phẩm và thực phẩm chức năng.

Kiến nghị

Để hoàn thiện nghiên cứu này, các nghiên cứu đề nghị thực hiện trong tương lai như sau:

Nghiên cứu thu hồi vitamin C từ dịch nước rễ đông để tận dụng chế biến các sản phẩm như nước giải khát.

Các nghiên cứu về cơ chế giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học của hạt vi bao dạng nhũ tương, cũng như nghiên cứu về độ ổn định và bảo quản thực phẩm được khuyến nghị, để khám phá thêm tiềm năng các ứng dụng của chúng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Acevedo-Fani, A., Silva, H. D., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., & Vicente, A. A. (2017). Formation, stability and antioxidant activity of food-grade multilayer emulsions containing resveratrol. *Food Hydrocolloids*, 71, 207-215.
- Acharya, S., Jakeer, S., Shilpa, P., & Andhale, S. (2021). Review: Flavor encapsulation by spray drying technique. *International Journal of Chemical Studies*, 9, 1836-1840.
- Ades, H., Kesselman, E., Ungar, Y., & Shimoni, E. (2012). Complexation with starch for encapsulation and controlled release of menthone and menthol. *LWT-Food science and technology*, 45(2), 277-288.
- Aider, M., de Halleux, D., & Akbache, A. (2007). Whey cryoconcentration and impact on its composition. *Journal of Food Engineering*, 82(1), 92-102.
- Anais, J., Razzouq, N., Carvalho, M., Fernandez, C., Astier, A., Paul, M. & Lorino, A. (2009). Development of α -tocopherol acetate nanoparticles: Influence of preparative processes. *Drug development and industrial pharmacy*, 35(2), 216-223.
- Dương Thị Hồng Ánh, & Nguyễn Xuân Đức (2020). Bào chế nhũ tương nano curcumin bằng phương pháp đảo pha. *Nghiên cứu Dược & Thông tin Thuốc*, 11(1), 2.
- Anisa, I., & Nour, A. (2010). *Affect of Viscosity and Droplet Diameter on water-in-oil (w/o) Emulsions: An Experimental Study* (Vol. 62).
- Atay, E., Fabra, M. J., Martínez-Sanz, M., Gomez-Mascaraque, L. G., Altan, A., & Lopez-Rubio, A. (2018). Development and characterization of chitosan/gelatin electrosprayed microparticles as food grade delivery vehicles for anthocyanin extracts. *Food Hydrocolloids*, 77, 699-710.
- Aziz, A. B., Jusoh, A., Mamat, R., & Abdullah, A. A. (2014). Effect of water content and tween 80 to the stability of emulsified biodiesel. *Applied Mechanics and Materials*, 465, 191-195.
- Azman, N., Samsuri, S., & Jusoh, M. (2018). Effect of freezing time and shaking speed on the performance of progressive freeze concentration via vertical finned crystallizer. *Int. J. Automot. Mec. Eng.*, 15(2), 5356-5356.
- Bahtz, J., Gunes, D. Z., Syrbe, A., Mosca, N., Fischer, P., & Windhab, E. J. (2016). Quantification of spontaneous W/O emulsification and its impact on the swelling kinetics of multiple W/O/W emulsions. *Langmuir*, 32(23), 5787-5795.
- Barbalho, S. M., Damasceno, D. C., Spada, A. P. M., Palhares, M., Martuchi, K. A., Oshiiwa, M., . . . Silva, V. S. d. (2011). Evaluation of glycemic and lipid profile of offspring of diabetic Wistar rats treated with *Malpighia emarginata* juice. *Experimental diabetes research*, 2011.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Food powders: physical properties, processing, and functionality* (Vol. 86): Springer.

- Barra, P. A., Márquez, K., Gil-Castell, O., Mujica, J., Ribes-Greus, A., & Faccini, M. (2019). Spray-Drying Performance and Thermal Stability of L-ascorbic Acid Microencapsulated with Sodium Alginate and Gum Arabic. *Molecules*, 24(16), 2872.
- Barro, N. P. R., da Silva, L. M., de Souza Hassemer, G., Franceschi, E., Cansian, R. L., Junges, A., . . . Mignoni, M. (2021). Microencapsulation of probiotic *Lactobacillus helveticus* with different wall materials by spray drying. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11, 11221-11232.
- Bataglioni, G. A., da Silva, F. M., Eberlin, M. N., & Koolen, H. H. (2015). Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC–MS/MS. *Food Chemistry*, 180, 280-287.
- Bhandari, B. R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T., & Rigby, S. (1997). A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(10), 2509-2525.
- Bhattacharjee, C., Saxena, V., & Dutta, S. (2017). Fruit juice processing using membrane technology: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 136-153.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and technology*, 28(1), 25-30.
- Caetano, A. C. d. S., Araújo, C. R. d., Lima, V. L. A. G. d., Maciel, M. I. S., & Melo, E. d. A. (2011). Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit extracts. *Food Science and Technology*, 31, 769-775.
- Cassiday, L. (2014). Emulsions: Making oil and water mix. 25, 200-208.
- Chaiyasit, W., Elias, R. J., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2007). Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 299-317.
- Chen, Y., Cao, E., & Cui, Z. (2001). An experimental study of freeze concentration in biological media. *Food Bioprod. Process.*, 79(1), 35-40.
- Chong, S. Y., & Wong, C. W. (2015). Production of Spray-Dried Sapodilla (*Manilkara zapota*) Powder from Enzyme-Aided Liquefied Puree. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2604-2611.
- Christy, G. P., Arimurni, D. A., Wahyudi, M. D. P., Martien, R., & Tunjung, W. A. S. (2017). *Formulation and Characterization of Kaffir Lime Oil Nanoemulsion*.
- Chuanphongpanich, S., & Phanichphant, S. (2006). Method development and determination of phenolic compounds in broccoli seeds samples. *Chiang Mai Journal of Science*, 33(1), 103-107.
- Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S., & Sumnu, G. (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation,

- ultrasonication time and core to coating ratio. *European Food Research and Technology*, 235, 587-596.
- Clark, J. (2011). Getting a fix on freeze concentration. *Food Technology*, 65, 78-79, 82.
- Correa-Filho, L. C., Lourenço, M. M., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2019). Microencapsulation of β -Carotene by Spray Drying: Effect of Wall Material Concentration and Drying Inlet Temperature. *International journal of food science*, 2019, 8914852.
- Culina, P., Zoric, Z., Garofulic, I., Repajic, M., Verica, D.-U., & Sandra, P. (2023). Optimization of the Spray-Drying Encapsulation of Sea Buckthorn Berry Oil. *Foods*, 12, 2448.
- da Silva Barros, B. R., do Nascimento, D. K. D., de Araújo, D. R. C., da Costa Batista, F. R., de Oliveira Lima, A. M. N., da Cruz Filho, I. J., . . . de Melo, C. M. L. (2020). Phytochemical analysis, nutritional profile and immunostimulatory activity of aqueous extract from *Malpighia emarginata* DC leaves. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101442.
- Daniel, S., Ana Colette, M., Vitor, S., José Domingos, S., Maria, H. F., & Pedro, S. G. (2017). Spray Drying: An Overview. In P. Rosario & M. Teresa (Eds.), *Biomaterials* (pp. Ch. 2).
- de Aquino Souza Miskinis, R., do Nascimento, L. Á., & Colussi, R. (2023). Bioactive compounds from acerola pomace: A review. *Food Chemistry*, 404, 134613.
- De Carvalho, R., & Manica, I. (1994). Influence of maturity stages and storage conditions on the conservation of acerola (*Malpighia glabra* L.). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brazil)*.
- de Melo Ramos, F., Ubbink, J., Júnior, V. S., & Prata, A. S. (2019). Drying of Maltodextrin solution in a vacuum spray dryer. *Chemical Engineering Research and Design*, 146, 78-86.
- de Oliveira, M. C., & Bruschi, M. L. (2022). Self-Emulsifying systems for delivery of bioactive compounds from natural origin. *AAPS PharmSciTech*, 23(5), 134.
- de Rosso, V. V., Hillebrand, S., Montilla, E. C., Bobbio, F. O., Winterhalter, P., & Mercadante, A. Z. (2008). Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–PDA–MS/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(4), 291-299.
- Del Bo, C., Bernardi, S., Marino, M., Porrini, M., Tucci, M., Guglielmetti, S., Kroon, P. (2019). Systematic review on polyphenol intake and health outcomes: is there sufficient evidence to define a health-promoting polyphenol-rich dietary pattern? *Nutrients*, 11(6), 1355.
- Del Nobile, M. A., Conte, A., Incoronato, A., & Panza, O. (2008). Antimicrobial efficacy and release kinetics of thymol from zein films. *Journal of Food Engineering*, 89(1), 57-63.

- Delva, L., & Schneider, R. G. (2013). Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, postharvest handling, nutrition, and biological activity. *Food Reviews International*, 29(2), 107-126.
- Delva, L., & Schneider, R. G. (2013). Acerola (*Malpighia emarginata* DC): production, postharvest handling, nutrition, and biological activity. *Food Rev. Int.*, 29(2), 107-126.
- Dias, F. M., Leffa, D. D., Daumann, F., de Oliveira Marques, S., Luciano, T. F., Possato, J. C., . . . Oyama, L. M. (2014). Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake protects against alterations to proteins involved in inflammatory and lipolysis pathways in the adipose tissue of obese mice fed a cafeteria diet. *Lipids in Health and Disease*, 13(1), 1-9.
- Díaz-Montes, E. (2023). Wall Materials for Encapsulating Bioactive Compounds via Spray-Drying: A Review. *Polymers*, 15(12), 2659.
- Dib Taxi, C., De Menezes, H., Santos, A., & Grosso, C. (2003). Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. *Journal of microencapsulation*, 20(4), 443-448.
- Dickinson, E. (2008). Interfacial structure and stability of food emulsions as affected by protein-polysaccharide interactions. *Soft Matter*, 4(5), 932-942.
- Donhowe, E. G., Flores, F. P., Kerr, W. L., Wicker, L., & Kong, F. (2014). Characterization and in vitro bioavailability of β -carotene: Effects of microencapsulation method and food matrix. *LWT-Food science and technology*, 57(1), 42-48.
- dos Santos, L. T., Nunes, M. M., Martins, J. T., & Benedetti, S. (2023). Effect of block freeze concentration process on acerola juice (*Malpighia emarginata*). *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 15(4).
- Drosou, C. G., Krokida, M. K., & Biliaderis, C. G. (2017). Encapsulation of bioactive compounds through electrospinning/electrospraying and spray drying: A comparative assessment of food-related applications. *Drying Technology*, 35(2), 139-162.
- Drożłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., & Łopusiewicz, Ł. (2021). Formulation and Evaluation of Spray-Dried Reconstituted Flaxseed Oil-in-Water Emulsions Based on Flaxseed Oil Cake Extract as Emulsifying and Stabilizing Agent. *Foods*, 10(2), 256.
- Dusman, E., Berti, A. P., Mariucci, R. G., Lopes, N. B., Tonin, L. T. D., & Vicentini, V. E. P. (2014). Radioprotective effect of the Barbados Cherry (*Malpighia glabra* L.) against radiopharmaceutical Iodine-131 in Wistar rats in vivo. *BMC complementary and alternative medicine*, 14(1), 1-9.
- Esfanjani, A. F., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2018). Improving the bioavailability of phenolic compounds by loading them within lipid-based nanocarriers. *Trends in Food Science & Technology*, 76, 56-66.

- Fathi, M., Donsi, F., & McClements, D. J. (2018). Protein-based delivery systems for the nanoencapsulation of food ingredients. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(4), 920-936.
- Fathi, M., Mozafari, M. R., & Mohebbi, M. (2012). Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems. *Trends in Food Science & Technology*, 23(1), 13-27.
- Fernandez, A., & Jebbanema, L. (2007). The effect of surfactant selection on emulsion polymer properties. *Paint Coating Industry*, 23, 62-68.
- Ganza-Gonzalez, Anguiano-Igea, S., Otero-Espinar, F., & Mendez, J. B. (1999). Chitosan and chondroitin microspheres for oral-administration controlled release of metoclopramide. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 48(2), 149-155.
- Gao, W., Jiang, Z., Du, X., Zhang, F., Liu, Y., Bai, X., & Sun, G. (2020). Impact of Surfactants on Nanoemulsions based on Fractionated Coconut Oil: Emulsification Stability and *in vitro* Digestion. *Journal of Oleo Science*, 69(3), 227-239.
- Garcia, V. A. d. S., Borges, J. G., Vanin, F. M., & Carvalho, R. A. d. (2020). Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019237.
- George, S., Thomas, A., Kumar, M. V. P., Kamdod, A. S., Rajput, A., T, J. J., & Abdullah, S. (2023). Impact of processing parameters on the quality attributes of spray-dried powders: a review. *European Food Research and Technology*, 249(2), 241-257.
- Ghandi, A., Powell, I. B., Chen, X. D., & Adhikari, B. (2012). The effect of dryer inlet and outlet air temperatures and protectant solids on the survival of *Lactococcus lactis* during spray drying. *Drying Technology*, 30(14), 1649-1657.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- Goff, H. (2009). Theoretical aspects of the freezing process. *University of Guelph*. (2002). *From the web site of the Dairy Technology Education Series*.
- Gomes, A., Costa, A. L. R., de Assis Perrechil, F., & da Cunha, R. L. (2016). Role of the phases composition on the incorporation of gallic acid in O/W and W/O emulsions. *J. Food Eng.*, 168, 205-214.
- González-Peña, M. A., Lozada-Ramírez, J. D., & Ortega-Regules, A. E. (2021). Antioxidant activities of spray-dried carotenoids using maltodextrin-Arabic gum as wall materials. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 58.
- Gunder, W., Lippold, B., & Lippold, B. (1995). Release of drugs from ethyl cellulose microcapsules (diffusion pellets) with pore formers and pore fusion. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(4), 203-214.
- Hanamura, T., & Aoki, H. (2008). Toxicological evaluation of polyphenol extract from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Journal of food science*, 73(4), T55-T61.

- Hanamura, T., Mayama, C., Aoki, H., Hirayama, Y., & Shimizu, M. (2006). Antihyperglycemic effect of polyphenols from Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 70(8), 1813-1820.
- Hanamura, T., Uchida, E., & Aoki, H. (2008). Changes of the composition in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit in relation to cultivar, growing region and maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(10), 1813-1820.
- Hariyatno, S. P., Paramita, V., & Amalia, R. (2021). The effect of surfactant, time and speed of stirring in the emulsification process of soybean oil in water. *2021*, 5.
- Hickey, D., Kilcawley, K., Beresford, T., & Wilkinson, M. (2007). Lipolysis in cheddar cheese made from raw, thermized, and pasteurized milks. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 47-56.
- Hou, Z., Zhang, M., Liu, B., Yan, Q., Yuan, F., Xu, D., & Gao, Y. (2012). Effect of chitosan molecular weight on the stability and rheological properties of β -carotene emulsions stabilized by soybean soluble polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 205-211.
- Hwang, J., Hodis, H. N., & Sevanian, A. (2001). Soy and alfalfa phytoestrogen extracts become potent low-density lipoprotein antioxidants in the presence of acerola cherry extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 308-314.
- Igor Otavio, M., Cristine Vanz, B., Maria Izabela, F., Hector Alonzo Gomez, G., Chung-Yen Oliver, C., & Giuseppina Pace Pereira, L. (2017). Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability *Phenolic Compounds* (pp. Ch. 1).
- Jeon, Y.-J., Vasanthan, T., Temelli, F., & Song, B.-K. (2003). The suitability of barley and corn starches in their native and chemically modified forms for volatile meat flavor encapsulation. *Food Research International*, 36(4), 349-355.
- Jimenez, M., Garcia, H., & Beristain, C. (2004). Spray-drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid. *European Food Research and Technology*, 219(6), 588-592.
- Jin, Y., Liu, D., & Hu, J. (2021). Effect of surfactant molecular structure on emulsion stability investigated by interfacial dilatational rheology. *Polymers*, 13(7), 1127.
- Joscelyne, S. M., & Trägårdh, G. (1999). Food emulsions using membrane emulsification: conditions for producing small droplets. *Journal of Food Engineering*, 39(1), 59-64.
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Ahmed, I. A. M., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gurum seed oil using a spray-drying method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208-216.
- Katoh, R., Asano, Y., Furuya, A., Sotoyama, K., Tomita, M., & Okonogi, S. (1997). Conditions for preparation of w/o food emulsions using a membrane emulsification system. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkai-Shi*, 44(1), 44-49.

- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016). Microencapsulation of flaxseed oil in flaxseed protein and flaxseed gum complex coacervates. *Food Research International*, 86, 1-8.
- Kawaguchi, M., Tanabe, H., & Nagamine, K. (2007). Isolation and characterization of a novel flavonoid possessing a 4, 2 "-glycosidic linkage from green mature acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 71(5), 1130-1135.
- Kent, J., & McLeod, J. (2007). Spray Dryer Optimization. *Int. Powder Bulk Solids*, 12-20.
- Kiokias, S., & Oreopoulou, V. (2022). Review on the antioxidant activity of phenolics in o/w emulsions along with the impact of a few important factors on their interfacial behaviour. *Colloids and Interfaces*, 6(4), 79.
- Koç, B., & Kaymak-Ertekin, F. (2014). The effect of spray drying processing conditions on physical properties of spray dried maltodextrin. *Foodbalt*, 243-247.
- Kononov, E. A., Senoshenko, R. V., Vasiliev, M. M., & Petrov, O. F. (2024). Active Brownian motion of emulsion droplets driven by nanoscale effects under laser irradiation. *Physics of Fluids*, 36(11).
- Koumbogle, K., Gosselin, R., Gitzhofer, F., & Abatzoglou, N. (2023). Moisture behavior of pharmaceutical powder during the tableting process. *Pharmaceutics*, 15(6), 1652.
- Kupikowska-Stobba, B., Domagała, J., & Kasprzak, M. M. (2024). Critical review of techniques for food emulsion characterization. *Applied Sciences*, 14(3), 1069.
- Laouini, A. (2013). *Vitamin E encapsulation within pharmaceutical drug carriers prepared using membrane contactors*. Université Claude Bernard-Lyon I.
- Leffa, D. D., Rezin, G. T., Daumann, F., Longaretti, L. M., Dajori, A. L. F., Gomes, L. M., . . . de Andrade, V. M. (2017). Effects of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake on brain energy metabolism of mice fed a cafeteria diet. *Molecular neurobiology*, 54, 954-963.
- Liu, Y., Dong, C., Wang, X., Sang, X., Ma, L., Xu, X., & Tian, Y. (2023). Effect of droplet size on the film formation of O/W emulsion. *Industrial Lubrication and Tribology*, 75(8), 849-857.
- Losada-Barreiro, S., Bravo-Díaz, C., & Romsted, L. S. (2015). Distributions of phenolic acid antioxidants between the interfacial and aqueous regions of corn oil emulsions: Effects of pH and emulsifier concentration. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(11), 1801-1813.
- Lourenço, S. C., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2020). Microencapsulation of pineapple peel extract by spray drying using maltodextrin, inulin, and arabic gum as wall matrices. *Foods*, 9(6), 718.
- Luveena, A., Karthiayini, K., & Sreekumar, K. (2012). Effect of *Malpighia glabra* (Acerola berry) in acetaminophen induced hepatic injury in rats. *International Journal of Research in Phytochemistry & Pharmacology*, 2(1), 45-51.

- Majid, A. A., Saidian, M., Prasad, M., & Koh, C. A. (2015). Measurement of the water droplet size in water-in-oil emulsions using low field nuclear magnetic resonance for gas hydrate slurry applications. *Canadian Journal of Chemistry*, 93(9), 1007-1013.
- Malekjani, N., & Jafari, S. M. (2021). Modeling the release of food bioactive ingredients from carriers/nanocarriers by the empirical, semiempirical, and mechanistic models. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(1), 3-47.
- Mara Righetto, A., & Maria Netto, F. (2005). Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 337-346.
- Marques, T. R., Caetano, A. A., Simão, A. A., Castro, F. C. d. O., Ramos, V. d. O., & Corrêa, A. D. (2016). Metanolic extract of *Malpighia emarginata* bagasse: phenolic compounds and inhibitory potential on digestive enzymes. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26, 191-196.
- Mason, T. G., Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., & Graves, S. M. (2006). Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 18(41), R635.
- Matta, V., Moretti, R., & Cabral, L. (2004). Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 477-482.
- Mayer, S., Weiss, J., & McClements, D. J. (2013). Vitamin E-enriched nanoemulsions formed by emulsion phase inversion: factors influencing droplet size and stability. *J. Colloid Interface Sci.*, 402, 122-130.
- McClements, D. J. (2004). Protein-stabilized emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 9(5), 305-313.
- McClements, D. J., Decker, E. A., & Weiss, J. (2007). Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. *Journal of food science*, 72(8), R109-R124.
- Mercali, G. D., Jaeschke, D. P., Tessaro, I. C., & Marczak, L. D. F. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT*, 47(1), 91-95.
- Mezadri, Villaño, D., Fernández-Pachón, M., García-Parrilla, M., & Troncoso, A. (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. *J. Food Compos. Anal.*, 21(4), 282-290.
- Minemoto, Y., Hakamata, K., Adachi, S., & Matsuno, R. (2002). Oxidation of linoleic acid encapsulated with gum arabic or maltodextrin by spray-drying. *Journal of microencapsulation*, 19(2), 181-189.
- Mohammadalinejad, S., & Kurek, M. A. (2021). Microencapsulation of Anthocyanins- Critical Review of Techniques and Wall Materials. *Applied Sciences*, 11(9), 3936.

- Moldovan, B., Popa, A., & David, L. (2016). Effects of storage temperature on the total phenolic content of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) fruits extracts. *Journal of applied botany and food quality*, 89.
- Moribe, H., Kitayama, Y., Suzuki, T., & Okubo, M. (2012). Effect of stirring rate on particle formation in emulsifier-free, organotellurium-mediated living radical emulsion polymerization (emulsion TERP) of styrene. *Polymer journal*, 44(3), 205-210.
- Morison, K. R., & Hartel, R. W. (2018). Evaporation and freeze concentration *Handbook of food engineering* (pp. 705-764): CRC Press.
- Motohashi, N., Wakabayashi, H., Kurihara, T., Fukushima, H., Yamada, T., Kawase, M., . . . Sakagami, H. (2004). Biological activity of barbados cherry (acerola fruits, fruit of *Malpighia emarginata* DC) extracts and fractions. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(3), 212-223.
- Mudalige, T., Qu, H., Van Haute, D., Ansar, S. M., Paredes, A., & Ingle, T. (2019). Characterization of nanomaterials: Tools and challenges. *Nanomaterials for food applications*, 313-353.
- Nambiar, R. B., Sellamuthu, P. S., & Perumal, A. B. (2017). Microencapsulation of tender coconut water by spray drying: effect of *Moringa oleifera* gum, maltodextrin concentrations, and inlet temperature on powder qualities. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 1668-1684.
- Nazzaro, F., Orlando, P., Fratianni, F., & Coppola, R. (2012). Microencapsulation in food science and biotechnology. *Current opinion in biotechnology*, 23(2), 182-186.
- Nespi, M., Kuhn, R., Yen, C.-W., Lubach, J. W., & Leung, D. (2021). Optimization of spray-drying parameters for formulation development at preclinical scale. *AAPS PharmSciTech*, 23(1), 28.
- Ng, S.-K., Jessie, L.-Y. L., Tan, C.-P., Long, K., & Nyam, K.-L. (2013). Effect of accelerated storage on microencapsulated kenaf seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90, 1023-1029.
- Nicoli, M., Anese, M., Rouseff, R., & Zehavi, U. (1991). Distribution of bound and free polyphenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grape fruit (*Citrus paradise*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57, 417-426.
- Novotný, Č., Dias, N., Kapanen, A., Malachová, K., Vandrovcová, M., Itävaara, M., & Lima, N. (2006). Comparative use of bacterial, algal and protozoan tests to study toxicity of azo-and anthraquinone dyes. *Chemosphere*, 63(9), 1436-1442.
- Oledzki, R., & Harasym, J. (2024). Acerola (*Malpighia emarginata*) Anti-Inflammatory Activity—A Review. *Int.l J. Mol. Sci.*, 25(4), 2089.
- Orellana-Palma, P., Petzold, G., Guerra-Valle, M., & Astudillo-Lagos, M. (2017). Impact of block cryoconcentration on polyphenol retention in blueberry juice. *Food Biosci.*, 20, 149-158.

- Pai, S., Hebbar, A., & Selvaraj, S. (2022). A critical look at challenges and future scopes of bioactive compounds and their incorporations in the food, energy, and pharmaceutical sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 35518-35541.
- Park, K. M., Sung, H., Choi, S. J., Choi, Y. J., & Chang, P.-S. (2014). Double-layered microparticles with enzyme-triggered release for the targeted delivery of water-soluble bioactive compounds to small intestine. *Food Chemistry*, 161, 53-59.
- Peng, H., Xiong, H., Li, J., Xie, M., Liu, Y., Bai, C., & Chen, L. (2010). Vanillin cross-linked chitosan microspheres for controlled release of resveratrol. *Food Chemistry*, 121(1), 23-28.
- Peralta-Martínez, M. V., Arriola-Medellín, A., Manzanares-Papayanopoulos, E., Sánchez-Sánchez, R., & Palacios-Lozano, E. M. (2004). Influence of the speed mixing-on viscosity and droplet size of oil in water emulsions. *Pet. Sci. Technol.*, 22(7-8), 1035-1043.
- Petrović, T., Nedović, V., Dimitrijević-Branković, S., Bugarski, B., & Lacroix, C. (2007). Protection of probiotic microorganisms by microencapsulation. *Chemical industry & chemical engineering quarterly*, 13(3), 169-174.
- Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Morales, E., Rubilar, M., & Acevedo, F. (2017). Highly efficient encapsulation of linseed oil into alginate/lupin protein beads: Optimization of the emulsion formulation. *Food Hydrocolloids*, 63, 139-148.
- Poncelet, D. (2006). Microencapsulation: fundamentals, methods and applications *Surface chemistry in biomedical and environmental science* (pp. 23-34): Springer.
- Prakash, A., & Baskaran, R. (2018). Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. *Journal of food science and technology*, 55, 3373-3384.
- Premjit, Y., Pandhi, S., Kumar, A., Rai, D. C., Duary, R. K., & Mahato, D. K. (2022). Current trends in flavor encapsulation: A comprehensive review of emerging encapsulation techniques, flavour release, and mathematical modelling. *Food Research International*, 151, 110879.
- Prestes, A. A., Helm, C. V., Esmerino, E. A., Silva, R., da Cruz, A. G., & Prudencio, E. S. (2022). Freeze concentration techniques as alternative methods to thermal processing in dairy manufacturing: a review. *Journal of food science*, 87(2), 488-502.
- Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76-83.
- Remington, J. P. (2006). *Remington: The science and practice of pharmacy* (21th ed. Vol. 1). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Rocha, G. A., Fávaro-Trindade, C. S., & Grosso, C. R. F. (2012). Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 37-42.

- Saberi, A. H., Fang, Y., & McClements, D. J. (2013). Fabrication of vitamin E-enriched nanoemulsions: factors affecting particle size using spontaneous emulsification. *J. Colloid Interface Sci.*, 391, 95-102.
- Saffarionpour, S. (2019). Preparation of Food Flavor Nanoemulsions by High- and Low-Energy Emulsification Approaches. *Food Engineering Reviews*, 11.
- Samborska, K., Jedlińska, A., Wiktor, A., Derewiaka, D., Wołosiak, R., Matwijczuk, A., . . . Błażowski, Ł. (2019). The effect of low-temperature spray drying with dehumidified air on phenolic compounds, antioxidant activity, and aroma compounds of rapeseed honey powders. *Food Bioprocess Technol.*, 12, 919-932.
- Serea, D., Condurache, N. N., Aprodu, I., Constantin, O. E., Bahrim, G.-E., Stănciuc, N., . . . Rapeanu, G. (2022). Thermal stability and inhibitory action of red grape skin phytochemicals against enzymes associated with metabolic syndrome. *Antioxidants*, 11(1), 118.
- Shahidi, F., & Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(6), 501-547.
- Silva, H. D., Poejo, J., Pinheiro, A. C., Donsi, F., Serra, A. T., Duarte, C. M., . . . Vicente, A. A. (2018). Evaluating the behaviour of curcumin nanoemulsions and multilayer nanoemulsions during dynamic *in-vitro* digestion. *Foods Journal of Functional Foods*, 48, 605-613.
- Silva, P. T. d., Fries, L. L. M., Menezes, C. R. d., Holkem, A. T., Schwan, C. L., Wigmann, É. F. & Silva, C. d. B. d. (2014). Microencapsulação: conceitos, mecanismos, métodos e algumas aplicações em tecnologia de alimentos. *Ciência Rural*, 44(7), 1304-1311.
- Simovic, S., Milic-Askrabic, J., Vuleta, G., Ibric, S., & Stupar, M. (1999). The influence of processing variables on performance of O/W emulsion gels based on polymeric emulsifier (Pemulen® TR-2NF). *Int. J. Cosmet. Sci.*, 21(2), 119-125.
- Singh, P., Bilyeu, L., & Krishnaswamy, K. (2022). Improving process sustainability by optimizing spray drying parameters: High oleic soymilk using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 15(4), 833-851.
- Singh, P., Shukla, R., Prakash, B., Kumar, A., Singh, S., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2010). Chemical profile, antifungal, antiaflatoxigenic and antioxidant activity of *Citrus maxima* Burm. and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck essential oils and their cyclic monoterpene, DL-limonene. *Food and Chemical Toxicology*, 48(6), 1734-1740.
- Srivastava, S., Bansal, M., Jain, D., & Srivastava, Y. (2022). Encapsulation for efficient spray drying of fruit juices with bioactive retention. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 1-23.
- Tay, J. B. J., Chua, X., Ang, C., Subramanian, G. S., Tan, S. Y., Lin, E. M. J., . . . Lim, K. (2021). Effects of spray-drying inlet temperature on the production of high-quality native rice starch. *Processes*, 9(9), 1557.

- Taylor, M. S. (2011). *Stabilisation of water-in-oil emulsions to improve the emollient properties of lipstick*. University of Birmingham.
- Nguyễn Minh Thủy, Đinh Công Dinh, Nguyễn Ái Thạch, Trần Thị Thanh Thúy & Nguyễn Thị Mỹ Tuyền (2014). Ảnh hưởng của Áp suất và thời gian cô đặc chân không, chất chống oxy hóa và chế độ thanh trùng đến chất lượng nước khóm cô đặc. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* (31), 12-20.
- Tremonte, P., Sorrentino, E., Succi, M., Tipaldi, L., Pannella, G., Ibanez, E., . . . Coppola, R. (2016). Antimicrobial effect of *Malpighia punicifolia* and extension of water buffalo steak shelf-life. *Journal of food science*, 81(1), M97-M15.
- Mai Thanh Trung, Nguyễn Vương Tường Vân, Nguyễn Công Hà & Lê Nguyễn Đoàn Duy (2016). Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly dịch quả sơ ri bằng enzyme. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* (42), 11-18.
- Tsukada, Y., Hara, K., Bando, Y., Huang, C., Kousaka, Y., Kawashima, Y., . . . Tsujimoto, H. (2009). Particle size control of poly (dl-lactide-co-glycolide) nanospheres for sterile applications. *International Journal of Pharmaceutics*, 370(1-2), 196-201.
- Upputuri, R. T. P., & Mandal, A. K. A. (2019). Mathematical Modeling and Release Kinetics of Green Tea Polyphenols Released from Casein Nanoparticles. *Iran J Pharm Res*, 18(3), e126198.
- Vasavilbazo-Saucedo, A., Almaraz-Abarca, N., González-Ocampo, H. A., Ávila-Reyes, J. A., González-Valdez, L. S., Luna-González, A. & Torres-Ricario, R. (2018). Phytochemical characterization and antioxidant properties of the wild edible acerola *Malpighia umbellata* Rose. *CyTA - J. Food*, 16(1), 698-706.
- Vendramini, A. L., & Trugo, L. C. (2000). Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. *Food Chem.*, 71(2), 195-198.
- Vilvert, J. C., Freitas, S. T. d., Veloso, C. M., & Amaral, C. L. F. (2024). Genetic Diversity on Acerola Quality: A Systematic Review. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 67.
- Wang, J., Shi, A., Agyei, D., & Wang, Q. (2017). Formulation of water-in-oil-in-water (W/O/W) emulsions containing trans-resveratrol. *RSC Advances*, 7(57), 35917-35927.
- Wang, K., Liu, P., Wang, B., Wang, C., Liu, P., Zhao, J., . . . Zhang, J. (2022). Experimental Study and Numerical Simulation of W/O Emulsion in Developing Heavy Oil Reservoirs. *Appl. Sci.*, 12(22), 11867.
- Waraho, T., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2011). Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. *Trends in Food Science & Technology*, 22(1), 3-13.
- Wei, L., Bi, H., Zhao, J., Dong, H., Wang, D., & Zhang, X. (2019). The Influence of the Microstructure of W/O Emulsion of Waxy Crude Oil on Its Rheology. *Adv. Chem. Eng. Sc.*, 9(4), 299-316.
- Williamson, G., & Holst, B. (2008). Dietary reference intake (DRI) value for dietary polyphenols: are we heading in the right direction? *British Journal of Nutrition*, 99(S3), S55-S58.

- Wong, S. W., Yu, B., Curran, P., & Zhou, W. (2009). Characterising the release of flavour compounds from chewing gum through HS-SPME analysis and mathematical modelling. *Food Chemistry*, 114(3), 852-858.
- Yao, L. H., Jiang, Y.-M., Shi, J., Tomas-Barberan, F., Datta, N., Singanusong, R., & Chen, S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition*, 59(3), 113-122.
- Yati, K., Srifiana, Y., & Putra, F. (2017). Effect of optimization of Tween 80 and propylene glycol as a surfactant and cosurfactant on the physical properties of aspirin microemulsion. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 127-129.
- Yi, L., Wang, C., van Vuren, T., Lohse, D., Risso, F., Toschi, F., & Sun, C. (2022). Physical mechanisms for droplet size and effective viscosity asymmetries in turbulent emulsions. *J. Fluid Mechanics*, 951, A39.
- Zhang, H., Gong, T., Li, J., Pan, B., Hu, Q., Duan, M., & Zhang, X. (2022). Study on the Effect of Spray Drying Process on the Quality of Microalgal Biomass: a Comprehensive Biocomposition Analysis of Spray-Dried *S. acuminatus* Biomass. *BioEnergy Research*, 15(1), 320-333.
- Zheng, Y., Zi, Y., Shi, C., Gong, H., Zhang, H., Wang, X., & Zhong, J. (2023). Tween emulsifiers improved alginate-based dispersions and ionic crosslinked milli-sized capsules. *npj Science of Food*, 7(1), 33.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu

Phụ lục 1.1 Định lượng vitamin C

Chuẩn bị mẫu: các nhũ tương được hòa tan trong nước cất theo tỷ lệ 1:1 (w/w), tiếp đến thêm 5 giọt dung dịch muối bão hòa. Sau đó, dung dịch này được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 5 phút để thu được phần chất lỏng trong và đem phân tích.

Hàm lượng vitamin C được xác định bằng phương pháp chuẩn độ 2,6-dichlorophenol-indophenol (DCIP). Dung dịch thuốc nhuộm DCIP được chuẩn bị bằng cách hòa tan 0,1 g DCIP vào 100 mL nước ấm sau đó lọc kỹ, dung dịch được sử dụng trong 3 ngày. Dùng micropipet hút 1 mL chất chuẩn (0,1 mg/mL) axit ascorbic và 2 mL axit oxalic 4 % cho vào bình tam giác. Chuẩn độ bằng dung dịch thuốc nhuộm DCIP cho đến khi xuất hiện màu hồng nhạt, bền trong vài phút, ghi nhận thể tích thuốc thử đã dùng (V1). Sau đó, thay chất chuẩn bằng 1 mL mẫu thử để chuẩn độ tương tự và ghi nhận thể tích thuốc nhuộm (V2). Hàm lượng vitamin C có trong mẫu được biểu diễn bằng mgAAE/g vck theo công thức sau:

$$\text{Vitamin C (mgAAE/g vck)} = \frac{0,1 \times V2 \times V}{V1 \times m \times (100 - mc)}$$

hay:

$$\text{Vitamin C (mgAAE/mL)} = \frac{0,1 \times V2}{V1}$$

Trong đó, 0,1 là nồng độ dung dịch vitamin C chuẩn (mg/mL); V1 là thể tích thuốc thử chuẩn độ 1 mL dung dịch chuẩn, V2 là thể tích thuốc thử chuẩn độ 1 mL mẫu (mL), V là thể tích mẫu (mL), m là khối lượng mẫu ban đầu (g), và mc là độ ẩm mẫu (%).

Phụ lục 1.2 Định lượng các hợp chất phenolic toàn phần

Chuẩn bị mẫu tương tự như Phụ lục 1.1. Xác định hàm lượng các hợp chất phenolic được thực hiện theo phương pháp Folin-Ciocalteu. Trong thành phần thuốc thử Folin-Ciocalteu có phức hợp phosphowolfram-phosphomolybdat, phức hợp này sẽ bị khử bởi các hợp chất phenolic tạo thành sản phẩm phản ứng có màu

xanh dương, hấp thu cực đại ở bước sóng 765 nm. Hàm lượng tổng các hợp chất phenolic được tính toán bằng cách sử dụng đường cong chuẩn được chuẩn bị từ dung dịch axit gallic trong nước (0,1-1 mg/mL) và kết quả được biểu thị bằng mg đương lượng axit gallic (GAE) trên 1 g mẫu.

Chuẩn bị mẫu: Lấy 50 mL dịch ép trái sơ ri tiến hành pha loãng với tỉ lệ thích hợp.

Xây dựng đường chuẩn axit Gallic: Cân 0,05 g axit Gallic hòa tan trong 100 mL nước cất được dung dịch nồng độ 500 µg/mL. Pha dung dịch thành các dung dịch chuẩn trong bình định mức 50 mL lần lượt có nồng độ 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL. Lấy 5 ống nghiệm, lần lượt cho vào 1 mL dung dịch chuẩn ở các nồng độ khác nhau, thêm vào mỗi ống 5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10 %, lắc đều 5 phút và sau đó thêm 4 mL dung dịch Na₂CO₃ 7,5% lắc đều lần nữa, ủ trong tối 60 phút, đo độ hấp thụ tại bước sóng 765 nm.

Xác định hàm lượng các hợp chất phenolic: Hút 1 mL mẫu dịch đã pha loãng vào ống nghiệm, thêm vào 5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10 % lắc đều 5 phút sau đó thêm 4 mL dung dịch Na₂CO₃ 7,5% tiếp tục lắc đều, sau đó ủ trong tối 60 phút, đo độ hấp thụ tại bước sóng 765 nm.

Mẫu trắng: 1 mL nước cất, 5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% và 4 mL dung dịch Na₂CO₃ 7,5%. Lắc nhẹ, để tối 60 phút, đo ở bước sóng 765 nm.

Phụ lục 1.3 Định lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ

Chuẩn bị mẫu tương tự như Phụ lục 1.1. Hàm lượng một số hợp chất phenolic đơn lẻ trong mẫu được xác định bằng hệ thống sắc ký lỏng hiệu năng cao theo phương pháp của Chuanphonpanich & Phanichphant (2006) với một số sửa đổi. Mẫu phân tích sau khi chuẩn bị xong sẽ được phân tách bằng hệ thống HPLC (LC-20AD, Shimadzu, Japan) với hệ thống bơm Sil-20A lấy mẫu tự động, đầu dò UV-VIS SPD-20A, bộ khí DGU-20A3 (Uckoo, Jayaprakasha, Nelson, & Patil, 2011). Cột Agilent Eclipse XDB-C18 150x4.6 mm - 5µm, tốc độ dòng là 0,5 mL/phút, nhiệt độ cột là 40 °C, và thể tích tiêm mẫu là 20µL. Pha động bao gồm acetonitrile, axit acetic ở pH 3,0 và methanol. Hệ thống pha động được xử lý và đưa vào thiết bị HPLC để cân bằng các cột cho bước tiếp theo.

Cách tiến hành: Pha 0,005 g mẫu trong 50 mL methanol, lắc đều và lọc bằng ống tiêm PTFE 0,45 μm . Sau đó, chuyển mẫu vào ống vial HPLC và đặt chúng vào khay hệ thống HPLC để chạy mẫu. Các đường chuẩn được sử dụng sẵn có từ trung tâm công nghệ Việt Đức, trường đại học Công Thương TP.HCM.

Phụ lục 1.4 Định lượng flavonoid tổng

Chuẩn bị mẫu tương tự như Phụ lục 1.1. Hàm lượng Flavonoid toàn phần được xác định bằng phương pháp Aluminum Chloride colorimetric (AlCl_3). Dùng nước để pha loãng các mẫu dịch chiết và dung dịch chuẩn Quercetin đạt các nồng độ 100, 200, 300, 400, 500 $\mu\text{g/mL}$. Các dung dịch hóa chất NaNO_2 5 %, AlCl_3 10 %, NaOH 1M được pha loãng bằng nước cất. Kết quả được biểu thị bằng mg đương lượng quercetin (QE) trên 1 g mẫu.

Chuẩn bị mẫu: Lấy 50 mL dịch ép từng mẫu tiến hành pha loãng với tỉ lệ 1:199.

Xây dựng đường chuẩn Quercetin: Cân 0,05 g Quercetin hòa tan trong 100 mL methanoid được dung dịch nồng độ 500 $\mu\text{g/mL}$. Pha dung dịch thành các dung dịch chuẩn trong bình định mức 50 mL lần lượt có nồng độ Quercetin: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 $\mu\text{g/mL}$. Lấy 5 ống nghiệm, lần lượt cho vào 1 mL dung dịch Quercetin chuẩn ở các nồng độ khác nhau, thêm vào mỗi ống 4 mL nước cất, tiếp theo cho thêm 0,3 mL dung dịch NaNO_2 5 %, sau 5 phút cho thêm 0,3 mL dung dịch AlCl_3 , giữ trong 6 phút thêm 2 mL dung dịch NaOH 1M, sau đó ủ trong tối 20 phút đo quang ở bước sóng 415 nm.

Xác định hàm lượng flavonoid: Hút 1 mL mẫu dịch đã pha loãng vào ống nghiệm, thêm vào 4 mL nước cất, tiếp theo cho thêm 0,3 mL dung dịch NaNO_2 5 %, sau 5 phút cho thêm 0,3 mL dung dịch AlCl_3 , giữ trong 6 phút thêm 2 mL dung dịch NaOH 1M, sau đó ủ trong tối 20 phút đo quang ở bước sóng 415 nm.

Mẫu trắng: 1 mL nước cất, thêm vào 4 mL nước cất, tiếp theo cho thêm 0,3 mL dung dịch NaNO_2 5 %, sau 5 phút cho thêm 0,3 mL dung dịch AlCl_3 , giữ trong 6 phút thêm 2 mL dung dịch NaOH 1M, sau đó ủ trong tối 20 phút đo quang ở bước sóng 415 nm.

Phụ lục 1.5 Đo kích thước và chỉ số đa phân tán kích thước hạt nhũ tương

Chỉ số đa phân tán (Polydispersity Index, PI) là thước đo tính không đồng nhất của mẫu dựa trên kích thước. Tính đa phân tán có thể xảy ra do sự phân bố kích thước trong một mẫu hoặc sự kết tụ hoặc kết tụ của mẫu trong quá trình phân lập hoặc phân tích (Mudalige và cộng sự, 2019).

Kích thước và độ phân bố kích thước hạt nhũ tương được đo bằng thiết bị Zetasizer ZS (Malvern Panalytical, Anh) và phân tích bằng phần mềm ZS Explorer 2.3.1.4. Phương pháp đo được sử dụng cho thiết bị này là phương pháp tán xạ ánh sáng động (Dynamic Light Scattering, DLS) hay còn được gọi là quang phổ tương quan photon (Photon Correlation Spectroscopy, PCS). Phương pháp này là một phương pháp đặc trưng thường được sử dụng để phân tích các hạt nano, nhũ tương hoặc huyền phù với các ưu điểm về độ chính xác cao và quy trình đo nhanh chóng. Khi phân tích, cho mẫu vào cuvet nhựa trong suốt 2 mặt rồi đặt vào trong máy, sau đó mẫu được chiếu sáng bằng chùm tia laser và ánh sáng tán xạ được ghi lại. Sự chuyển động của các hạt gây ra sự dao động cường độ trong ánh sáng tán xạ. Từ những biến động này, hệ số khuếch tán có thể được xác định và do đó có thể xác định được kích thước hạt. Một số thông số quang học được chú ý điều chỉnh trong quá trình đo bao gồm nhiệt độ đo ($25 \pm 0,1^\circ\text{C}$), pha phân tán (nước), thời gian đo (5 phút) và số lần đo (3 lần).

Phụ lục 1.6 Xác định hoạt tính chống oxy hoá bằng phương pháp đánh bắt gốc tự do DPPH

Hoạt động nhốt gốc tự do của mẫu được đo bằng phương pháp đã được mô tả bởi Brand-Williams và cộng sự (1995) với một số sửa đổi.

Chuẩn bị mẫu: pha loãng 0,5 mL mẫu với 4,5 mL methanol 80 % và để ổn định trong 1 giờ. Mẫu đối chứng được thực hiện tương tự nhưng thay thế dịch trích bằng MeOH.

Dung dịch DPPH: 0,06 mM dung dịch DPPH được chuẩn bị trong 100 mL metanol.

Cách tiến hành: Một lượng 100 μL mẫu được thêm vào 2 mL dung dịch DPPH đã được chuẩn bị. Hỗn hợp được lắc kỹ và để ổn định ở nhiệt độ phòng trong 30 phút.

Sau đó, hỗn hợp được mang đi đo độ hấp thụ ở bước sóng 517 nm bằng máy đo UV-Vis. Khả năng chống oxy hóa được biểu thị bằng mgAAE/100g DW và được tính theo công thức:

$$\text{Phần trăm bắt gốc tự do DPPH} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

Trong đó, A_0 là độ hấp thụ của mẫu đối chứng và A là độ hấp thụ của mẫu.

Phụ lục 2. Kết quả xử lý thống kê: Cô đặc dịch chiết trái sơ ri bằng phương pháp cô đặc lạnh đông

Phụ lục 2.1 Ảnh hưởng của số giai đoạn cô đặc lạnh đông lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

Giai đoạn cô đặc	Chỉ tiêu	Lần đo			Hệ số cô đặc		
		1	2	3	1	2	3
Dịch chiết tươi	TSS (°Brix)	5,80	6,10	5,50	-	-	-
	TPC (mg/mL)	18,55	18,66	18,03	-	-	-
	TFC (mg/100mL)	0,28	0,29	0,28	-	-	-
	Vitamin C (mg/mL)	19,87	20,32	20,13	-	-	-
Giai đoạn 1	TSS (°Brix)	12,40	12,20	12,40	2,14	2,00	2,25
	TPC (mg/mL)	45,11	43,23	42,99	2,43	2,32	2,38
	TFC (mg/100mL)	0,44	0,49	0,50	1,59	1,70	1,77
	Vitamin C (mg/mL)	41,23	40,11	40,42	2,07	1,97	2,01
Giai đoạn 2	TSS (°Brix)	13,70	13,80	13,80	2,36	2,26	2,51
	TPC (mg/mL)	48,02	47,93	48,11	2,59	2,57	2,67
	TFC (mg/100mL)	0,51	0,49	0,53	1,82	1,69	1,89
	Vitamin C (mg/mL)	52,80	51,53	51,45	2,66	2,54	2,56
Giai đoạn 3	TSS (°Brix)	16,20	16,00	16,60	2,79	2,62	3,02
	TPC (mg/mL)	52,12	53,11	50,37	2,81	2,85	2,79
	TFC (mg/100mL)	0,72	0,69	0,72	2,58	2,38	2,56
	Vitamin C (mg/mL)	63,15	63,11	60,92	3,18	3,11	3,03
Giai đoạn 4	TSS (°Brix)	17,20	16,80	16,80	2,97	2,75	3,05
	TPC (mg/mL)	52,12	52,11	50,37	2,81	2,79	2,79
	TFC (mg/100mL)	0,68	0,69	0,72	2,43	2,38	2,56
	Vitamin C (mg/mL)	57,01	57,41	57,62	2,87	2,83	2,86

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS	Between Groups	237.037	4	59.259	1169.592	.000
	Within Groups	.507	10	.051		
	Total	237.544	14			
TPC	Between Groups	2344.071	4	586.018	664.550	.000
	Within Groups	8.818	10	.882		
	Total	2352.889	14			
TFC	Between Groups	.372	4	.093	211.576	.000
	Within Groups	.004	10	.000		
	Total	.377	14			
Vitamin_C	Between Groups	3393.806	4	848.451	1580.828	.000
	Within Groups	5.367	10	.537		
	Total	3399.173	14			
Hesocodac_TSS	Between Groups	16.968	4	4.242	221.010	.000
	Within Groups	.192	10	.019		
	Total	17.160	14			
Hesocodac_TPC	Between Groups	17.231	4	4.308	3121.522	.000
	Within Groups	.014	10	.001		
	Total	17.245	14			
Hesocodac_TFC	Between Groups	12.369	4	3.092	393.410	.000
	Within Groups	.079	10	.008		
	Total	12.447	14			
Hesocodac_VitC	Between Groups	18.702	4	4.675	1835.893	.000
	Within Groups	.025	10	.003		
	Total	18.727	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Giaidoan	(J) Giaidoan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TSS	0	1	-6.5333*	.18379	.000	-6.9428	-6.1238
		2	-7.9667*	.18379	.000	-8.3762	-7.5572
		3	-10.4667*	.18379	.000	-10.8762	-10.0572
		4	-11.1333*	.18379	.000	-11.5428	-10.7238
	1	0	6.5333*	.18379	.000	6.1238	6.9428
		2	-1.4333*	.18379	.000	-1.8428	-1.0238
		3	-3.9333*	.18379	.000	-4.3428	-3.5238
		4	-4.6000*	.18379	.000	-5.0095	-4.1905
	2	0	7.9667*	.18379	.000	7.5572	8.3762
		1	1.4333*	.18379	.000	1.0238	1.8428
		3	-2.5000*	.18379	.000	-2.9095	-2.0905
		4	-3.1667*	.18379	.000	-3.5762	-2.7572
	3	0	10.4667*	.18379	.000	10.0572	10.8762
		1	3.9333*	.18379	.000	3.5238	4.3428
		2	2.5000*	.18379	.000	2.0905	2.9095
		4	-.6667*	.18379	.005	-1.0762	-.2572
	4	0	11.1333*	.18379	.000	10.7238	11.5428
		1	4.6000*	.18379	.000	4.1905	5.0095
		2	3.1667*	.18379	.000	2.7572	3.5762
		3	.6667*	.18379	.005	.2572	1.0762
TPC	0	1	-25.3633*	.76674	.000	-27.0717	-23.6549
		2	-29.6067*	.76674	.000	-31.3151	-27.8983
		3	-33.4533*	.76674	.000	-35.1617	-31.7449
		4	-33.1200*	.76674	.000	-34.8284	-31.4116
	1	0	25.3633*	.76674	.000	23.6549	27.0717
		2	-4.2433*	.76674	.000	-5.9517	-2.5349
		3	-8.0900*	.76674	.000	-9.7984	-6.3816
		4	-7.7567*	.76674	.000	-9.4651	-6.0483
	2	0	29.6067*	.76674	.000	27.8983	31.3151
		1	4.2433*	.76674	.000	2.5349	5.9517
		3	-3.8467*	.76674	.001	-5.5551	-2.1383
		4	-3.5133*	.76674	.001	-5.2217	-1.8049
	3	0	33.4533*	.76674	.000	31.7449	35.1617
		1	8.0900*	.76674	.000	6.3816	9.7984
		2	3.8467*	.76674	.001	2.1383	5.5551
		4	.3333	.76674	.673	-1.3751	2.0417
	4	0	33.1200*	.76674	.000	31.4116	34.8284
		1	7.7567*	.76674	.000	6.0483	9.4651
		2	3.5133*	.76674	.001	1.8049	5.2217
		3	-.3333	.76674	.673	-2.0417	1.3751
TFC	0	1	-.1933*	.01713	.000	-.2315	-.1552
		2	-.2267*	.01713	.000	-.2648	-.1885
		3	-.4267*	.01713	.000	-.4648	-.3885
		4	-.4133*	.01713	.000	-.4515	-.3752
	1	0	.1933*	.01713	.000	.1552	.2315

	2		-.0333	.01713	.080	-.0715	.0048
	3		-.2333*	.01713	.000	-.2715	-.1952
	4		-.2200*	.01713	.000	-.2582	-.1818
2	0		.2267*	.01713	.000	.1885	.2648
	1		.0333	.01713	.080	-.0048	.0715
	3		-.2000*	.01713	.000	-.2382	-.1618
	4		-.1867*	.01713	.000	-.2248	-.1485
3	0		.4267*	.01713	.000	.3885	.4648
	1		.2333*	.01713	.000	.1952	.2715
	2		.2000*	.01713	.000	.1618	.2382
	4		.0133	.01713	.454	-.0248	.0515
4	0		.4133*	.01713	.000	.3752	.4515
	1		.2200*	.01713	.000	.1818	.2582
	2		.1867*	.01713	.000	.1485	.2248
	3		-.0133	.01713	.454	-.0515	.0248
Vitamin_C	0	1	-20.4800*	.59817	.000	-21.8128	-19.1472
		2	-31.8200*	.59817	.000	-33.1528	-30.4872
		3	-42.2867*	.59817	.000	-43.6195	-40.9539
		4	-37.2400*	.59817	.000	-38.5728	-35.9072
	1	0	20.4800*	.59817	.000	19.1472	21.8128
		2	-11.3400*	.59817	.000	-12.6728	-10.0072
		3	-21.8067*	.59817	.000	-23.1395	-20.4739
		4	-16.7600*	.59817	.000	-18.0928	-15.4272
	2	0	31.8200*	.59817	.000	30.4872	33.1528
		1	11.3400*	.59817	.000	10.0072	12.6728
		3	-10.4667*	.59817	.000	-11.7995	-9.1339
		4	-5.4200*	.59817	.000	-6.7528	-4.0872
	3	0	42.2867*	.59817	.000	40.9539	43.6195
		1	21.8067*	.59817	.000	20.4739	23.1395
		2	10.4667*	.59817	.000	9.1339	11.7995
		4	5.0467*	.59817	.000	3.7139	6.3795
	4	0	37.2400*	.59817	.000	35.9072	38.5728
		1	16.7600*	.59817	.000	15.4272	18.0928
		2	5.4200*	.59817	.000	4.0872	6.7528
		3	-5.0467*	.59817	.000	-6.3795	-3.7139
Hesocodac_TSS	0	1	-2.1300*	.11312	.000	-2.3820	-1.8780
		2	-2.3767*	.11312	.000	-2.6287	-2.1246
		3	-2.8100*	.11312	.000	-3.0620	-2.5580
		4	-2.9233*	.11312	.000	-3.1754	-2.6713
	1	0	2.1300*	.11312	.000	1.8780	2.3820
		2	-.2467	.11312	.054	-.4987	.0054
		3	-.6800*	.11312	.000	-.9320	-.4280
		4	-.7933*	.11312	.000	-1.0454	-.5413
	2	0	2.3767*	.11312	.000	2.1246	2.6287
		1	.2467	.11312	.054	-.0054	.4987
		3	-.4333*	.11312	.003	-.6854	-.1813
		4	-.5467*	.11312	.001	-.7987	-.2946
	3	0	2.8100*	.11312	.000	2.5580	3.0620
		1	.6800*	.11312	.000	.4280	.9320
		2	.4333*	.11312	.003	.1813	.6854
		4	-.1133	.11312	.340	-.3654	.1387
	4	0	2.9233*	.11312	.000	2.6713	3.1754

		1	.7933*	.11312	.000	.5413	1.0454
		2	.5467*	.11312	.001	.2946	.7987
		3	.1133	.11312	.340	-.1387	.3654
Hesocodac_TPC	0	1	-2.3767*	.03033	.000	-2.4442	-2.3091
		2	-2.6100*	.03033	.000	-2.6776	-2.5424
		3	-2.8167*	.03033	.000	-2.8842	-2.7491
		4	-2.7967*	.03033	.000	-2.8642	-2.7291
	1	0	2.3767*	.03033	.000	2.3091	2.4442
		2	-.2333*	.03033	.000	-.3009	-.1658
		3	-.4400*	.03033	.000	-.5076	-.3724
		4	-.4200*	.03033	.000	-.4876	-.3524
	2	0	2.6100*	.03033	.000	2.5424	2.6776
		1	.2333*	.03033	.000	.1658	.3009
		3	-.2067*	.03033	.000	-.2742	-.1391
		4	-.1867*	.03033	.000	-.2542	-.1191
	3	0	2.8167*	.03033	.000	2.7491	2.8842
		1	.4400*	.03033	.000	.3724	.5076
		2	.2067*	.03033	.000	.1391	.2742
		4	.0200	.03033	.525	-.0476	.0876
	4	0	2.7967*	.03033	.000	2.7291	2.8642
		1	.4200*	.03033	.000	.3524	.4876
		2	.1867*	.03033	.000	.1191	.2542
		3	-.0200	.03033	.525	-.0876	.0476
Hesocodac_TFC	0	1	-1.6867*	.07239	.000	-1.8480	-1.5254
		2	-1.8000*	.07239	.000	-1.9613	-1.6387
		3	-2.5067*	.07239	.000	-2.6680	-2.3454
		4	-2.4567*	.07239	.000	-2.6180	-2.2954
	1	0	1.6867*	.07239	.000	1.5254	1.8480
		2	-.1133	.07239	.149	-.2746	.0480
		3	-.8200*	.07239	.000	-.9813	-.6587
		4	-.7700*	.07239	.000	-.9313	-.6087
	2	0	1.8000*	.07239	.000	1.6387	1.9613
		1	.1133	.07239	.149	-.0480	.2746
		3	-.7067*	.07239	.000	-.8680	-.5454
		4	-.6567*	.07239	.000	-.8180	-.4954
	3	0	2.5067*	.07239	.000	2.3454	2.6680
		1	.8200*	.07239	.000	.6587	.9813
		2	.7067*	.07239	.000	.5454	.8680
		4	.0500	.07239	.505	-.1113	.2113
	4	0	2.4567*	.07239	.000	2.2954	2.6180
		1	.7700*	.07239	.000	.6087	.9313
		2	.6567*	.07239	.000	.4954	.8180
		3	-.0500	.07239	.505	-.2113	.1113
Hesocodac_VitC	0	1	-2.0167*	.04120	.000	-2.1085	-1.9249
		2	-2.5867*	.04120	.000	-2.6785	-2.4949
		3	-3.1067*	.04120	.000	-3.1985	-3.0149
		4	-2.8533*	.04120	.000	-2.9451	-2.7615
	1	0	2.0167*	.04120	.000	1.9249	2.1085
		2	-.5700*	.04120	.000	-.6618	-.4782
		3	-1.0900*	.04120	.000	-1.1818	-.9982
		4	-.8367*	.04120	.000	-.9285	-.7449

2	0	2.5867*	.04120	.000	2.4949	2.6785
	1	.5700*	.04120	.000	.4782	.6618
	3	-.5200*	.04120	.000	-.6118	-.4282
	4	-.2667*	.04120	.000	-.3585	-.1749
3	0	3.1067*	.04120	.000	3.0149	3.1985
	1	1.0900*	.04120	.000	.9982	1.1818
	2	.5200*	.04120	.000	.4282	.6118
	4	.2533*	.04120	.000	.1615	.3451
4	0	2.8533*	.04120	.000	2.7615	2.9451
	1	.8367*	.04120	.000	.7449	.9285
	2	.2667*	.04120	.000	.1749	.3585
	3	-.2533*	.04120	.000	-.3451	-.1615

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .003.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Phụ lục 2.2 Ảnh hưởng của thời gian đông lạnh lên nồng độ hoạt chất sinh học có trong dịch chiết trái sơ ri

a. Giai đoạn 1

Thời gian đông lạnh	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
0 giờ	TSS (°Brix)	5,80	6,10	5,50
	TPC (mg/mL)	18,55	18,66	18,03
	TFC (mg/100mL)	0,28	0,29	0,28
	Vitamin C (mg/mL)	19,87	20,32	20,13
24 giờ	TSS (°Brix)	12,40	12,20	12,40
	TPC (mg/mL)	45,11	43,23	42,99
	TFC (mg/100mL)	0,44	0,49	0,50
	Vitamin C (mg/mL)	41,23	40,11	40,42
36 giờ	TSS (°Brix)	12,30	12,20	12,40
	TPC (mg/mL)	43,11	43,23	42,99
	TFC (mg/100mL)	0,47	0,49	0,49
	Vitamin C (mg/mL)	40,53	40,54	40,07
48 giờ	TSS (°Brix)	12,60	12,20	12,40
	TPC (mg/mL)	44,11	43,23	42,80
	TFC (mg/100mL)	0,44	0,48	0,48
	Vitamin C (mg/mL)	41,21	41,02	40,02
60 giờ	TSS (°Brix)	12,80	12,60	12,40
	TPC (mg/mL)	45,15	43,23	42,60
	TFC (mg/100mL)	0,44	0,49	0,51
	Vitamin C (mg/mL)	40,25	40,15	39,95
72 giờ	TSS (°Brix)	12,40	13,00	12,40
	TPC (mg/mL)	44,80	43,23	42,99
	TFC (mg/100mL)	0,49	0,45	0,50
	Vitamin C (mg/mL)	41,07	40,56	40,17

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS_1	Between Groups	110.696	5	22.139	423.943	.000
	Within Groups	.627	12	.052		
	Total	111.323	17			
TPC_1	Between Groups	1595.627	5	319.125	433.988	.000
	Within Groups	8.824	12	.735		
	Total	1604.451	17			
TFC_1	Between Groups	.098	5	.020	41.812	.000
	Within Groups	.006	12	.000		
	Total	.103	17			
VitC_1	Between Groups	1039.082	5	207.816	1140.491	.000
	Within Groups	2.187	12	.182		
	Total	1041.269	17			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable (I) Thoigian (J) Thoigian			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TSS_1	0	24	-6.53333*	.18659	.000	-6.9399	-6.1268
		36	-6.50000*	.18659	.000	-6.9065	-6.0935
		48	-6.60000*	.18659	.000	-7.0065	-6.1935
		60	-6.80000*	.18659	.000	-7.2065	-6.3935
		72	-6.80000*	.18659	.000	-7.2065	-6.3935
	24	0	6.53333*	.18659	.000	6.1268	6.9399
		36	.03333	.18659	.861	-.3732	.4399
		48	-.06667	.18659	.727	-.4732	.3399
		60	-.26667	.18659	.178	-.6732	.1399
		72	-.26667	.18659	.178	-.6732	.1399
	36	0	6.50000*	.18659	.000	6.0935	6.9065
		24	-.03333	.18659	.861	-.4399	.3732
		48	-.10000	.18659	.602	-.5065	.3065
		60	-.30000	.18659	.134	-.7065	.1065
		72	-.30000	.18659	.134	-.7065	.1065
	48	0	6.60000*	.18659	.000	6.1935	7.0065
		24	.06667	.18659	.727	-.3399	.4732
		36	.10000	.18659	.602	-.3065	.5065
		60	-.20000	.18659	.305	-.6065	.2065
		72	-.20000	.18659	.305	-.6065	.2065
	60	0	6.80000*	.18659	.000	6.3935	7.2065
		24	.26667	.18659	.178	-.1399	.6732
		36	.30000	.18659	.134	-.1065	.7065
		48	.20000	.18659	.305	-.2065	.6065
		72	.00000	.18659	1.000	-.4065	.4065

	72	0	6.80000*	.18659	.000	6.3935	7.2065
		24	.26667	.18659	.178	-.1399	.6732
		36	.30000	.18659	.134	-.1065	.7065
		48	.20000	.18659	.305	-.2065	.6065
		60	.00000	.18659	1.000	-.4065	.4065
TPC_1	0	24	-26.03000*	.70016	.000	-27.5555	-24.5045
		36	-24.69667*	.70016	.000	-26.2222	-23.1712
		48	-24.96667*	.70016	.000	-26.4922	-23.4412
		60	-25.24667*	.70016	.000	-26.7722	-23.7212
		72	-25.26000*	.70016	.000	-26.7855	-23.7345
	24	0	26.03000*	.70016	.000	24.5045	27.5555
		36	1.33333	.70016	.081	-.1922	2.8588
		48	1.06333	.70016	.155	-.4622	2.5888
		60	.78333	.70016	.285	-.7422	2.3088
		72	.77000	.70016	.293	-.7555	2.2955
	36	0	24.69667*	.70016	.000	23.1712	26.2222
		24	-1.33333	.70016	.081	-2.8588	.1922
		48	-.27000	.70016	.707	-1.7955	1.2555
		60	-.55000	.70016	.447	-2.0755	.9755
		72	-.56333	.70016	.437	-2.0888	.9622
	48	0	24.96667*	.70016	.000	23.4412	26.4922
		24	-1.06333	.70016	.155	-2.5888	.4622
		36	.27000	.70016	.707	-1.2555	1.7955
		60	-.28000	.70016	.696	-1.8055	1.2455
		72	-.29333	.70016	.683	-1.8188	1.2322
	60	0	25.24667*	.70016	.000	23.7212	26.7722
		24	-.78333	.70016	.285	-2.3088	.7422
		36	.55000	.70016	.447	-.9755	2.0755
		48	.28000	.70016	.696	-1.2455	1.8055
		72	-.01333	.70016	.985	-1.5388	1.5122
	72	0	25.26000*	.70016	.000	23.7345	26.7855
		24	-.77000	.70016	.293	-2.2955	.7555
		36	.56333	.70016	.437	-.9622	2.0888
		48	.29333	.70016	.683	-1.2322	1.8188
		60	.01333	.70016	.985	-1.5122	1.5388
TFC_1	0	24	-.20667*	.01764	.000	-.2451	-.1682
		36	-.20000*	.01764	.000	-.2384	-.1616
		48	-.18333*	.01764	.000	-.2218	-.1449
		60	-.19667*	.01764	.000	-.2351	-.1582
		72	-.19667*	.01764	.000	-.2351	-.1582
	24	0	.20667*	.01764	.000	.1682	.2451
		36	.00667	.01764	.712	-.0318	.0451
		48	.02333	.01764	.211	-.0151	.0618
		60	.01000	.01764	.581	-.0284	.0484
		72	.01000	.01764	.581	-.0284	.0484
	36	0	.20000*	.01764	.000	.1616	.2384
		24	-.00667	.01764	.712	-.0451	.0318
		48	.01667	.01764	.363	-.0218	.0551
		60	.00333	.01764	.853	-.0351	.0418
		72	.00333	.01764	.853	-.0351	.0418
	48	0	.18333*	.01764	.000	.1449	.2218

		24	-.02333	.01764	.211	-.0618	.0151
		36	-.01667	.01764	.363	-.0551	.0218
		60	-.01333	.01764	.464	-.0518	.0251
		72	-.01333	.01764	.464	-.0518	.0251
	60	0	.19667*	.01764	.000	.1582	.2351
		24	-.01000	.01764	.581	-.0484	.0284
		36	-.00333	.01764	.853	-.0418	.0351
		48	.01333	.01764	.464	-.0251	.0518
		72	.00000	.01764	1.000	-.0384	.0384
	72	0	.19667*	.01764	.000	.1582	.2351
		24	-.01000	.01764	.581	-.0484	.0284
		36	-.00333	.01764	.853	-.0418	.0351
		48	.01333	.01764	.464	-.0251	.0518
		60	.00000	.01764	1.000	-.0384	.0384
VitC_1	0	24	-20.48000*	.34854	.000	-21.2394	-19.7206
		36	-20.27333*	.34854	.000	-21.0327	-19.5139
		48	-20.64333*	.34854	.000	-21.4027	-19.8839
		60	-20.01000*	.34854	.000	-20.7694	-19.2506
		72	-20.49333*	.34854	.000	-21.2527	-19.7339
	24	0	20.48000*	.34854	.000	19.7206	21.2394
		36	.20667	.34854	.564	-.5527	.9661
		48	-.16333	.34854	.648	-.9227	.5961
		60	.47000	.34854	.202	-.2894	1.2294
		72	-.01333	.34854	.970	-.7727	.7461
	36	0	20.27333*	.34854	.000	19.5139	21.0327
		24	-.20667	.34854	.564	-.9661	.5527
		48	-.37000	.34854	.309	-1.1294	.3894
		60	.26333	.34854	.464	-.4961	1.0227
		72	-.22000	.34854	.540	-.9794	.5394
	48	0	20.64333*	.34854	.000	19.8839	21.4027
		24	.16333	.34854	.648	-.5961	.9227
		36	.37000	.34854	.309	-.3894	1.1294
		60	.63333	.34854	.094	-.1261	1.3927
		72	.15000	.34854	.675	-.6094	.9094
	60	0	20.01000*	.34854	.000	19.2506	20.7694
		24	-.47000	.34854	.202	-1.2294	.2894
		36	-.26333	.34854	.464	-1.0227	.4961
		48	-.63333	.34854	.094	-1.3927	.1261
		72	-.48333	.34854	.191	-1.2427	.2761
	72	0	20.49333*	.34854	.000	19.7339	21.2527
		24	.01333	.34854	.970	-.7461	.7727
		36	.22000	.34854	.540	-.5394	.9794
		48	-.15000	.34854	.675	-.9094	.6094
		60	.48333	.34854	.191	-.2761	1.2427

b. Giai đoạn 2

Thời gian đông lạnh	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
0 giờ	TSS (°Brix)	12,40	12,20	12,40
	TPC (mg/mL)	45,11	43,23	42,99
	TFC (mg/100mL)	0,44	0,49	0,50
	Vitamin C (mg/mL)	41,23	40,11	40,42
24 giờ	TSS (°Brix)	13,70	13,80	13,80
	TPC (mg/mL)	48,02	47,93	48,11
	TFC (mg/100mL)	0,51	0,49	0,53
	Vitamin C (mg/mL)	52,80	51,53	51,45
36 giờ	TSS (°Brix)	16,80	16,80	15,80
	TPC (mg/mL)	55,20	55,35	55,45
	TFC (mg/100mL)	0,68	0,70	0,68
	Vitamin C (mg/mL)	67,60	66,70	66,41
48 giờ	TSS (°Brix)	16,70	16,80	16,80
	TPC (mg/mL)	55,02	54,93	55,11
	TFC (mg/100mL)	0,70	0,67	0,66
	Vitamin C (mg/mL)	67,80	66,53	66,45
60 giờ	TSS (°Brix)	16,40	17,00	16,80
	TPC (mg/mL)	55,25	53,01	54,95
	TFC (mg/100mL)	0,69	0,67	0,69
	Vitamin C (mg/mL)	66,95	67,55	65,89
72 giờ	TSS (°Brix)	16,60	16,80	16,80
	TPC (mg/mL)	54,67	54,72	53,68
	TFC (mg/100mL)	0,68	0,67	0,68
	Vitamin C (mg/mL)	67,24	65,95	65,11

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS_2	Between Groups	52.498	5	10.500	349.985	.000
	Within Groups	.360	12	.030		
	Total	52.858	17			
TPC_2	Between Groups	273.809	5	54.762	110.916	.000
	Within Groups	5.925	12	.494		
	Total	279.733	17			
TFC_2	Between Groups	.116	5	.023	112.762	.000
	Within Groups	.002	12	.000		
	Total	.118	17			
VitC_2	Between Groups	1686.949	5	337.390	543.539	.000
	Within Groups	7.449	12	.621		
	Total	1694.398	17			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Thoigian	(J) Thoigian	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TSS_2	0	24	-1.43333*	.14142	.000	-1.7415	-1.1252
		36	-2.60000*	.14142	.000	-2.9081	-2.2919
		48	-4.43333*	.14142	.000	-4.7415	-4.1252
		60	-4.40000*	.14142	.000	-4.7081	-4.0919
		72	-4.40000*	.14142	.000	-4.7081	-4.0919
	24	0	1.43333*	.14142	.000	1.1252	1.7415
		36	-1.16667*	.14142	.000	-1.4748	-.8585
		48	-3.00000*	.14142	.000	-3.3081	-2.6919
		60	-2.96667*	.14142	.000	-3.2748	-2.6585
		72	-2.96667*	.14142	.000	-3.2748	-2.6585
	36	0	2.60000*	.14142	.000	2.2919	2.9081
		24	1.16667*	.14142	.000	.8585	1.4748
		48	-1.83333*	.14142	.000	-2.1415	-1.5252
		60	-1.80000*	.14142	.000	-2.1081	-1.4919
		72	-1.80000*	.14142	.000	-2.1081	-1.4919
	48	0	4.43333*	.14142	.000	4.1252	4.7415
		24	3.00000*	.14142	.000	2.6919	3.3081
		36	1.83333*	.14142	.000	1.5252	2.1415
		60	.03333	.14142	.818	-.2748	.3415
		72	.03333	.14142	.818	-.2748	.3415
	60	0	4.40000*	.14142	.000	4.0919	4.7081
		24	2.96667*	.14142	.000	2.6585	3.2748
		36	1.80000*	.14142	.000	1.4919	2.1081
		48	-.03333	.14142	.818	-.3415	.2748
		72	.00000	.14142	1.000	-.3081	.3081
	72	0	4.40000*	.14142	.000	4.0919	4.7081
		24	2.96667*	.14142	.000	2.6585	3.2748
		36	1.80000*	.14142	.000	1.4919	2.1081
		48	-.03333	.14142	.818	-.3415	.2748
		60	.00000	.14142	1.000	-.3081	.3081
TPC_2	0	24	-3.57667*	.57371	.000	-4.8267	-2.3267
		36	-5.89000*	.57371	.000	-7.1400	-4.6400
		48	-10.57667*	.57371	.000	-11.8267	-9.3267
		60	-9.96000*	.57371	.000	-11.2100	-8.7100
		72	-9.91333*	.57371	.000	-11.1633	-8.6633
	24	0	3.57667*	.57371	.000	2.3267	4.8267
		36	-2.31333*	.57371	.002	-3.5633	-1.0633
		48	-7.00000*	.57371	.000	-8.2500	-5.7500
		60	-6.38333*	.57371	.000	-7.6333	-5.1333
		72	-6.33667*	.57371	.000	-7.5867	-5.0867
	36	0	5.89000*	.57371	.000	4.6400	7.1400
		24	2.31333*	.57371	.002	1.0633	3.5633
		48	-4.68667*	.57371	.000	-5.9367	-3.4367
		60	-4.07000*	.57371	.000	-5.3200	-2.8200
		72	-4.02333*	.57371	.000	-5.2733	-2.7733
	48	0	10.57667*	.57371	.000	9.3267	11.8267
		24	7.00000*	.57371	.000	5.7500	8.2500
		36	4.68667*	.57371	.000	3.4367	5.9367
		60	.61667	.57371	.304	-.6333	1.8667
		72	.66333	.57371	.270	-.5867	1.9133
	60	0	9.96000*	.57371	.000	8.7100	11.2100

		24	6.38333*	.57371	.000	5.1333	7.6333
		36	4.07000*	.57371	.000	2.8200	5.3200
		48	-.61667	.57371	.304	-1.8667	.6333
		72	.04667	.57371	.937	-1.2033	1.2967
	72	0	9.91333*	.57371	.000	8.6633	11.1633
		24	6.33667*	.57371	.000	5.0867	7.5867
		36	4.02333*	.57371	.000	2.7733	5.2733
		48	-.66333	.57371	.270	-1.9133	.5867
		60	-.04667	.57371	.937	-1.2967	1.2033
TFC_2	0	24	-.02000	.01171	.113	-.0455	.0055
		36	-.11667*	.01171	.000	-.1422	-.0912
		48	-.18667*	.01171	.000	-.2122	-.1612
		60	-.19333*	.01171	.000	-.2188	-.1678
		72	-.18667*	.01171	.000	-.2122	-.1612
	24	0	.02000	.01171	.113	-.0055	.0455
		36	-.09667*	.01171	.000	-.1222	-.0712
		48	-.16667*	.01171	.000	-.1922	-.1412
		60	-.17333*	.01171	.000	-.1988	-.1478
		72	-.16667*	.01171	.000	-.1922	-.1412
	36	0	.11667*	.01171	.000	.0912	.1422
		24	.09667*	.01171	.000	.0712	.1222
		48	-.07000*	.01171	.000	-.0955	-.0445
		60	-.07667*	.01171	.000	-.1022	-.0512
		72	-.07000*	.01171	.000	-.0955	-.0445
	48	0	.18667*	.01171	.000	.1612	.2122
		24	.16667*	.01171	.000	.1412	.1922
		36	.07000*	.01171	.000	.0445	.0955
		60	-.00667	.01171	.580	-.0322	.0188
		72	.00000	.01171	1.000	-.0255	.0255
	60	0	.19333*	.01171	.000	.1678	.2188
		24	.17333*	.01171	.000	.1478	.1988
		36	.07667*	.01171	.000	.0512	.1022
		48	.00667	.01171	.580	-.0188	.0322
		72	.00667	.01171	.580	-.0188	.0322
	72	0	.18667*	.01171	.000	.1612	.2122
		24	.16667*	.01171	.000	.1412	.1922
		36	.07000*	.01171	.000	.0445	.0955
		48	.00000	.01171	1.000	-.0255	.0255
		60	-.00667	.01171	.580	-.0322	.0188
VitC_2	0	24	-11.34000*	.64329	.000	-12.7416	-9.9384
		36	-17.01667*	.64329	.000	-18.4183	-15.6151
		48	-26.34000*	.64329	.000	-27.7416	-24.9384
		60	-26.21000*	.64329	.000	-27.6116	-24.8084
		72	-25.51333*	.64329	.000	-26.9149	-24.1117
	24	0	11.34000*	.64329	.000	9.9384	12.7416
		36	-5.67667*	.64329	.000	-7.0783	-4.2751
		48	-15.00000*	.64329	.000	-16.4016	-13.5984
		60	-14.87000*	.64329	.000	-16.2716	-13.4684
		72	-14.17333*	.64329	.000	-15.5749	-12.7717
	36	0	17.01667*	.64329	.000	15.6151	18.4183
		24	5.67667*	.64329	.000	4.2751	7.0783
		48	-9.32333*	.64329	.000	-10.7249	-7.9217
		60	-9.19333*	.64329	.000	-10.5949	-7.7917
		72	-8.49667*	.64329	.000	-9.8983	-7.0951
	48	0	26.34000*	.64329	.000	24.9384	27.7416
		24	15.00000*	.64329	.000	13.5984	16.4016
		36	9.32333*	.64329	.000	7.9217	10.7249

	60	.13000	.64329	.843	-1.2716	1.5316
	72	.82667	.64329	.223	-.5749	2.2283
60	0	26.21000*	.64329	.000	24.8084	27.6116
	24	14.87000*	.64329	.000	13.4684	16.2716
	36	9.19333*	.64329	.000	7.7917	10.5949
	48	-.13000	.64329	.843	-1.5316	1.2716
	72	.69667	.64329	.300	-.7049	2.0983
72	0	25.51333*	.64329	.000	24.1117	26.9149
	24	14.17333*	.64329	.000	12.7717	15.5749
	36	8.49667*	.64329	.000	7.0951	9.8983
	48	-.82667	.64329	.223	-2.2283	.5749
	60	-.69667	.64329	.300	-2.0983	.7049

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

c. Giai đoạn 3

Thời gian đông lạnh	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
0 giờ	TSS (°Brix)	17,20	17,00	17,40
	TPC (mg/mL)	54,32	54,22	55,07
	TFC (mg/100mL)	0,70	0,73	0,72
	Vitamin C (mg/mL)	71,30	71,70	70,19
24 giờ	TSS (°Brix)	16,20	16,00	16,60
	TPC (mg/mL)	50,12	50,11	50,37
	TFC (mg/100mL)	0,70	0,69	0,70
	Vitamin C (mg/mL)	61,15	60,11	60,92
36 giờ	TSS (°Brix)	16,70	16,80	16,80
	TPC (mg/mL)	55,02	54,93	55,11
	TFC (mg/100mL)	0,70	0,67	0,66
	Vitamin C (mg/mL)	67,80	66,53	66,45
48 giờ	TSS (°Brix)	19,20	19,00	19,20
	TPC (mg/mL)	56,72	57,17	56,25
	TFC (mg/100mL)	0,77	0,75	0,75
	Vitamin C (mg/mL)	77,60	78,12	77,21
60 giờ	TSS (°Brix)	21,20	20,80	20,80
	TPC (mg/mL)	60,12	61,11	60,37
	TFC (mg/100mL)	0,87	0,84	0,87
	Vitamin C (mg/mL)	83,15	83,11	80,92
72 giờ	TSS (°Brix)	21,20	21,80	21,04
	TPC (mg/mL)	59,12	61,11	58,37
	TFC (mg/100mL)	0,83	0,84	0,81
	Vitamin C (mg/mL)	76,15	77,11	76,82

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS_3	Between Groups	64.958	5	12.992	233.474	.000
	Within Groups	.668	12	.056		
	Total	65.626	17			
TPC_3	Between Groups	210.714	5	42.143	92.712	.000
	Within Groups	5.455	12	.455		
	Total	216.169	17			
TFC_3	Between Groups	.082	5	.016	71.571	.000
	Within Groups	.003	12	.000		
	Total	.084	17			
VitC_3	Between Groups	940.860	5	188.172	316.841	.000
	Within Groups	7.127	12	.594		
	Total	947.987	17			

Multiple Comparisons

LSD

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
Dependent Variable	(I) Thoigian	(J) Thoigian				Lower Bound	Upper Bound
TSS_3	0	24	-.06667	.19260	.735	-.4863	.3530
		36	-.43333*	.19260	.044	-.8530	-.0137
		48	-2.36667*	.19260	.000	-2.7863	-1.9470
		60	-4.16667*	.19260	.000	-4.5863	-3.7470
		72	-4.58000*	.19260	.000	-4.9996	-4.1604
	24	0	.06667	.19260	.735	-.3530	.4863
		36	-.36667	.19260	.081	-.7863	.0530
		48	-2.30000*	.19260	.000	-2.7196	-1.8804
		60	-4.10000*	.19260	.000	-4.5196	-3.6804
		72	-4.51333*	.19260	.000	-4.9330	-4.0937
	36	0	.43333*	.19260	.044	.0137	.8530
		24	.36667	.19260	.081	-.0530	.7863
		48	-1.93333*	.19260	.000	-2.3530	-1.5137
		60	-3.73333*	.19260	.000	-4.1530	-3.3137
		72	-4.14667*	.19260	.000	-4.5663	-3.7270
	48	0	2.36667*	.19260	.000	1.9470	2.7863
		24	2.30000*	.19260	.000	1.8804	2.7196
		36	1.93333*	.19260	.000	1.5137	2.3530
		60	-1.80000*	.19260	.000	-2.2196	-1.3804
		72	-2.21333*	.19260	.000	-2.6330	-1.7937
	60	0	4.16667*	.19260	.000	3.7470	4.5863
		24	4.10000*	.19260	.000	3.6804	4.5196
		36	3.73333*	.19260	.000	3.3137	4.1530
		48	1.80000*	.19260	.000	1.3804	2.2196
		72	-.41333	.19260	.053	-.8330	.0063
	72	0	4.58000*	.19260	.000	4.1604	4.9996
		24	4.51333*	.19260	.000	4.0937	4.9330
		36	4.14667*	.19260	.000	3.7270	4.5663
		48	2.21333*	.19260	.000	1.7937	2.6330
		60	.41333	.19260	.053	-.0063	.8330
TPC_3	0	24	4.82000*	.55049	.000	3.6206	6.0194
		36	.48333	.55049	.397	-.7161	1.6827

		48	-1.69333*	.55049	.010	-2.8927	-.4939
		60	-5.51333*	.55049	.000	-6.7127	-4.3139
		72	-4.51333*	.55049	.000	-5.7127	-3.3139
24		0	-4.82000*	.55049	.000	-6.0194	-3.6206
		36	-4.33667*	.55049	.000	-5.5361	-3.1373
		48	-6.51333*	.55049	.000	-7.7127	-5.3139
		60	-10.33333*	.55049	.000	-11.5327	-9.1339
		72	-9.33333*	.55049	.000	-10.5327	-8.1339
36		0	-.48333	.55049	.397	-1.6827	.7161
		24	4.33667*	.55049	.000	3.1373	5.5361
		48	-2.17667*	.55049	.002	-3.3761	-.9773
		60	-5.99667*	.55049	.000	-7.1961	-4.7973
		72	-4.99667*	.55049	.000	-6.1961	-3.7973
48		0	1.69333*	.55049	.010	.4939	2.8927
		24	6.51333*	.55049	.000	5.3139	7.7127
		36	2.17667*	.55049	.002	.9773	3.3761
		60	-3.82000*	.55049	.000	-5.0194	-2.6206
		72	-2.82000*	.55049	.000	-4.0194	-1.6206
60		0	5.51333*	.55049	.000	4.3139	6.7127
		24	10.33333*	.55049	.000	9.1339	11.5327
		36	5.99667*	.55049	.000	4.7973	7.1961
		48	3.82000*	.55049	.000	2.6206	5.0194
		72	1.00000	.55049	.094	-.1994	2.1994
72		0	4.51333*	.55049	.000	3.3139	5.7127
		24	9.33333*	.55049	.000	8.1339	10.5327
		36	4.99667*	.55049	.000	3.7973	6.1961
		48	2.82000*	.55049	.000	1.6206	4.0194
		60	-1.00000	.55049	.094	-2.1994	.1994
TFC_3	0	24	-.02000	.01232	.131	-.0468	.0068
		36	-.04000*	.01232	.007	-.0668	-.0132
		48	-.08000*	.01232	.000	-.1068	-.0532
		60	-.18333*	.01232	.000	-.2102	-.1565
		72	-.15000*	.01232	.000	-.1768	-.1232
	24	0	.02000	.01232	.131	-.0068	.0468
		36	-.02000	.01232	.131	-.0468	.0068
		48	-.06000*	.01232	.000	-.0868	-.0332
		60	-.16333*	.01232	.000	-.1902	-.1365
		72	-.13000*	.01232	.000	-.1568	-.1032
	36	0	.04000*	.01232	.007	.0132	.0668
		24	.02000	.01232	.131	-.0068	.0468
		48	-.04000*	.01232	.007	-.0668	-.0132
		60	-.14333*	.01232	.000	-.1702	-.1165
		72	-.11000*	.01232	.000	-.1368	-.0832
	48	0	.08000*	.01232	.000	.0532	.1068
		24	.06000*	.01232	.000	.0332	.0868
		36	.04000*	.01232	.007	.0132	.0668
		60	-.10333*	.01232	.000	-.1302	-.0765
		72	-.07000*	.01232	.000	-.0968	-.0432
	60	0	.18333*	.01232	.000	.1565	.2102
		24	.16333*	.01232	.000	.1365	.1902
		36	.14333*	.01232	.000	.1165	.1702
		48	.10333*	.01232	.000	.0765	.1302
		72	.03333*	.01232	.019	.0065	.0602
	72	0	.15000*	.01232	.000	.1232	.1768
		24	.13000*	.01232	.000	.1032	.1568
		36	.11000*	.01232	.000	.0832	.1368
		48	.07000*	.01232	.000	.0432	.0968
		60	-.03333*	.01232	.019	-.0602	-.0065
VitC_3	0	24	6.20000*	.62923	.000	4.8290	7.5710

	36	-4.13667*	.62923	.000	-5.5076	-2.7657
	48	-10.71667*	.62923	.000	-12.0876	-9.3457
	60	-15.46667*	.62923	.000	-16.8376	-14.0957
	72	-9.76667*	.62923	.000	-11.1376	-8.3957
24	0	-6.20000*	.62923	.000	-7.5710	-4.8290
	36	-10.33667*	.62923	.000	-11.7076	-8.9657
	48	-16.91667*	.62923	.000	-18.2876	-15.5457
	60	-21.66667*	.62923	.000	-23.0376	-20.2957
	72	-15.96667*	.62923	.000	-17.3376	-14.5957
36	0	4.13667*	.62923	.000	2.7657	5.5076
	24	10.33667*	.62923	.000	8.9657	11.7076
	48	-6.58000*	.62923	.000	-7.9510	-5.2090
	60	-11.33000*	.62923	.000	-12.7010	-9.9590
	72	-5.63000*	.62923	.000	-7.0010	-4.2590
48	0	10.71667*	.62923	.000	9.3457	12.0876
	24	16.91667*	.62923	.000	15.5457	18.2876
	36	6.58000*	.62923	.000	5.2090	7.9510
	60	-4.75000*	.62923	.000	-6.1210	-3.3790
	72	.95000	.62923	.157	-.4210	2.3210
60	0	15.46667*	.62923	.000	14.0957	16.8376
	24	21.66667*	.62923	.000	20.2957	23.0376
	36	11.33000*	.62923	.000	9.9590	12.7010
	48	4.75000*	.62923	.000	3.3790	6.1210
	72	5.70000*	.62923	.000	4.3290	7.0710
72	0	9.76667*	.62923	.000	8.3957	11.1376
	24	15.96667*	.62923	.000	14.5957	17.3376
	36	5.63000*	.62923	.000	4.2590	7.0010
	48	-.95000	.62923	.157	-2.3210	.4210
	60	-5.70000*	.62923	.000	-7.0710	-4.3290

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3. Kết quả xử lý thống kê: Nhũ hóa các hợp chất sinh học từ dịch sơ ri cô đặc

Phụ lục 3.1 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ PGPR lên các đặc tính lý hoá của hệ nhũ tương W/O

Tỉ lệ PGPR	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
6%	Độ nhớt (mPas)	33,60	33,63	33,65
	DPPH (%)	41,43	41,43	41,43
	TPC (mg/g)	17,41	17,25	17,31
	TFC (mg/g)	0,25	0,27	0,26
	Vitamin C (mg/g)	26,95	26,77	26,98
8%	Độ nhớt (mPas)	33,40	33,70	33,10
	DPPH (%)	49,40	48,63	47,85
	TPC (mg/g)	17,34	18,05	17,95
	TFC (mg/g)	0,26	0,27	0,27
	Vitamin C (mg/g)	27,52	27,28	27,15
10%	Độ nhớt (mPas)	35,67	35,35	35,71
	DPPH (%)	54,71	55,56	56,01
	TPC (mg/g)	21,04	21,39	21,13
	TFC (mg/g)	0,30	0,29	0,30
	Vitamin C (mg/g)	29,10	29,09	28,32
12%	Độ nhớt (mPas)	38,00	38,40	38,80
	DPPH (%)	56,99	55,96	55,88
	TPC (mg/g)	20,01	19,95	20,15
	TFC (mg/g)	0,29	0,28	0,28
	Vitamin C (mg/g)	28,75	29,11	28,67
14%	Độ nhớt (mPas)	39,35	39,50	39,10
	DPPH (%)	53,05	51,92	52,17
	TPC (mg/g)	20,05	19,25	19,87
	TFC (mg/g)	0,28	0,29	0,28
	Vitamin C (mg/g)	28,11	27,93	27,85

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Do_nhot	Between Groups	87.935	4	21.984	332.684	.000
	Within Groups	.661	10	.066		
	Total	88.596	14			
DPPH	Between Groups	436.050	4	109.013	165.189	.000
	Within Groups	6.599	10	.660		
	Total	442.650	14			
TPC	Between Groups	31.376	4	7.844	104.883	.000
	Within Groups	.748	10	.075		
	Total	32.123	14			
TFC	Between Groups	.003	4	.001	13.786	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.003	14			
VitC	Between Groups	9.257	4	2.314	36.043	.000
	Within Groups	.642	10	.064		
	Total	9.899	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) PGPR	(J) PGPR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Do_nhot	6	8	.22667	.20989	.306	-.2410	.6943
		10	-1.95000*	.20989	.000	-2.4177	-1.4823
		12	-4.77333*	.20989	.000	-5.2410	-4.3057
		14	-5.69000*	.20989	.000	-6.1577	-5.2223
	8	6	-.22667	.20989	.306	-.6943	.2410
		10	-2.17667*	.20989	.000	-2.6443	-1.7090
		12	-5.00000*	.20989	.000	-5.4677	-4.5323
		14	-5.91667*	.20989	.000	-6.3843	-5.4490
	10	6	1.95000*	.20989	.000	1.4823	2.4177
		8	2.17667*	.20989	.000	1.7090	2.6443
		12	-2.82333*	.20989	.000	-3.2910	-2.3557
		14	-3.74000*	.20989	.000	-4.2077	-3.2723
	12	6	4.77333*	.20989	.000	4.3057	5.2410
		8	5.00000*	.20989	.000	4.5323	5.4677
		10	2.82333*	.20989	.000	2.3557	3.2910
		14	-.91667*	.20989	.001	-1.3843	-.4490
	14	6	5.69000*	.20989	.000	5.2223	6.1577
		8	5.91667*	.20989	.000	5.4490	6.3843
		10	3.74000*	.20989	.000	3.2723	4.2077
		12	.91667*	.20989	.001	.4490	1.3843
DPPH	6	8	-7.14000*	.66329	.000	-8.6179	-5.6621
		10	-13.94000*	.66329	.000	-15.4179	-12.4621
		12	-14.79000*	.66329	.000	-16.2679	-13.3121
		14	-10.89333*	.66329	.000	-12.3712	-9.4154
	8	6	7.14000*	.66329	.000	5.6621	8.6179
		10	-6.80000*	.66329	.000	-8.2779	-5.3221
		12	-7.65000*	.66329	.000	-9.1279	-6.1721
		14	-3.75333*	.66329	.000	-5.2312	-2.2754
	10	6	13.94000*	.66329	.000	12.4621	15.4179
		8	6.80000*	.66329	.000	5.3221	8.2779
		12	-.85000	.66329	.229	-2.3279	.6279

		14	3.04667*	.66329	.001	1.5688	4.5246
	12	6	14.79000*	.66329	.000	13.3121	16.2679
		8	7.65000*	.66329	.000	6.1721	9.1279
		10	.85000	.66329	.229	-.6279	2.3279
		14	3.89667*	.66329	.000	2.4188	5.3746
	14	6	10.89333*	.66329	.000	9.4154	12.3712
		8	3.75333*	.66329	.000	2.2754	5.2312
		10	-3.04667*	.66329	.001	-4.5246	-1.5688
		12	-3.89667*	.66329	.000	-5.3746	-2.4188
TPC	6	8	-.45667	.22329	.068	-.9542	.0409
		10	-3.86333*	.22329	.000	-4.3609	-3.3658
		12	-2.71333*	.22329	.000	-3.2109	-2.2158
		14	-2.40000*	.22329	.000	-2.8975	-1.9025
	8	6	.45667	.22329	.068	-.0409	.9542
		10	-3.40667*	.22329	.000	-3.9042	-2.9091
		12	-2.25667*	.22329	.000	-2.7542	-1.7591
		14	-1.94333*	.22329	.000	-2.4409	-1.4458
	10	6	3.86333*	.22329	.000	3.3658	4.3609
		8	3.40667*	.22329	.000	2.9091	3.9042
		12	1.15000*	.22329	.000	.6525	1.6475
		14	1.46333*	.22329	.000	.9658	1.9609
	12	6	2.71333*	.22329	.000	2.2158	3.2109
		8	2.25667*	.22329	.000	1.7591	2.7542
		10	-1.15000*	.22329	.000	-1.6475	-.6525
		14	.31333	.22329	.191	-.1842	.8109
	14	6	2.40000*	.22329	.000	1.9025	2.8975
		8	1.94333*	.22329	.000	1.4458	2.4409
		10	-1.46333*	.22329	.000	-1.9609	-.9658
		12	-.31333	.22329	.191	-.8109	.1842
TFC	6	8	-.00667	.00558	.260	-.0191	.0058
		10	-.03667*	.00558	.000	-.0491	-.0242
		12	-.02333*	.00558	.002	-.0358	-.0109
		14	-.02333*	.00558	.002	-.0358	-.0109
	8	6	.00667	.00558	.260	-.0058	.0191
		10	-.03000*	.00558	.000	-.0424	-.0176
		12	-.01667*	.00558	.014	-.0291	-.0042
		14	-.01667*	.00558	.014	-.0291	-.0042
	10	6	.03667*	.00558	.000	.0242	.0491
		8	.03000*	.00558	.000	.0176	.0424
		12	.01333*	.00558	.038	.0009	.0258
		14	.01333*	.00558	.038	.0009	.0258
	12	6	.02333*	.00558	.002	.0109	.0358
		8	.01667*	.00558	.014	.0042	.0291
		10	-.01333*	.00558	.038	-.0258	-.0009
		14	.00000	.00558	1.000	-.0124	.0124
	14	6	.02333*	.00558	.002	.0109	.0358
		8	.01667*	.00558	.014	.0042	.0291
		10	-.01333*	.00558	.038	-.0258	-.0009
		12	.00000	.00558	1.000	-.0124	.0124
VitC	6	8	-.41667	.20689	.072	-.8777	.0443
		10	-1.93667*	.20689	.000	-2.3977	-1.4757
		12	-1.94333*	.20689	.000	-2.4043	-1.4823
		14	-1.06333*	.20689	.000	-1.5243	-.6023
	8	6	.41667	.20689	.072	-.0443	.8777
		10	-1.52000*	.20689	.000	-1.9810	-1.0590
		12	-1.52667*	.20689	.000	-1.9877	-1.0657
		14	-.64667*	.20689	.011	-1.1077	-.1857
	10	6	1.93667*	.20689	.000	1.4757	2.3977

	8	1.52000*	.20689	.000	1.0590	1.9810
	12	-.00667	.20689	.975	-.4677	.4543
	14	.87333*	.20689	.002	.4123	1.3343
12	6	1.94333*	.20689	.000	1.4823	2.4043
	8	1.52667*	.20689	.000	1.0657	1.9877
	10	.00667	.20689	.975	-.4543	.4677
	14	.88000*	.20689	.002	.4190	1.3410
14	6	1.06333*	.20689	.000	.6023	1.5243
	8	.64667*	.20689	.011	.1857	1.1077
	10	-.87333*	.20689	.002	-1.3343	-.4123
	12	-.88000*	.20689	.002	-1.3410	-.4190

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.2 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ dịch cô đặc lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Tỉ lệ dịch cô đặc	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
30%	Độ nhớt (mPas)	36,99	36,79	35,75
	DPPH (%)	55,95	54,58	55,95
	TPC (mg/g)	19,05	19,01	19,23
	TFC (mg/g)	0,25	0,24	0,25
	Vitamin C (mg/g)	25,12	24,87	24,93
35%	Độ nhớt (mPas)	36,77	36,77	36,77
	DPPH (%)	60,55	58,61	58,16
	TPC (mg/g)	21,04	21,39	21,13
	TFC (mg/g)	0,30	0,29	0,30
	Vitamin C (mg/g)	29,10	29,09	28,32
40%	Độ nhớt (mPas)	39,77	39,77	39,77
	DPPH (%)	60,97	59,3	58,87
	TPC (mg/g)	22,85	22,51	22,67
	TFC (mg/g)	0,30	0,32	0,32
	Vitamin C (mg/g)	30,01	29,95	30,78
45%	Độ nhớt (mPas)	30,79	30,79	30,79
	DPPH (%)	58,85	57,24	57,31
	TPC (mg/g)	22,85	22,91	22,71
	TFC (mg/g)	0,30	0,31	0,30
	Vitamin C (mg/g)	30,22	29,95	30,31

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DoNhot	Between Groups	126.621	3	42.207	380.924	.000
	Within Groups	.886	8	.111		
	Total	127.507	11			
DPPH	Between Groups	31.441	3	10.480	9.755	.005
	Within Groups	8.595	8	1.074		
	Total	40.036	11			
TPC	Between Groups	26.995	3	8.998	417.389	.000

	Within Groups	.172	8	.022		
	Total	27.167	11			
TFC	Between Groups	.008	3	.003	45.333	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.008	11			
VitC	Between Groups	55.036	3	18.345	157.269	.000
	Within Groups	.933	8	.117		
	Total	55.969	11			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) DichCoDac	(J) DichCoDac	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
DoNhot	30	35	-.26100	.27179	.365	-.8877	.3657
		40	-3.26067*	.27179	.000	-3.8874	-2.6339
		45	5.71967*	.27179	.000	5.0929	6.3464
	35	30	.26100	.27179	.365	-.3657	.8877
		40	-2.99967*	.27179	.000	-3.6264	-2.3729
		45	5.98067*	.27179	.000	5.3539	6.6074
	40	30	3.26067*	.27179	.000	2.6339	3.8874
		35	2.99967*	.27179	.000	2.3729	3.6264
		45	8.98033*	.27179	.000	8.3536	9.6071
	45	30	-5.71967*	.27179	.000	-6.3464	-5.0929
		35	-5.98067*	.27179	.000	-6.6074	-5.3539
		40	-8.98033*	.27179	.000	-9.6071	-8.3536
DPPH	30	35	-3.61333*	.84631	.003	-5.5649	-1.6617
		40	-4.22000*	.84631	.001	-6.1716	-2.2684
		45	-2.30667*	.84631	.026	-4.2583	-.3551
	35	30	3.61333*	.84631	.003	1.6617	5.5649
		40	-.60667	.84631	.494	-2.5583	1.3449
		45	1.30667	.84631	.161	-.6449	3.2583
	40	30	4.22000*	.84631	.001	2.2684	6.1716
		35	.60667	.84631	.494	-1.3449	2.5583
		45	1.91333	.84631	.054	-.0383	3.8649
	45	30	2.30667*	.84631	.026	.3551	4.2583
		35	-1.30667	.84631	.161	-3.2583	.6449
		40	-1.91333	.84631	.054	-3.8649	.0383
TPC	30	35	-2.09000*	.11988	.000	-2.3665	-1.8135
		40	-3.58000*	.11988	.000	-3.8565	-3.3035
		45	-3.72667*	.11988	.000	-4.0031	-3.4502
	35	30	2.09000*	.11988	.000	1.8135	2.3665
		40	-1.49000*	.11988	.000	-1.7665	-1.2135
		45	-1.63667*	.11988	.000	-1.9131	-1.3602
	40	30	3.58000*	.11988	.000	3.3035	3.8565
		35	1.49000*	.11988	.000	1.2135	1.7665
		45	-.14667	.11988	.256	-.4231	.1298
	45	30	3.72667*	.11988	.000	3.4502	4.0031

		35	1.63667*	.11988	.000	1.3602	1.9131
		40	.14667	.11988	.256	-.1298	.4231
TFC	30	35	-.05000*	.00624	.000	-.0644	-.0356
		40	-.06667*	.00624	.000	-.0810	-.0523
		45	-.05667*	.00624	.000	-.0710	-.0423
	35	30	.05000*	.00624	.000	.0356	.0644
		40	-.01667*	.00624	.028	-.0310	-.0023
		45	-.00667	.00624	.316	-.0210	.0077
	40	30	.06667*	.00624	.000	.0523	.0810
		35	.01667*	.00624	.028	.0023	.0310
		45	.01000	.00624	.147	-.0044	.0244
	45	30	.05667*	.00624	.000	.0423	.0710
		35	.00667	.00624	.316	-.0077	.0210
		40	-.01000	.00624	.147	-.0244	.0044
VitC	30	35	-3.86333*	.27887	.000	-4.5064	-3.2203
		40	-5.27333*	.27887	.000	-5.9164	-4.6303
		45	-5.18667*	.27887	.000	-5.8297	-4.5436
	35	30	3.86333*	.27887	.000	3.2203	4.5064
		40	-1.41000*	.27887	.001	-2.0531	-.7669
		45	-1.32333*	.27887	.001	-1.9664	-.6803
	40	30	5.27333*	.27887	.000	4.6303	5.9164
		35	1.41000*	.27887	.001	.7669	2.0531
		45	.08667	.27887	.764	-.5564	.7297
	45	30	5.18667*	.27887	.000	4.5436	5.8297
		35	1.32333*	.27887	.001	.6803	1.9664
		40	-.08667	.27887	.764	-.7297	.5564

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.3 Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên các đặc tính lý hoá của nhũ tương W/O

Tốc độ khuấy	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
300 rpm	Độ nhớt (mPas)	34,75	33,89	32,75
	DPPH (%)	60,23	59,02	60,19
	TPC (mg/g)	21,11	20,23	20,71
	TFC (mg/g)	0,28	0,28	0,27
	Vitamin C (mg/g)	28,15	28,11	28,25
500 rpm	Độ nhớt (mPas)	36,78	36,79	36,81
	DPPH (%)	61,58	59,61	60,72
	TPC (mg/g)	22,85	22,51	22,67
	TFC (mg/g)	0,30	0,32	0,32
	Vitamin C (mg/g)	30,01	29,95	30,78
700 rpm	Độ nhớt (mPas)	38,77	39,77	39,77
	DPPH (%)	65,75	65,08	63,65
	TPC (mg/g)	24,03	24,25	24,55
	TFC (mg/g)	0,32	0,35	0,35

900 rpm	Vitamin C (mg/g)	35,64	34,17	35,05
	Độ nhớt (mPas)	39,78	39,8	39,81
	DPPH (%)	54,98	54,01	54,24
	TPC (mg/g)	24,24	24,07	25,85
	TFC (mg/g)	0,34	0,33	0,33
	Vitamin C (mg/g)	33,55	33,29	34,07

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DoNhot	Between Groups	69.695	3	23.232	69.331	.000
	Within Groups	2.681	8	.335		
	Total	72.375	11			
DPPH	Between Groups	164.881	3	54.960	76.992	.000
	Within Groups	5.711	8	.714		
	Total	170.592	11			
TPC	Between Groups	27.959	3	9.320	28.325	.000
	Within Groups	2.632	8	.329		
	Total	30.591	11			
TFC	Between Groups	.007	3	.002	19.444	.000
	Within Groups	.001	8	.000		
	Total	.008	11			
VitC	Between Groups	86.692	3	28.897	125.042	.000
	Within Groups	1.849	8	.231		
	Total	88.541	11			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) TocDo	(J) TocDo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
DoNhot	300	500	-2.99667*	.47264	.000	-4.0866	-1.9068
		700	-5.64000*	.47264	.000	-6.7299	-4.5501
		900	-6.00000*	.47264	.000	-7.0899	-4.9101
	500	300	2.99667*	.47264	.000	1.9068	4.0866
		700	-2.64333*	.47264	.001	-3.7332	-1.5534
		900	-3.00333*	.47264	.000	-4.0932	-1.9134
	700	300	5.64000*	.47264	.000	4.5501	6.7299
		500	2.64333*	.47264	.001	1.5534	3.7332
		900	-.36000	.47264	.468	-1.4499	.7299
	900	300	6.00000*	.47264	.000	4.9101	7.0899
		500	3.00333*	.47264	.000	1.9134	4.0932
		700	.36000	.47264	.468	-.7299	1.4499
DPPH	300	500	-.82333	.68986	.267	-2.4141	.7675
		700	-5.01333*	.68986	.000	-6.6041	-3.4225

		900	5.40333*	.68986	.000	3.8125	6.9941
	500	300	.82333	.68986	.267	-.7675	2.4141
		700	-4.19000*	.68986	.000	-5.7808	-2.5992
		900	6.22667*	.68986	.000	4.6359	7.8175
	700	300	5.01333*	.68986	.000	3.4225	6.6041
		500	4.19000*	.68986	.000	2.5992	5.7808
		900	10.41667*	.68986	.000	8.8259	12.0075
	900	300	-5.40333*	.68986	.000	-6.9941	-3.8125
		500	-6.22667*	.68986	.000	-7.8175	-4.6359
		700	-10.41667*	.68986	.000	-12.0075	-8.8259
TPC	300	500	-1.99333*	.46835	.003	-3.0733	-.9133
		700	-3.26000*	.46835	.000	-4.3400	-2.1800
		900	-4.03667*	.46835	.000	-5.1167	-2.9567
	500	300	1.99333*	.46835	.003	.9133	3.0733
		700	-1.26667*	.46835	.027	-2.3467	-.1867
		900	-2.04333*	.46835	.002	-3.1233	-.9633
	700	300	3.26000*	.46835	.000	2.1800	4.3400
		500	1.26667*	.46835	.027	.1867	2.3467
		900	-.77667	.46835	.136	-1.8567	.3033
	900	300	4.03667*	.46835	.000	2.9567	5.1167
		500	2.04333*	.46835	.002	.9633	3.1233
		700	.77667	.46835	.136	-.3033	1.8567
TFC	300	500	-.03667*	.00913	.004	-.0577	-.0156
		700	-.06333*	.00913	.000	-.0844	-.0423
		900	-.05667*	.00913	.000	-.0777	-.0356
	500	300	.03667*	.00913	.004	.0156	.0577
		700	-.02667*	.00913	.019	-.0477	-.0056
		900	-.02000	.00913	.060	-.0411	.0011
	700	300	.06333*	.00913	.000	.0423	.0844
		500	.02667*	.00913	.019	.0056	.0477
		900	.00667	.00913	.486	-.0144	.0277
	900	300	.05667*	.00913	.000	.0356	.0777
		500	.02000	.00913	.060	-.0011	.0411
		700	-.00667	.00913	.486	-.0277	.0144
VitC	300	500	-2.07667*	.39251	.001	-2.9818	-1.1715
		700	-6.78333*	.39251	.000	-7.6885	-5.8782
		900	-5.46667*	.39251	.000	-6.3718	-4.5615
	500	300	2.07667*	.39251	.001	1.1715	2.9818
		700	-4.70667*	.39251	.000	-5.6118	-3.8015
		900	-3.39000*	.39251	.000	-4.2951	-2.4849
	700	300	6.78333*	.39251	.000	5.8782	7.6885
		500	4.70667*	.39251	.000	3.8015	5.6118
		900	1.31667*	.39251	.010	.4115	2.2218
	900	300	5.46667*	.39251	.000	4.5615	6.3718
		500	3.39000*	.39251	.000	2.4849	4.2951
		700	-1.31667*	.39251	.010	-2.2218	-.4115

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.4 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Tỉ lệ Tween 80:PG (v/v)	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
1:0	Kích thước hạt (μm)	0,31	0,38	0,37
	PI	0,27	0,25	0,23
	DPPH (%)	36,66	36,67	38,32
	TPC (mg/g)	3,60	3,64	3,53
	TFC (mg/g)	0,05	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	5,20	5,00	5,16
3:1	Kích thước hạt (μm)	0,45	0,45	0,45
	PI	0,35	0,38	0,29
	DPPH (%)	35,36	33,85	35,20
	TPC (mg/g)	3,07	3,08	3,08
	TFC (mg/g)	0,05	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	4,35	4,37	4,37
2:1	Kích thước hạt (μm)	0,45	0,54	0,49
	PI	0,24	0,27	0,3
	DPPH (%)	33,92	32,47	34,35
	TPC (mg/g)	2,94	2,95	2,97
	TFC (mg/g)	0,04	0,04	0,04
	Vitamin C (mg/g)	3,86	3,95	3,91
1:1	Kích thước hạt (μm)	0,49	0,48	0,47
	PI	0,31	0,36	0,37
	DPPH (%)	32,74	35,16	33,82
	TPC (mg/g)	2,41	2,38	2,41
	TFC (mg/g)	0,03	0,03	0,03
	Vitamin C (mg/g)	2,48	2,45	2,48
1:2	Kích thước hạt (μm)	1,39	1,39	1,41
	PI	0,71	0,76	0,89
	DPPH (%)	30,08	29,13	30,74
	TPC (mg/g)	2,12	1,95	1,96
	TFC (mg/g)	0,03	0,03	0,02
	Vitamin C (mg/g)	2,22	2,21	2,15

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KichThuocHat	Between Groups	2.213	4	.553	747.761	.000
	Within Groups	.007	10	.001		
	Total	2.221	14			
PI	Between Groups	.586	4	.147	56.062	.000
	Within Groups	.026	10	.003		
	Total	.612	14			
DPPH	Between Groups	81.777	4	20.444	21.767	.000
	Within Groups	9.392	10	.939		
	Total	91.169	14			
TPC	Between Groups	4.524	4	1.131	442.973	.000
	Within Groups	.026	10	.003		
	Total	4.550	14			
TFC	Between Groups	.001	4	.000	53.500	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.001	14			
VitC	Between Groups	18.726	4	4.682	1550.206	.000
	Within Groups	.030	10	.003		
	Total	18.757	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) ChatNhuHoa	(J) ChatNhuHoa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
KichThuocHat	1.0	1.1	-.12667*	.02221	.000	-.1762	-.0772
		1.2	-1.04333*	.02221	.000	-1.0928	-.9938
		2.1	-.14000*	.02221	.000	-.1895	-.0905
		3.1	-.09667*	.02221	.001	-.1462	-.0472
	1.1	1.0	.12667*	.02221	.000	.0772	.1762
		1.2	-.91667*	.02221	.000	-.9662	-.8672
		2.1	-.01333	.02221	.562	-.0628	.0362
		3.1	.03000	.02221	.207	-.0195	.0795
	1.2	1.0	1.04333*	.02221	.000	.9938	1.0928
		1.1	.91667*	.02221	.000	.8672	.9662
		2.1	.90333*	.02221	.000	.8538	.9528
		3.1	.94667*	.02221	.000	.8972	.9962
	2.1	1.0	.14000*	.02221	.000	.0905	.1895
		1.1	.01333	.02221	.562	-.0362	.0628
		1.2	-.90333*	.02221	.000	-.9528	-.8538
		3.1	.04333	.02221	.080	-.0062	.0928
	3.1	1.0	.09667*	.02221	.001	.0472	.1462
		1.1	-.03000	.02221	.207	-.0795	.0195
		1.2	-.94667*	.02221	.000	-.9962	-.8972
		2.1	-.04333	.02221	.080	-.0928	.0062

PI	1.0	1.1	-.09667*	.04174	.043	-.1897	-.0037
		1.2	-.53667*	.04174	.000	-.6297	-.4437
		2.1	-.02000	.04174	.642	-.1130	.0730
		3.1	-.09000	.04174	.056	-.1830	.0030
	1.1	1.0	.09667*	.04174	.043	.0037	.1897
		1.2	-.44000*	.04174	.000	-.5330	-.3470
		2.1	.07667	.04174	.096	-.0163	.1697
		3.1	.00667	.04174	.876	-.0863	.0997
	1.2	1.0	.53667*	.04174	.000	.4437	.6297
		1.1	.44000*	.04174	.000	.3470	.5330
		2.1	.51667*	.04174	.000	.4237	.6097
		3.1	.44667*	.04174	.000	.3537	.5397
	2.1	1.0	.02000	.04174	.642	-.0730	.1130
		1.1	-.07667	.04174	.096	-.1697	.0163
		1.2	-.51667*	.04174	.000	-.6097	-.4237
		3.1	-.07000	.04174	.124	-.1630	.0230
	3.1	1.0	.09000	.04174	.056	-.0030	.1830
		1.1	-.00667	.04174	.876	-.0997	.0863
		1.2	-.44667*	.04174	.000	-.5397	-.3537
		2.1	.07000	.04174	.124	-.0230	.1630
DPPH	1.0	1.1	3.31000*	.79130	.002	1.5469	5.0731
		1.2	7.23333*	.79130	.000	5.4702	8.9965
		2.1	3.63667*	.79130	.001	1.8735	5.3998
		3.1	2.41333*	.79130	.012	.6502	4.1765
	1.1	1.0	-3.31000*	.79130	.002	-5.0731	-1.5469
		1.2	3.92333*	.79130	.001	2.1602	5.6865
		2.1	.32667	.79130	.688	-1.4365	2.0898
		3.1	-.89667	.79130	.284	-2.6598	.8665
	1.2	1.0	-7.23333*	.79130	.000	-8.9965	-5.4702
		1.1	-3.92333*	.79130	.001	-5.6865	-2.1602
		2.1	-3.59667*	.79130	.001	-5.3598	-1.8335
		3.1	-4.82000*	.79130	.000	-6.5831	-3.0569
	2.1	1.0	-3.63667*	.79130	.001	-5.3998	-1.8735
		1.1	-.32667	.79130	.688	-2.0898	1.4365
		1.2	3.59667*	.79130	.001	1.8335	5.3598
		3.1	-1.22333	.79130	.153	-2.9865	.5398
	3.1	1.0	-2.41333*	.79130	.012	-4.1765	-.6502
		1.1	.89667	.79130	.284	-.8665	2.6598
		1.2	4.82000*	.79130	.000	3.0569	6.5831
		2.1	1.22333	.79130	.153	-.5398	2.9865
TPC	1.0	1.1	1.19000*	.04126	.000	1.0981	1.2819
		1.2	1.58000*	.04126	.000	1.4881	1.6719
		2.1	.63667*	.04126	.000	.5447	.7286
		3.1	.51333*	.04126	.000	.4214	.6053
	1.1	1.0	-1.19000*	.04126	.000	-1.2819	-1.0981
		1.2	.39000*	.04126	.000	.2981	.4819
		2.1	-.55333*	.04126	.000	-.6453	-.4614
		3.1	-.67667*	.04126	.000	-.7686	-.5847
	1.2	1.0	-1.58000*	.04126	.000	-1.6719	-1.4881
		1.1	-.39000*	.04126	.000	-.4819	-.2981
		2.1	-.94333*	.04126	.000	-1.0353	-.8514
		3.1	-1.06667*	.04126	.000	-1.1586	-.9747

TFC	2.1	1.0	-.63667*	.04126	.000	-.7286	-.5447
		1.1	.55333*	.04126	.000	.4614	.6453
		1.2	.94333*	.04126	.000	.8514	1.0353
		3.1	-.12333*	.04126	.014	-.2153	-.0314
	3.1	1.0	-.51333*	.04126	.000	-.6053	-.4214
		1.1	.67667*	.04126	.000	.5847	.7686
		1.2	1.06667*	.04126	.000	.9747	1.1586
		2.1	.12333*	.04126	.014	.0314	.2153
	1.0	1.1	.02000*	.00211	.000	.0153	.0247
		1.2	.02333*	.00211	.000	.0186	.0280
		2.1	.01000*	.00211	.001	.0053	.0147
		3.1	.00000	.00211	1.000	-.0047	.0047
	1.1	1.0	-.02000*	.00211	.000	-.0247	-.0153
		1.2	.00333	.00211	.145	-.0014	.0080
		2.1	-.01000*	.00211	.001	-.0147	-.0053
		3.1	-.02000*	.00211	.000	-.0247	-.0153
	1.2	1.0	-.02333*	.00211	.000	-.0280	-.0186
		1.1	-.00333	.00211	.145	-.0080	.0014
		2.1	-.01333*	.00211	.000	-.0180	-.0086
		3.1	-.02333*	.00211	.000	-.0280	-.0186
	2.1	1.0	-.01000*	.00211	.001	-.0147	-.0053
		1.1	.01000*	.00211	.001	.0053	.0147
		1.2	.01333*	.00211	.000	.0086	.0180
		3.1	-.01000*	.00211	.001	-.0147	-.0053
	3.1	1.0	.00000	.00211	1.000	-.0047	.0047
		1.1	.02000*	.00211	.000	.0153	.0247
		1.2	.02333*	.00211	.000	.0186	.0280
		2.1	.01000*	.00211	.001	.0053	.0147
VitC	1.0	1.1	2.65000*	.04487	.000	2.5500	2.7500
		1.2	2.92667*	.04487	.000	2.8267	3.0266
		2.1	1.21333*	.04487	.000	1.1134	1.3133
		3.1	.75667*	.04487	.000	.6567	.8566
	1.1	1.0	-2.65000*	.04487	.000	-2.7500	-2.5500
		1.2	.27667*	.04487	.000	.1767	.3766
		2.1	-1.43667*	.04487	.000	-1.5366	-1.3367
		3.1	-1.89333*	.04487	.000	-1.9933	-1.7934
	1.2	1.0	-2.92667*	.04487	.000	-3.0266	-2.8267
		1.1	-.27667*	.04487	.000	-.3766	-.1767
		2.1	-1.71333*	.04487	.000	-1.8133	-1.6134
		3.1	-2.17000*	.04487	.000	-2.2700	-2.0700
	2.1	1.0	-1.21333*	.04487	.000	-1.3133	-1.1134
		1.1	1.43667*	.04487	.000	1.3367	1.5366
		1.2	1.71333*	.04487	.000	1.6134	1.8133
		3.1	-.45667*	.04487	.000	-.5566	-.3567
	3.1	1.0	-.75667*	.04487	.000	-.8566	-.6567
		1.1	1.89333*	.04487	.000	1.7934	1.9933
		1.2	2.17000*	.04487	.000	2.0700	2.2700
		2.1	.45667*	.04487	.000	.3567	.5566

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.5 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ chất nhũ hóa lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Tỉ lệ Tween 80	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
10%	Kích thước hạt (μm)	0,80	0,77	0,78
	PI	0,63	0,59	0,53
	DPPH (%)	33,61	32,68	33,46
	TPC (mg/g)	2,64	2,65	2,65
	TFC (mg/g)	0,03	0,03	0,03
	Vitamin C (mg/g)	4,68	4,81	4,65
15%	Kích thước hạt (μm)	0,63	0,61	0,65
	PI	0,66	0,57	0,55
	DPPH (%)	33,96	35,02	36,56
	TPC (mg/g)	2,71	2,70	2,68
	TFC (mg/g)	0,04	0,04	0,04
	Vitamin C (mg/g)	5,08	5,11	5,07
20%	Kích thước hạt (μm)	0,43	0,48	0,47
	PI	0,59	0,36	0,42
	DPPH (%)	40,64	40,05	40,11
	TPC (mg/g)	3,60	3,64	3,53
	TFC (mg/g)	0,05	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	5,20	5,18	5,26
25%	Kích thước hạt (μm)	0,34	0,34	0,37
	PI	0,37	0,27	0,29
	DPPH (%)	53,04	53,26	53,44
	TPC (mg/g)	3,87	3,86	3,86
	TFC (mg/g)	0,06	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	6,92	6,75	6,81
30%	Kích thước hạt (μm)	0,37	0,37	0,35
	PI	0,34	0,30	0,33
	DPPH (%)	41,65	41,45	41,92
	TPC (mg/g)	3,07	3,05	3,05
	TFC (mg/g)	0,04	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	6,04	6,07	6,07

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KichThuocHat	Between Groups	.415	4	.104	293.887	.000
	Within Groups	.004	10	.000		
	Total	.419	14			
PI	Between Groups	.222	4	.055	11.835	.001
	Within Groups	.047	10	.005		
	Total	.269	14			
DPPH	Between Groups	733.573	4	183.393	424.580	.000
	Within Groups	4.319	10	.432		
	Total	737.892	14			
TPC	Between Groups	1.729	4	.432	3241.325	.000
	Within Groups	.001	10	.000		
	Total	1.730	14			
TFC	Between Groups	.001	4	.000	14.250	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.001	14			
VitC	Between Groups	2.020	4	.505	140.026	.000
	Within Groups	.036	10	.004		
	Total	2.056	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Tween80	(J) Tween80	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
KichThuocHat	10	15	.15333*	.01535	.000	.1191	.1875
		20	.32333*	.01535	.000	.2891	.3575
		25	.43333*	.01535	.000	.3991	.4675
		30	.42000*	.01535	.000	.3858	.4542
	15	10	-.15333*	.01535	.000	-.1875	-.1191
		20	.17000*	.01535	.000	.1358	.2042
		25	.28000*	.01535	.000	.2458	.3142
		30	.26667*	.01535	.000	.2325	.3009
	20	10	-.32333*	.01535	.000	-.3575	-.2891
		15	-.17000*	.01535	.000	-.2042	-.1358
		25	.11000*	.01535	.000	.0758	.1442
		30	.09667*	.01535	.000	.0625	.1309
	25	10	-.43333*	.01535	.000	-.4675	-.3991
		15	-.28000*	.01535	.000	-.3142	-.2458
		20	-.11000*	.01535	.000	-.1442	-.0758
		30	-.01333	.01535	.405	-.0475	.0209
	30	10	-.42000*	.01535	.000	-.4542	-.3858
		15	-.26667*	.01535	.000	-.3009	-.2325
		20	-.09667*	.01535	.000	-.1309	-.0625
		25	.01333	.01535	.405	-.0209	.0475

PI	10	15	-.01000	.05590	.862	-.1345	.1145
		20	.12667*	.05590	.047	.0021	.2512
		25	.27333*	.05590	.001	.1488	.3979
		30	.26000*	.05590	.001	.1355	.3845
	15	10	.01000	.05590	.862	-.1145	.1345
		20	.13667*	.05590	.035	.0121	.2612
		25	.28333*	.05590	.000	.1588	.4079
		30	.27000*	.05590	.001	.1455	.3945
	20	10	-.12667*	.05590	.047	-.2512	-.0021
		15	-.13667*	.05590	.035	-.2612	-.0121
		25	.14667*	.05590	.025	.0221	.2712
		30	.13333*	.05590	.038	.0088	.2579
	25	10	-.27333*	.05590	.001	-.3979	-.1488
		15	-.28333*	.05590	.000	-.4079	-.1588
		20	-.14667*	.05590	.025	-.2712	-.0221
		30	-.01333	.05590	.816	-.1379	.1112
	30	10	-.26000*	.05590	.001	-.3845	-.1355
		15	-.27000*	.05590	.001	-.3945	-.1455
		20	-.13333*	.05590	.038	-.2579	-.0088
		25	.01333	.05590	.816	-.1112	.1379
DPPH	10	15	-1.93000*	.53662	.005	-3.1257	-.7343
		20	-7.01667*	.53662	.000	-8.2123	-5.8210
		25	-19.99667*	.53662	.000	-21.1923	-18.8010
		30	-8.42333*	.53662	.000	-9.6190	-7.2277
	15	10	1.93000*	.53662	.005	.7343	3.1257
		20	-5.08667*	.53662	.000	-6.2823	-3.8910
		25	-18.06667*	.53662	.000	-19.2623	-16.8710
		30	-6.49333*	.53662	.000	-7.6890	-5.2977
	20	10	7.01667*	.53662	.000	5.8210	8.2123
		15	5.08667*	.53662	.000	3.8910	6.2823
		25	-12.98000*	.53662	.000	-14.1757	-11.7843
		30	-1.40667*	.53662	.026	-2.6023	-.2110
	25	10	19.99667*	.53662	.000	18.8010	21.1923
		15	18.06667*	.53662	.000	16.8710	19.2623
		20	12.98000*	.53662	.000	11.7843	14.1757
		30	11.57333*	.53662	.000	10.3777	12.7690
	30	10	8.42333*	.53662	.000	7.2277	9.6190
		15	6.49333*	.53662	.000	5.2977	7.6890
		20	1.40667*	.53662	.026	.2110	2.6023
		25	-11.57333*	.53662	.000	-12.7690	-10.3777
TPC	10	15	-.15000*	.00943	.000	-.1710	-.1290
		20	-.70000*	.00943	.000	-.7210	-.6790
		25	-.91667*	.00943	.000	-.9377	-.8957
		30	-.51000*	.00943	.000	-.5310	-.4890
	15	10	.15000*	.00943	.000	.1290	.1710
		20	-.55000*	.00943	.000	-.5710	-.5290
		25	-.76667*	.00943	.000	-.7877	-.7457
		30	-.36000*	.00943	.000	-.3810	-.3390
	20	10	.70000*	.00943	.000	.6790	.7210
		15	.55000*	.00943	.000	.5290	.5710
		25	-.21667*	.00943	.000	-.2377	-.1957
		30	.19000*	.00943	.000	.1690	.2110

TFC	25	10	.91667*	.00943	.000	.8957	.9377
		15	.76667*	.00943	.000	.7457	.7877
		20	.21667*	.00943	.000	.1957	.2377
		30	.40667*	.00943	.000	.3857	.4277
	30	10	.51000*	.00943	.000	.4890	.5310
		15	.36000*	.00943	.000	.3390	.3810
		20	-.19000*	.00943	.000	-.2110	-.1690
		25	-.40667*	.00943	.000	-.4277	-.3857
	10	15	-.01000*	.00298	.007	-.0166	-.0034
		20	-.01667*	.00298	.000	-.0233	-.0100
		25	-.02000*	.00298	.000	-.0266	-.0134
		30	-.01667*	.00298	.000	-.0233	-.0100
	15	10	.01000*	.00298	.007	.0034	.0166
		20	-.00667*	.00298	.049	-.0133	.0000
		25	-.01000*	.00298	.007	-.0166	-.0034
		30	-.00667*	.00298	.049	-.0133	.0000
	20	10	.01667*	.00298	.000	.0100	.0233
		15	.00667*	.00298	.049	.0000	.0133
		25	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
		30	.00000	.00298	1.000	-.0066	.0066
	25	10	.02000*	.00298	.000	.0134	.0266
		15	.01000*	.00298	.007	.0034	.0166
		20	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
		30	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
	30	10	.01667*	.00298	.000	.0100	.0233
		15	.00667*	.00298	.049	.0000	.0133
		20	.00000	.00298	1.000	-.0066	.0066
		25	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
VitC	10	15	-.37333*	.04904	.000	-.4826	-.2641
		20	-.59333*	.04904	.000	-.7026	-.4841
		25	-1.11333*	.04904	.000	-1.2226	-1.0041
		30	-.34667*	.04904	.000	-.4559	-.2374
	15	10	.37333*	.04904	.000	.2641	.4826
		20	-.22000*	.04904	.001	-.3293	-.1107
		25	-.74000*	.04904	.000	-.8493	-.6307
		30	.02667	.04904	.598	-.0826	.1359
	20	10	.59333*	.04904	.000	.4841	.7026
		15	.22000*	.04904	.001	.1107	.3293
		25	-.52000*	.04904	.000	-.6293	-.4107
		30	.24667*	.04904	.001	.1374	.3559
	25	10	1.11333*	.04904	.000	1.0041	1.2226
		15	.74000*	.04904	.000	.6307	.8493
		20	.52000*	.04904	.000	.4107	.6293
		30	.76667*	.04904	.000	.6574	.8759
	30	10	.34667*	.04904	.000	.2374	.4559
		15	-.02667	.04904	.598	-.1359	.0826
		20	-.24667*	.04904	.001	-.3559	-.1374
		25	-.76667*	.04904	.000	-.8759	-.6574

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.6 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ nhũ tương W/O lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Tỉ lệ nhũ W/O	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
15%	Kích thước hạt (μm)	0,34	0,33	0,33
	PI	0,29	0,26	0,29
	DPPH (%)	43,61	42,68	43,46
	TPC (mg/g)	3,87	3,86	3,86
	TFC (mg/g)	0,06	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	6,92	6,75	6,81
18%	Kích thước hạt (μm)	0,38	0,34	0,34
	PI	0,28	0,29	0,26
	DPPH (%)	43,96	45,02	46,56
	TPC (mg/g)	3,91	3,93	3,87
	TFC (mg/g)	0,06	0,06	0,06
	Vitamin C (mg/g)	7,11	7,15	7,14
21%	Kích thước hạt (μm)	0,37	0,34	0,34
	PI	0,37	0,37	0,34
	DPPH (%)	52,64	53,05	52,11
	TPC (mg/g)	4,57	4,52	4,58
	TFC (mg/g)	0,07	0,07	0,07
	Vitamin C (mg/g)	9,15	9,11	9,15
24%	Kích thước hạt (μm)	0,36	0,33	0,40
	PI	0,39	0,34	0,39
	DPPH (%)	60,04	60,26	61,44
	TPC (mg/g)	4,54	4,56	4,57
	TFC (mg/g)	0,07	0,07	0,07
	Vitamin C (mg/g)	9,09	9,15	9,18
27%	Kích thước hạt (μm)	0,44	0,40	0,43
	PI	0,41	0,42	0,40
	DPPH (%)	51,65	51,45	51,92
	TPC (mg/g)	4,53	4,58	4,57
	TFC (mg/g)	0,07	0,07	0,07
	Vitamin C (mg/g)	9,17	9,15	9,15

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KichThuocHat	Between Groups	.014	4	.004	7.059	.006
	Within Groups	.005	10	.001		
	Total	.019	14			
PI	Between Groups	.042	4	.011	29.764	.000
	Within Groups	.004	10	.000		
	Total	.046	14			
DPPH	Between Groups	564.406	4	141.101	251.694	.000
	Within Groups	5.606	10	.561		
	Total	570.012	14			
TPC	Between Groups	4.600	4	1.150	1960.045	.000
	Within Groups	.006	10	.001		
	Total	4.605	14			
TFC	Between Groups	.000	4	.000	4.250	.029
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.000	14			
VitC	Between Groups	17.007	4	4.252	1999.268	.000
	Within Groups	.021	10	.002		
	Total	17.028	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) W.O	(J) W.O	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
KichThuocHat	15	18	-.02000	.01838	.302	-.0610	.0210
		21	-.01667	.01838	.386	-.0576	.0243
		24	-.03000	.01838	.134	-.0710	.0110
		27	-.09000*	.01838	.001	-.1310	-.0490
	18	15	.02000	.01838	.302	-.0210	.0610
		21	.00333	.01838	.860	-.0376	.0443
		24	-.01000	.01838	.598	-.0510	.0310
		27	-.07000*	.01838	.003	-.1110	-.0290
	21	15	.01667	.01838	.386	-.0243	.0576
		18	-.00333	.01838	.860	-.0443	.0376
		24	-.01333	.01838	.485	-.0543	.0276
		27	-.07333*	.01838	.003	-.1143	-.0324
	24	15	.03000	.01838	.134	-.0110	.0710
		18	.01000	.01838	.598	-.0310	.0510
		21	.01333	.01838	.485	-.0276	.0543
		27	-.06000*	.01838	.009	-.1010	-.0190
	27	15	.09000*	.01838	.001	.0490	.1310
		18	.07000*	.01838	.003	.0290	.1110
		21	.07333*	.01838	.003	.0324	.1143
		24	.06000*	.01838	.009	.0190	.1010
PI	15	18	.00333	.01535	.832	-.0309	.0375

	21		-.08000*	.01535	.000	-.1142	-.0458
	24		-.09333*	.01535	.000	-.1275	-.0591
	27		-.13000*	.01535	.000	-.1642	-.0958
18	15		-.00333	.01535	.832	-.0375	.0309
	21		-.08333*	.01535	.000	-.1175	-.0491
	24		-.09667*	.01535	.000	-.1309	-.0625
	27		-.13333*	.01535	.000	-.1675	-.0991
21	15		.08000*	.01535	.000	.0458	.1142
	18		.08333*	.01535	.000	.0491	.1175
	24		-.01333	.01535	.405	-.0475	.0209
	27		-.05000*	.01535	.009	-.0842	-.0158
24	15		.09333*	.01535	.000	.0591	.1275
	18		.09667*	.01535	.000	.0625	.1309
	21		.01333	.01535	.405	-.0209	.0475
	27		-.03667*	.01535	.038	-.0709	-.0025
27	15		.13000*	.01535	.000	.0958	.1642
	18		.13333*	.01535	.000	.0991	.1675
	21		.05000*	.01535	.009	.0158	.0842
	24		.03667*	.01535	.038	.0025	.0709
DPPH	15	18	-1.93000*	.61134	.010	-3.2922	-.5678
		21	-9.35000*	.61134	.000	-10.7122	-7.9878
		24	-17.33000*	.61134	.000	-18.6922	-15.9678
		27	-8.42333*	.61134	.000	-9.7855	-7.0612
	18	15	1.93000*	.61134	.010	.5678	3.2922
		21	-7.42000*	.61134	.000	-8.7822	-6.0578
		24	-15.40000*	.61134	.000	-16.7622	-14.0378
		27	-6.49333*	.61134	.000	-7.8555	-5.1312
	21	15	9.35000*	.61134	.000	7.9878	10.7122
		18	7.42000*	.61134	.000	6.0578	8.7822
		24	-7.98000*	.61134	.000	-9.3422	-6.6178
		27	.92667	.61134	.161	-.4355	2.2888
	24	15	17.33000*	.61134	.000	15.9678	18.6922
		18	15.40000*	.61134	.000	14.0378	16.7622
		21	7.98000*	.61134	.000	6.6178	9.3422
		27	8.90667*	.61134	.000	7.5445	10.2688
	27	15	8.42333*	.61134	.000	7.0612	9.7855
		18	6.49333*	.61134	.000	5.1312	7.8555
		21	-.92667	.61134	.161	-2.2888	.4355
		24	-8.90667*	.61134	.000	-10.2688	-7.5445
TPC	15	18	-.74000*	.01978	.000	-.7841	-.6959
		21	-1.39333*	.01978	.000	-1.4374	-1.3493
		24	-1.39333*	.01978	.000	-1.4374	-1.3493
		27	-1.39667*	.01978	.000	-1.4407	-1.3526
	18	15	.74000*	.01978	.000	.6959	.7841
		21	-.65333*	.01978	.000	-.6974	-.6093
		24	-.65333*	.01978	.000	-.6974	-.6093
		27	-.65667*	.01978	.000	-.7007	-.6126
	21	15	1.39333*	.01978	.000	1.3493	1.4374
		18	.65333*	.01978	.000	.6093	.6974
		24	.00000	.01978	1.000	-.0441	.0441
		27	-.00333	.01978	.870	-.0474	.0407
	24	15	1.39333*	.01978	.000	1.3493	1.4374

		18	.65333*	.01978	.000	.6093	.6974
		21	.00000	.01978	1.000	-.0441	.0441
		27	-.00333	.01978	.870	-.0474	.0407
	27	15	1.39667*	.01978	.000	1.3526	1.4407
		18	.65667*	.01978	.000	.6126	.7007
		21	.00333	.01978	.870	-.0407	.0474
		24	.00333	.01978	.870	-.0407	.0474
TFC	15	18	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
		21	-.01000*	.00298	.007	-.0166	-.0034
		24	-.00667*	.00298	.049	-.0133	.0000
		27	-.01000*	.00298	.007	-.0166	-.0034
	18	15	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
		21	-.00667*	.00298	.049	-.0133	.0000
		24	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
		27	-.00667*	.00298	.049	-.0133	.0000
	21	15	.01000*	.00298	.007	.0034	.0166
		18	.00667*	.00298	.049	.0000	.0133
		24	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
		27	.00000	.00298	1.000	-.0066	.0066
	24	15	.00667*	.00298	.049	.0000	.0133
		18	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
		21	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
		27	-.00333	.00298	.290	-.0100	.0033
	27	15	.01000*	.00298	.007	.0034	.0166
		18	.00667*	.00298	.049	.0000	.0133
		21	.00000	.00298	1.000	-.0066	.0066
		24	.00333	.00298	.290	-.0033	.0100
VitC	15	18	-.30667*	.03765	.000	-.3906	-.2228
		21	-2.31000*	.03765	.000	-2.3939	-2.2261
		24	-2.31333*	.03765	.000	-2.3972	-2.2294
		27	-2.33000*	.03765	.000	-2.4139	-2.2461
	18	15	.30667*	.03765	.000	.2228	.3906
		21	-2.00333*	.03765	.000	-2.0872	-1.9194
		24	-2.00667*	.03765	.000	-2.0906	-1.9228
		27	-2.02333*	.03765	.000	-2.1072	-1.9394
	21	15	2.31000*	.03765	.000	2.2261	2.3939
		18	2.00333*	.03765	.000	1.9194	2.0872
		24	-.00333	.03765	.931	-.0872	.0806
		27	-.02000	.03765	.607	-.1039	.0639
	24	15	2.31333*	.03765	.000	2.2294	2.3972
		18	2.00667*	.03765	.000	1.9228	2.0906
		21	.00333	.03765	.931	-.0806	.0872
		27	-.01667	.03765	.667	-.1006	.0672
	27	15	2.33000*	.03765	.000	2.2461	2.4139
		18	2.02333*	.03765	.000	1.9394	2.1072
		21	.02000	.03765	.607	-.0639	.1039
		24	.01667	.03765	.667	-.0672	.1006

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 3.7 Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ khuấy lên sự hình thành nhũ tương W/O/W từ dịch chiết trái sơ ri cô đặc

Tốc độ khuấy	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
300 rpm	Kích thước hạt (μm)	0,56	0,55	0,55
	PI	0,56	0,57	0,51
	DPPH (%)	54,6	54,58	54,48
	TPC (mg/g)	3,65	3,54	3,57
	TFC (mg/g)	0,05	0,05	0,05
	Vitamin C (mg/g)	9,05	9,01	9,04
500 rpm	Kích thước hạt (μm)	0,42	0,43	0,38
	PI	0,49	0,47	0,50
	DPPH (%)	59,06	59,94	60,24
	TPC (mg/g)	4,57	4,52	4,58
	TFC (mg/g)	0,07	0,07	0,07
	Vitamin C (mg/g)	9,15	9,11	9,15
700 rpm	Kích thước hạt (μm)	0,35	0,36	0,36
	PI	0,33	0,38	0,29
	DPPH (%)	63,13	62,47	62,73
	TPC (mg/g)	5,63	5,71	5,61
	TFC (mg/g)	0,08	0,08	0,09
	Vitamin C (mg/g)	9,16	9,25	9,11
900 rpm	Kích thước hạt (μm)	0,31	0,31	0,30
	PI	0,28	0,27	0,29
	DPPH (%)	59,02	58,89	58,4
	TPC (mg/g)	5,61	5,58	5,43
	TFC (mg/g)	0,08	0,08	0,08
	Vitamin C (mg/g)	8,85	8,91	8,87

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KichThuocHat	Between Groups	.102	3	.034	170.111	.000
	Within Groups	.002	8	.000		
	Total	.104	11			
PI	Between Groups	.142	3	.047	55.673	.000
	Within Groups	.007	8	.001		
	Total	.149	11			
DPPH	Between Groups	103.922	3	34.641	231.826	.000
	Within Groups	1.195	8	.149		
	Total	105.117	11			
TPC	Between Groups	6.981	3	2.327	568.728	.000

	Within Groups	.033	8	.004		
	Total	7.014	11			
TFC	Between Groups	.001	3	.000	40.000	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.001	11			
VitC	Between Groups	.159	3	.053	30.545	.000
	Within Groups	.014	8	.002		
	Total	.173	11			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Tocdo	(J) Tocdo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
KichThuocHat	300	500	.14333*	.01155	.000	.1167	.1700
		700	.19667*	.01155	.000	.1700	.2233
		900	.24667*	.01155	.000	.2200	.2733
	500	300	-.14333*	.01155	.000	-.1700	-.1167
		700	.05333*	.01155	.002	.0267	.0800
		900	.10333*	.01155	.000	.0767	.1300
	700	300	-.19667*	.01155	.000	-.2233	-.1700
		500	-.05333*	.01155	.002	-.0800	-.0267
		900	.05000*	.01155	.003	.0234	.0766
	900	300	-.24667*	.01155	.000	-.2733	-.2200
		500	-.10333*	.01155	.000	-.1300	-.0767
		700	-.05000*	.01155	.003	-.0766	-.0234
PI	300	500	.06000*	.02380	.036	.0051	.1149
		700	.21333*	.02380	.000	.1584	.2682
		900	.26667*	.02380	.000	.2118	.3216
	500	300	-.06000*	.02380	.036	-.1149	-.0051
		700	.15333*	.02380	.000	.0984	.2082
		900	.20667*	.02380	.000	.1518	.2616
	700	300	-.21333*	.02380	.000	-.2682	-.1584
		500	-.15333*	.02380	.000	-.2082	-.0984
		900	.05333	.02380	.055	-.0016	.1082
	900	300	-.26667*	.02380	.000	-.3216	-.2118
		500	-.20667*	.02380	.000	-.2616	-.1518
		700	-.05333	.02380	.055	-.1082	.0016
DPPH	300	500	-5.19333*	.31562	.000	-5.9212	-4.4655
		700	-8.22333*	.31562	.000	-8.9512	-7.4955
		900	-4.21667*	.31562	.000	-4.9445	-3.4888
	500	300	5.19333*	.31562	.000	4.4655	5.9212
		700	-3.03000*	.31562	.000	-3.7578	-2.3022
		900	.97667*	.31562	.015	.2488	1.7045
	700	300	8.22333*	.31562	.000	7.4955	8.9512
		500	3.03000*	.31562	.000	2.3022	3.7578
		900	4.00667*	.31562	.000	3.2788	4.7345
	900	300	4.21667*	.31562	.000	3.4888	4.9445
		500	-.97667*	.31562	.015	-1.7045	-.2488

		700	-4.00667*	.31562	.000	-4.7345	-3.2788
TPC	300	500	.03000	.05223	.581	-.0904	.1504
		700	-1.56333*	.05223	.000	-1.6838	-1.4429
		900	-1.45333*	.05223	.000	-1.5738	-1.3329
	500	300	-.03000	.05223	.581	-.1504	.0904
		700	-1.59333*	.05223	.000	-1.7138	-1.4729
		900	-1.48333*	.05223	.000	-1.6038	-1.3629
	700	300	1.56333*	.05223	.000	1.4429	1.6838
		500	1.59333*	.05223	.000	1.4729	1.7138
		900	.11000	.05223	.068	-.0104	.2304
	900	300	1.45333*	.05223	.000	1.3329	1.5738
		500	1.48333*	.05223	.000	1.3629	1.6038
		700	-.11000	.05223	.068	-.2304	.0104
TFC	300	500	-.01000*	.00236	.003	-.0154	-.0046
		700	-.02333*	.00236	.000	-.0288	-.0179
		900	-.02000*	.00236	.000	-.0254	-.0146
	500	300	.01000*	.00236	.003	.0046	.0154
		700	-.01333*	.00236	.000	-.0188	-.0079
		900	-.01000*	.00236	.003	-.0154	-.0046
	700	300	.02333*	.00236	.000	.0179	.0288
		500	.01333*	.00236	.000	.0079	.0188
		900	.00333	.00236	.195	-.0021	.0088
	900	300	.02000*	.00236	.000	.0146	.0254
		500	.01000*	.00236	.003	.0046	.0154
		700	-.00333	.00236	.195	-.0088	.0021
VitC	300	500	-.10333*	.03399	.016	-.1817	-.0249
		700	-.14000*	.03399	.003	-.2184	-.0616
		900	.15667*	.03399	.002	.0783	.2351
	500	300	.10333*	.03399	.016	.0249	.1817
		700	-.03667	.03399	.312	-.1151	.0417
		900	.26000*	.03399	.000	.1816	.3384
	700	300	.14000*	.03399	.003	.0616	.2184
		500	.03667	.03399	.312	-.0417	.1151
		900	.29667*	.03399	.000	.2183	.3751
	900	300	-.15667*	.03399	.002	-.2351	-.0783
		500	-.26000*	.03399	.000	-.3384	-.1816
		700	-.29667*	.03399	.000	-.3751	-.2183

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 4. Kết quả xử lý thống kê: Vi bao bằng phương pháp sấy phun

Phụ lục 4.1 Khảo sát ảnh hưởng của vật liệu lõi lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Loại vật liệu lõi	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
Dịch sơ ri cô đặc	Độ ẩm bột (%)	5,38	5,38	5,38
	Tỷ trọng (g/mL)	0,25	0,21	0,23
	EY thu hồi bột (%)	35,07	32,07	32,07
	EY TPC (%)	21,52	21,46	21,39
	EY TFC (%)	15,95	17,42	15,45
	EY Vitamin C (%)	1,22	1,28	1,22
Nhũ tương sơ ri W/O/W	Độ ẩm bột (%)	3,94	3,94	3,94
	Tỷ trọng (g/mL)	0,23	0,22	0,22
	EY thu hồi bột (%)	50,82	50,84	50,83
	EY TPC (%)	26,02	26,02	26,03
	EY TFC (%)	15,50	15,47	15,61
	EY Vitamin C (%)	12,65	12,47	12,61

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	3.112	1	3.112	4667760.250	.000
	Within Groups	.000	4	.000		
	Total	3.112	5			
TyTrong	Between Groups	.000	1	.000	.308	.609
	Within Groups	.001	4	.000		
	Total	.001	5			
EY_THB	Between Groups	473.126	1	473.126	315.407	.000
	Within Groups	6.000	4	1.500		
	Total	479.127	5			
EY_TPC	Between Groups	31.282	1	31.282	14663.281	.000
	Within Groups	.009	4	.002		
	Total	31.290	5			
EY_TFC	Between Groups	.836	1	.836	1.587	.276
	Within Groups	2.108	4	.527		
	Total	2.944	5			
EY_VitC	Between Groups	192.780	1	192.780	38048.688	.000
	Within Groups	.020	4	.005		
	Total	192.800	5			

Pairwise Comparisons

Dependent Variable	(I) Loi	(J) Loi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
Am	DichCoDac	NhuWOW	1.440 [*]	.001	.000	1.438	1.442
	NhuWOW	DichCoDac	-1.440 [*]	.001	.000	-1.442	-1.438
EY_THB	DichCoDac	NhuWOW	-17.760 [*]	1.000	.000	-20.536	-14.984
	NhuWOW	DichCoDac	17.760 [*]	1.000	.000	14.984	20.536
EY_TPC	DichCoDac	NhuWOW	-4.567 [*]	.038	.000	-4.671	-4.462
	NhuWOW	DichCoDac	4.567 [*]	.038	.000	4.462	4.671
EY_TFC	DichCoDac	NhuWOW	.747	.593	.276	-.899	2.392
	NhuWOW	DichCoDac	-.747	.593	.276	-2.392	.899
EY_VitC	DichCoDac	NhuWOW	-11.337 [*]	.058	.000	-11.498	-11.175
	NhuWOW	DichCoDac	11.337 [*]	.058	.000	11.175	11.498

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Phụ lục 4.2 Khảo sát ảnh hưởng của thành phần vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Loại vật liệu vỏ bao	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
MD	Độ ẩm bột (%)	3,93	3,91	3,92
	Tỷ trọng (g/mL)	0.22	0.21	0.22
	EY thu hồi bột (%)	50,82	50,83	50,83
	EY TPC (%)	18,35	18,36	17,91
	EY TFC (%)	9,93	11,64	11,02
	EY Vitamin C (%)	8,80	8,79	8,80
2MD:1GA	Độ ẩm bột (%)	3,751	3,762	3,743
	Tỷ trọng (g/mL)	0.21	0.21	0.22
	EY thu hồi bột (%)	68,34	68,34	68,34
	EY TPC (%)	35,07	33,74	32,42
	EY TFC (%)	22,36	21,92	22,78
	EY Vitamin C (%)	24,45	24,45	24,45
1MD:1GA	Độ ẩm bột (%)	3,805	3,763	3,765
	Tỷ trọng (g/mL)	0.21	0.21	0.22
	EY thu hồi bột (%)	63,63	63,63	63,63
	EY TPC (%)	21,21	20,81	21,21
	EY TFC (%)	14,41	17,47	13,72
	EY Vitamin C (%)	17,34	17,34	17,34
1MD:2GA	Độ ẩm bột (%)	3,732	3,745	3,727
	Tỷ trọng (g/mL)	0.21	0.23	0.22
	EY thu hồi bột (%)	54,07	54,09	54,08
	EY TPC (%)	14,93	15,82	14,80

GA	EY TFC (%)	8,28	7,92	8,35
	EY Vitamin C (%)	14,10	14,10	14,10
	Độ ẩm bột (%)	3,869	3,855	3,861
	Tỷ trọng (g/mL)	0.23	0.20	0.23
	EY thu hồi bột (%)	52,21	52,20	52,21
	EY TPC (%)	16,54	18,09	17,91
	EY TFC (%)	7,46	7,99	8,14
	EY Vitamin C (%)	12,46	12,43	12,38

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	.074	4	.019	109.914	.000
	Within Groups	.002	10	.000		
	Total	.076	14			
TyTrong	Between Groups	.000	4	.000	.333	.849
	Within Groups	.001	10	.000		
	Total	.001	14			
EY_THB	Between Groups	716.182	4	179.046	3786691.114	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	716.183	14			
EY_TPC	Between Groups	647.942	4	161.985	279.057	.000
	Within Groups	5.805	10	.580		
	Total	653.747	14			
EY_TFC	Between Groups	439.173	4	109.793	107.850	.000
	Within Groups	10.180	10	1.018		
	Total	449.353	14			
EY_VitC	Between Groups	419.378	4	104.844	393310.752	.000
	Within Groups	.003	10	.000		
	Total	419.380	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Vo	(J) Vo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Am	MD	2MD:1GA	.1677*	.01062	.000	.1440	.1913
		1MD:1GA	.1420*	.01062	.000	.1183	.1657
		1MD:2GA	.1850*	.01062	.000	.1613	.2087
		GA	.0580*	.01062	.000	.0343	.0817
	2MD:1GA MD	MD	-.1677*	.01062	.000	-.1913	-.1440
		1MD:1GA	-.0257*	.01062	.036	-.0493	-.0020
		1MD:2GA	.0173	.01062	.134	-.0063	.0410
		GA	-.1097*	.01062	.000	-.1333	-.0860

	1MD:1GA	MD	-0.1420*	.01062	.000	-.1657	-.1183
		2MD:1GA	.0257*	.01062	.036	.0020	.0493
		1MD:2GA	.0430*	.01062	.002	.0193	.0667
		GA	-.0840*	.01062	.000	-.1077	-.0603
	1MD:2GA	MD	-.1850*	.01062	.000	-.2087	-.1613
		2MD:1GA	-.0173	.01062	.134	-.0410	.0063
		1MD:1GA	-.0430*	.01062	.002	-.0667	-.0193
		GA	-.1270*	.01062	.000	-.1507	-.1033
	GA	MD	-.0580*	.01062	.000	-.0817	-.0343
		2MD:1GA	.1097*	.01062	.000	.0860	.1333
		1MD:1GA	.0840*	.01062	.000	.0603	.1077
		1MD:2GA	.1270*	.01062	.000	.1033	.1507
EY_THB	MD	2MD:1GA	-17.5100*	.00561	.000	-17.5225	-17.4975
		1MD:1GA	-12.8015*	.00561	.000	-12.8140	-12.7890
		1MD:2GA	-3.2568*	.00561	.000	-3.2693	-3.2443
		GA	-1.3786*	.00561	.000	-1.3912	-1.3661
	2MD:1GA	MD	17.5100*	.00561	.000	17.4975	17.5225
		1MD:1GA	4.7084*	.00561	.000	4.6959	4.7209
		1MD:2GA	14.2531*	.00561	.000	14.2406	14.2656
		GA	16.1313*	.00561	.000	16.1188	16.1438
	1MD:1GA	MD	12.8015*	.00561	.000	12.7890	12.8140
		2MD:1GA	-4.7084*	.00561	.000	-4.7209	-4.6959
		1MD:2GA	9.5447*	.00561	.000	9.5322	9.5572
		GA	11.4229*	.00561	.000	11.4104	11.4354
	1MD:2GA	MD	3.2568*	.00561	.000	3.2443	3.2693
		2MD:1GA	-14.2531*	.00561	.000	-14.2656	-14.2406
		1MD:1GA	-9.5447*	.00561	.000	-9.5572	-9.5322
		GA	1.8782*	.00561	.000	1.8657	1.8907
	GA	MD	1.3786*	.00561	.000	1.3661	1.3912
		2MD:1GA	-16.1313*	.00561	.000	-16.1438	-16.1188
		1MD:1GA	-11.4229*	.00561	.000	-11.4354	-11.4104
		1MD:2GA	-1.8782*	.00561	.000	-1.8907	-1.8657
EY_TPC	MD	2MD:1GA	-15.5335*	.62208	.000	-16.9196	-14.1474
		1MD:1GA	-2.8711*	.62208	.001	-4.2572	-1.4850
		1MD:2GA	3.0225*	.62208	.001	1.6364	4.4085
		GA	.6912	.62208	.293	-.6949	2.0773
	2MD:1GA	MD	15.5335*	.62208	.000	14.1474	16.9196
		1MD:1GA	12.6624*	.62208	.000	11.2763	14.0484
		1MD:2GA	18.5559*	.62208	.000	17.1699	19.9420
		GA	16.2247*	.62208	.000	14.8386	17.6108
	1MD:1GA	MD	2.8711*	.62208	.001	1.4850	4.2572
		2MD:1GA	-12.6624*	.62208	.000	-14.0484	-11.2763
		1MD:2GA	5.8936*	.62208	.000	4.5075	7.2797
		GA	3.5623*	.62208	.000	2.1763	4.9484
	1MD:2GA	MD	-3.0225*	.62208	.001	-4.4085	-1.6364
		2MD:1GA	-18.5559*	.62208	.000	-19.9420	-17.1699
		1MD:1GA	-5.8936*	.62208	.000	-7.2797	-4.5075
		GA	-2.3312*	.62208	.004	-3.7173	-.9452
	GA	MD	-.6912	.62208	.293	-2.0773	.6949
		2MD:1GA	-16.2247*	.62208	.000	-17.6108	-14.8386
		1MD:1GA	-3.5623*	.62208	.000	-4.9484	-2.1763

		1MD:2GA	2.3312*	.62208	.004	.9452	3.7173
EY_TFC	MD	2MD:1GA	-11.4910*	.82382	.000	-13.3266	-9.6554
		1MD:1GA	-4.3357*	.82382	.000	-6.1713	-2.5001
		1MD:2GA	2.6778*	.82382	.009	.8422	4.5134
		GA	2.9980*	.82382	.005	1.1624	4.8336
	2MD:1GA MD		11.4910*	.82382	.000	9.6554	13.3266
		1MD:1GA	7.1553*	.82382	.000	5.3197	8.9909
		1MD:2GA	14.1688*	.82382	.000	12.3332	16.0044
		GA	14.4890*	.82382	.000	12.6534	16.3245
	1MD:1GA MD		4.3357*	.82382	.000	2.5001	6.1713
		2MD:1GA	-7.1553*	.82382	.000	-8.9909	-5.3197
		1MD:2GA	7.0135*	.82382	.000	5.1779	8.8491
		GA	7.3337*	.82382	.000	5.4981	9.1692
	1MD:2GA MD		-2.6778*	.82382	.009	-4.5134	-.8422
		2MD:1GA	-14.1688*	.82382	.000	-16.0044	-12.3332
		1MD:1GA	-7.0135*	.82382	.000	-8.8491	-5.1779
		GA	.3202	.82382	.706	-1.5154	2.1558
	GA MD		-2.9980*	.82382	.005	-4.8336	-1.1624
		2MD:1GA	-14.4890*	.82382	.000	-16.3245	-12.6534
		1MD:1GA	-7.3337*	.82382	.000	-9.1692	-5.4981
		1MD:2GA	-.3202	.82382	.706	-2.1558	1.5154
EY_VitC	MD	2MD:1GA	-15.6517*	.01333	.000	-15.6814	-15.6220
		1MD:1GA	-8.5459*	.01333	.000	-8.5756	-8.5162
		1MD:2GA	-5.3043*	.01333	.000	-5.3340	-5.2746
		GA	-3.6273*	.01333	.000	-3.6570	-3.5976
	2MD:1GA MD		15.6517*	.01333	.000	15.6220	15.6814
		1MD:1GA	7.1059*	.01333	.000	7.0762	7.1356
		1MD:2GA	10.3474*	.01333	.000	10.3177	10.3771
		GA	12.0244*	.01333	.000	11.9947	12.0541
	1MD:1GA MD		8.5459*	.01333	.000	8.5162	8.5756
		2MD:1GA	-7.1059*	.01333	.000	-7.1356	-7.0762
		1MD:2GA	3.2416*	.01333	.000	3.2119	3.2713
		GA	4.9185*	.01333	.000	4.8888	4.9482
	1MD:2GA MD		5.3043*	.01333	.000	5.2746	5.3340
		2MD:1GA	-10.3474*	.01333	.000	-10.3771	-10.3177
		1MD:1GA	-3.2416*	.01333	.000	-3.2713	-3.2119
		GA	1.6770*	.01333	.000	1.6473	1.7067
	GA MD		3.6273*	.01333	.000	3.5976	3.6570
		2MD:1GA	-12.0244*	.01333	.000	-12.0541	-11.9947
		1MD:1GA	-4.9185*	.01333	.000	-4.9482	-4.8888
		1MD:2GA	-1.6770*	.01333	.000	-1.7067	-1.6473

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Phụ lục 4.3 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ lõi và vỏ bao lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Tỉ lệ lõi:vỏ bao	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
1:1	Độ ẩm bột (%)	3,86	3,84	3,85
	Tỷ trọng (g/mL)	0,22	0,22	0,19
	EY thu hồi bột (%)	68,34	68,34	68,34
	EY TPC (%)	27,87	26,82	28,04
	EY TFC (%)	18,64	20,63	20,25
	EY Vitamin C (%)	21,15	21,04	21,07
1:1,5	Độ ẩm bột (%)	3,45	3,45	3,43
	Tỷ trọng (g/mL)	0,21	0,19	0,20
	EY thu hồi bột (%)	79,49	79,48	79,49
	EY TPC (%)	38,34	37,51	38,34
	EY TFC (%)	31,79	29,22	29,23
	EY Vitamin C (%)	21,19	22,85	20,97
1:2	Độ ẩm bột (%)	3,18	3,18	3,16
	Tỷ trọng (g/mL)	0,21	0,20	0,20
	EY thu hồi bột (%)	59,18	59,18	59,18
	EY TPC (%)	33,29	36,02	33,29
	EY TFC (%)	30,55	28,64	27,74
	EY Vitamin C (%)	12,23	10,96	12,37

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	.702	2	.351	3846.052	.000
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.702	8			
TyTrong	Between Groups	.000	2	.000	.538	.609
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.001	8			
EY_THB	Between Groups	620.411	2	310.206	21398094.028	.000
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	620.411	8			
EY_TPC	Between Groups	168.860	2	84.430	80.090	.000
	Within Groups	6.325	6	1.054		
	Total	175.185	8			
EY_TFC	Between Groups	189.603	2	94.802	52.935	.000
	Within Groups	10.745	6	1.791		
	Total	200.348	8			
EY_VitC	Between Groups	181.915	2	90.958	164.652	.000
	Within Groups	3.315	6	.552		
	Total	185.230	8			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Loi.Vo	(J) Loi.Vo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Am	1:1	1:1,5	.4107*	.00780	.000	.3916	.4297
		1:2	.6790*	.00780	.000	.6599	.6981
	1:1,5	1:1	-.4107*	.00780	.000	-.4297	-.3916
		1:2	.2683*	.00780	.000	.2493	.2874
	1:2	1:1	-.6790*	.00780	.000	-.6981	-.6599
		1:1,5	-.2683*	.00780	.000	-.2874	-.2493
EY_THB	1:1	1:1,5	-11.1513*	.00311	.000	-11.1589	-11.1437
		1:2	9.1533*	.00311	.000	9.1457	9.1609
	1:1,5	1:1	11.1513*	.00311	.000	11.1437	11.1589
		1:2	20.3046*	.00311	.000	20.2970	20.3122
	1:2	1:1	-9.1533*	.00311	.000	-9.1609	-9.1457
		1:1,5	-20.3046*	.00311	.000	-20.3122	-20.2970
EY_TPC	1:1	1:1,5	-10.4894*	.83833	.000	-12.5407	-8.4381
		1:2	-6.6266*	.83833	.000	-8.6779	-4.5753
	1:1,5	1:1	10.4894*	.83833	.000	8.4381	12.5407
		1:2	3.8627*	.83833	.004	1.8114	5.9140
	1:2	1:1	6.6266*	.83833	.000	4.5753	8.6779
		1:1,5	-3.8627*	.83833	.004	-5.9140	-1.8114
EY_TFC	1:1	1:1,5	-10.2422*	1.09268	.000	-12.9159	-7.5686
		1:2	-9.1366*	1.09268	.000	-11.8103	-6.4629
	1:1,5	1:1	10.2422*	1.09268	.000	7.5686	12.9159
		1:2	1.1057	1.09268	.351	-1.5680	3.7794
	1:2	1:1	9.1366*	1.09268	.000	6.4629	11.8103
		1:1,5	-1.1057	1.09268	.351	-3.7794	1.5680
EY_VitC	1:1	1:1,5	-.5841	.60686	.373	-2.0690	.9009
		1:2	9.2317*	.60686	.000	7.7468	10.7166
	1:1,5	1:1	.5841	.60686	.373	-.9009	2.0690
		1:2	9.8158*	.60686	.000	8.3308	11.3007
	1:2	1:1	-9.2317*	.60686	.000	-10.7166	-7.7468
		1:1,5	-9.8158*	.60686	.000	-11.3007	-8.3308

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .552.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Phụ lục 4.4 Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu vào lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Nhiệt độ đầu vào	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
140 °C	Độ ẩm bột (%)	3,48	3,45	3,47
	Tỷ trọng (g/mL)	0.22	0.28	0.24
	EY thu hồi bột (%)	71,59	71,48	71,15
	EY TPC (%)	23,58	22,49	27,62
	EY TFC (%)	18,56	18,53	19,81
	EY Vitamin C (%)	18,08	19,25	19,13

150 °C	Độ ẩm bột (%)	3,46	3,44	3,46
	Tỷ trọng (g/mL)	0.20	0.21	0.23
	EY thu hồi bột (%)	79,49	79,49	79,49
	EY TPC (%)	47,69	46,44	49,56
	EY TFC (%)	33,36	35,33	34,21
	EY Vitamin C (%)	23,16	24,71	24,71
160 °C	Độ ẩm bột (%)	3,32	3,31	3,29
	Tỷ trọng (g/mL)	0.19	0.22	0.21
	EY thu hồi bột (%)	79,49	79,48	79,49
	EY TPC (%)	47,69	46,44	48,63
	EY TFC (%)	31,79	29,22	26,89
	EY Vitamin C (%)	19,48	21,04	19,28
170 °C	Độ ẩm bột (%)	3,30	3,31	3,31
	Tỷ trọng (g/mL)	0.22	0.20	0.21
	EY thu hồi bột (%)	82,91	82,91	82,91
	EY TPC (%)	35,11	32,60	32,19
	EY TFC (%)	25,59	25,59	26,24
	EY Vitamin C (%)	18,91	20,17	20,17
180 °C	Độ ẩm bột (%)	3,28	3,26	3,27
	Tỷ trọng (g/mL)	0.24	0.22	0.22
	EY thu hồi bột (%)	80,92	80,92	80,92
	EY TPC (%)	34,27	31,82	34,27
	EY TFC (%)	20,98	19,98	17,41
	EY Vitamin C (%)	18,43	19,65	19,65

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	.102	4	.026	243.197	.000
	Within Groups	.001	10	.000		
	Total	.103	14			
TyTrong	Between Groups	.004	4	.000	2.704	.092
	Within Groups	.003	10	.000		
	Total	.007	14			
EY_THB	Between Groups	230.783	4	57.696	5463.957	.000
	Within Groups	.106	10	.011		
	Total	230.889	14			
EY_TPC	Between Groups	1233.286	4	308.321	99.459	.000
	Within Groups	31.000	10	3.100		
	Total	1264.286	14			
EY_TFC	Between Groups	513.415	4	128.354	58.067	.000

	Within Groups	22.104	10	2.210		
	Total	535.519	14			
EY_VitC	Between Groups	56.584	4	14.146	22.308	.000
	Within Groups	6.341	10	.634		
	Total	62.925	14			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) NhietDauVao	(J) NhietDauVao	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Am	140	150	.0150	.00838	.104	-.0037	.0337
		160	.1610*	.00838	.000	.1423	.1797
		170	.1647*	.00838	.000	.1460	.1833
		180	.1963*	.00838	.000	.1777	.2150
	150	140	-.0150	.00838	.104	-.0337	.0037
		160	.1460*	.00838	.000	.1273	.1647
		170	.1497*	.00838	.000	.1310	.1683
		180	.1813*	.00838	.000	.1627	.2000
	160	140	-.1610*	.00838	.000	-.1797	-.1423
		150	-.1460*	.00838	.000	-.1647	-.1273
		170	.0037	.00838	.671	-.0150	.0223
		180	.0353*	.00838	.002	.0167	.0540
	170	140	-.1647*	.00838	.000	-.1833	-.1460
		150	-.1497*	.00838	.000	-.1683	-.1310
		160	-.0037	.00838	.671	-.0223	.0150
		180	.0317*	.00838	.004	.0130	.0503
	180	140	-.1963*	.00838	.000	-.2150	-.1777
		150	-.1813*	.00838	.000	-.2000	-.1627
		160	-.0353*	.00838	.002	-.0540	-.0167
		170	-.0317*	.00838	.004	-.0503	-.0130
EY_THB	140	150	-8.0787*	.08390	.000	-8.2656	-7.8917
		160	-8.0801*	.08390	.000	-8.2671	-7.8932
		170	-11.4990*	.08390	.000	-11.6860	-11.3121
		180	-9.5091*	.08390	.000	-9.6960	-9.3221
	150	140	8.0787*	.08390	.000	7.8917	8.2656
		160	-.0014	.08390	.987	-.1884	.1855
		170	-3.4203*	.08390	.000	-3.6073	-3.2334
		180	-1.4304*	.08390	.000	-1.6173	-1.2435
	160	140	8.0801*	.08390	.000	7.8932	8.2671
		150	.0014	.08390	.987	-.1855	.1884
		170	-3.4189*	.08390	.000	-3.6058	-3.2319
		180	-1.4290*	.08390	.000	-1.6159	-1.2420
	170	140	11.4990*	.08390	.000	11.3121	11.6860
		150	3.4203*	.08390	.000	3.2334	3.6073
		160	3.4189*	.08390	.000	3.2319	3.6058
		180	1.9899*	.08390	.000	1.8030	2.1769
	180	140	9.5091*	.08390	.000	9.3221	9.6960

		150	1.4304*	.08390	.000	1.2435	1.6173
		160	1.4290*	.08390	.000	1.2420	1.6159
		170	-1.9899*	.08390	.000	-2.1769	-1.8030
EY_TPC	140	150	-23.3333*	1.43758	.000	-26.5364	-20.1301
		160	-23.0225*	1.43758	.000	-26.2256	-19.8193
		170	-8.7365*	1.43758	.000	-11.9396	-5.5334
		180	-8.8892*	1.43758	.000	-12.0923	-5.6860
	150	140	23.3333*	1.43758	.000	20.1301	26.5364
		160	.3108	1.43758	.833	-2.8923	3.5139
		170	14.5968*	1.43758	.000	11.3936	17.7999
		180	14.4441*	1.43758	.000	11.2410	17.6472
	160	140	23.0225*	1.43758	.000	19.8193	26.2256
		150	-.3108	1.43758	.833	-3.5139	2.8923
		170	14.2860*	1.43758	.000	11.0828	17.4891
		180	14.1333*	1.43758	.000	10.9302	17.3365
	170	140	8.7365*	1.43758	.000	5.5334	11.9396
		150	-14.5968*	1.43758	.000	-17.7999	-11.3936
		160	-14.2860*	1.43758	.000	-17.4891	-11.0828
		180	-.1527	1.43758	.918	-3.3558	3.0505
	180	140	8.8892*	1.43758	.000	5.6860	12.0923
		150	-14.4441*	1.43758	.000	-17.6472	-11.2410
		160	-14.1333*	1.43758	.000	-17.3365	-10.9302
		170	.1527	1.43758	.918	-3.0505	3.3558
EY_TFC	140	150	-15.3313*	1.21393	.000	-18.0361	-12.6264
		160	-10.3322*	1.21393	.000	-13.0370	-7.6274
		170	-6.8354*	1.21393	.000	-9.5402	-4.1306
		180	-.4878	1.21393	.696	-3.1926	2.2170
	150	140	15.3313*	1.21393	.000	12.6264	18.0361
		160	4.9990*	1.21393	.002	2.2942	7.7039
		170	8.4959*	1.21393	.000	5.7911	11.2007
		180	14.8434*	1.21393	.000	12.1386	17.5482
	160	140	10.3322*	1.21393	.000	7.6274	13.0370
		150	-4.9990*	1.21393	.002	-7.7039	-2.2942
		170	3.4968*	1.21393	.016	.7920	6.2016
		180	9.8444*	1.21393	.000	7.1396	12.5492
	170	140	6.8354*	1.21393	.000	4.1306	9.5402
		150	-8.4959*	1.21393	.000	-11.2007	-5.7911
		160	-3.4968*	1.21393	.016	-6.2016	-.7920
		180	6.3476*	1.21393	.000	3.6428	9.0524
	180	140	.4878	1.21393	.696	-2.2170	3.1926
		150	-14.8434*	1.21393	.000	-17.5482	-12.1386
		160	-9.8444*	1.21393	.000	-12.5492	-7.1396
		170	-6.3476*	1.21393	.000	-9.0524	-3.6428
EY_VitC	140	150	-5.3740*	.65018	.000	-6.8227	-3.9253
		160	-1.1139	.65018	.117	-2.5626	.3348
		170	-.9320	.65018	.182	-2.3807	.5167
		180	-.4250	.65018	.528	-1.8737	1.0237
	150	140	5.3740*	.65018	.000	3.9253	6.8227
		160	4.2601*	.65018	.000	2.8114	5.7088
		170	4.4420*	.65018	.000	2.9933	5.8907
		180	4.9490*	.65018	.000	3.5003	6.3977

160	140	1.1139	.65018	.117	-.3348	2.5626
	150	-4.2601*	.65018	.000	-5.7088	-2.8114
	170	.1818	.65018	.785	-1.2669	1.6305
	180	.6888	.65018	.314	-.7599	2.1375
170	140	.9320	.65018	.182	-.5167	2.3807
	150	-4.4420*	.65018	.000	-5.8907	-2.9933
	160	-.1818	.65018	.785	-1.6305	1.2669
	180	.5070	.65018	.454	-.9417	1.9557
180	140	.4250	.65018	.528	-1.0237	1.8737
	150	-4.9490*	.65018	.000	-6.3977	-3.5003
	160	-.6888	.65018	.314	-2.1375	.7599
	170	-.5070	.65018	.454	-1.9557	.9417

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .634.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Phụ lục 4.5 Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đầu ra lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Nhiệt độ đầu ra	Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
65 °C	Độ ẩm bột (%)	4,77	4,75	4,76
	Tỷ trọng (g/mL)	0.23	0.20	0.19
	EY thu hồi bột (%)	69,57	69,57	69,57
	EY TPC (%)	29,68	23,82	24,50
	EY TFC (%)	18,66	20,87	23,80
	EY Vitamin C (%)	10,98	11,41	11,08
75 °C	Độ ẩm bột (%)	4,56	4,55	4,54
	Tỷ trọng (g/mL)	0.22	0.18	0.21
	EY thu hồi bột (%)	71,67	71,67	71,67
	EY TPC (%)	30,58	31,42	25,24
	EY TFC (%)	24,47	25,08	28,29
	EY Vitamin C (%)	21,89	22,73	22,08
85 °C	Độ ẩm bột (%)	3,47	3,46	3,46
	Tỷ trọng (g/mL)	0.23	0.18	0.18
	EY thu hồi bột (%)	85,66	85,80	85,67
	EY TPC (%)	49,11	50,54	47,06
	EY TFC (%)	33,43	34,32	38,33
	EY Vitamin C (%)	26,78	27,85	27,01
95 °C	Độ ẩm bột (%)	3,40	3,39	3,38
	Tỷ trọng (g/mL)	0.23	0.20	0.19
	EY thu hồi bột (%)	86,39	86,45	86,47
	EY TPC (%)	44,92	42,64	47,50
	EY TFC (%)	27,39	28,10	34,13
	EY Vitamin C (%)	25,45	26,18	25,43

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	4.610	3	1.537	29884.962	.000
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	4.610	11			
TyTrong	Between Groups	.000	3	.000	.093	.962
	Within Groups	.004	8	.000		
	Total	.004	11			
EY_THB	Between Groups	724.096	3	241.365	119475.017	.000
	Within Groups	.016	8	.002		
	Total	724.112	11			
EY_TPC	Between Groups	1168.547	3	389.516	51.082	.000
	Within Groups	61.002	8	7.625		
	Total	1229.549	11			
EY_TFC	Between Groups	327.933	3	109.311	13.938	.002
	Within Groups	62.743	8	7.843		
	Total	390.676	11			
EY_VitC	Between Groups	473.112	3	157.704	847.494	.000
	Within Groups	1.489	8	.186		
	Total	474.600	11			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) NhietDauRa	(J) NhietDauRa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Am	65	75	.2090*	.00585	.000	.1955	.2225
		85	1.2977*	.00585	.000	1.2842	1.3112
		95	1.3707*	.00585	.000	1.3572	1.3842
	75	65	-.2090*	.00585	.000	-.2225	-.1955
		85	1.0887*	.00585	.000	1.0752	1.1022
		95	1.1617*	.00585	.000	1.1482	1.1752
	85	65	-1.2977*	.00585	.000	-1.3112	-1.2842
		75	-1.0887*	.00585	.000	-1.1022	-1.0752
		95	.0730*	.00585	.000	.0595	.0865
	95	65	-1.3707*	.00585	.000	-1.3842	-1.3572
		75	-1.1617*	.00585	.000	-1.1752	-1.1482
		85	-.0730*	.00585	.000	-.0865	-.0595
EY_THB	65	75	-2.1040*	.03670	.000	-2.1886	-2.0194
		85	-16.1466*	.03670	.000	-16.2313	-16.0620
		95	-16.8695*	.03670	.000	-16.9542	-16.7849
	75	65	2.1040*	.03670	.000	2.0194	2.1886
		85	-14.0426*	.03670	.000	-14.1273	-13.9580
		95	-14.7655*	.03670	.000	-14.8502	-14.6809
	85	65	16.1466*	.03670	.000	16.0620	16.2313
		75	14.0426*	.03670	.000	13.9580	14.1273

		95		-.7229*	.03670	.000	-.8075	-.6383
	95	65		16.8695*	.03670	.000	16.7849	16.9542
		75		14.7655*	.03670	.000	14.6809	14.8502
		85		.7229*	.03670	.000	.6383	.8075
EY_TPC	65	75		-3.0772	2.25466	.209	-8.2765	2.1220
		85		-22.9047*	2.25466	.000	-28.1040	-17.7054
		95		-19.0170*	2.25466	.000	-24.2163	-13.8178
	75	65		3.0772	2.25466	.209	-2.1220	8.2765
		85		-19.8275*	2.25466	.000	-25.0267	-14.6282
		95		-15.9398*	2.25466	.000	-21.1391	-10.7406
	85	65		22.9047*	2.25466	.000	17.7054	28.1040
		75		19.8275*	2.25466	.000	14.6282	25.0267
		95		3.8877	2.25466	.123	-1.3116	9.0869
	95	65		19.0170*	2.25466	.000	13.8178	24.2163
		75		15.9398*	2.25466	.000	10.7406	21.1391
		85		-3.8877	2.25466	.123	-9.0869	1.3116
EY_TFC	65	75		-4.8385	2.28661	.067	-10.1114	.4345
		85		-14.2483*	2.28661	.000	-19.5213	-8.9754
		95		-8.7624*	2.28661	.005	-14.0353	-3.4895
	75	65		4.8385	2.28661	.067	-.4345	10.1114
		85		-9.4099*	2.28661	.003	-14.6828	-4.1370
		95		-3.9240	2.28661	.124	-9.1969	1.3490
	85	65		14.2483*	2.28661	.000	8.9754	19.5213
		75		9.4099*	2.28661	.003	4.1370	14.6828
		95		5.4859*	2.28661	.043	.2130	10.7589
	95	65		8.7624*	2.28661	.005	3.4895	14.0353
		75		3.9240	2.28661	.124	-1.3490	9.1969
		85		-5.4859*	2.28661	.043	-10.7589	-.2130
EY_VitC	65	75		-11.0742*	.35221	.000	-11.8864	-10.2620
		85		-16.0593*	.35221	.000	-16.8715	-15.2471
		95		-14.5307*	.35221	.000	-15.3429	-13.7185
	75	65		11.0742*	.35221	.000	10.2620	11.8864
		85		-4.9852*	.35221	.000	-5.7974	-4.1730
		95		-3.4565*	.35221	.000	-4.2687	-2.6443
	85	65		16.0593*	.35221	.000	15.2471	16.8715
		75		4.9852*	.35221	.000	4.1730	5.7974
		95		1.5287*	.35221	.002	.7164	2.3409
	95	65		14.5307*	.35221	.000	13.7185	15.3429
		75		3.4565*	.35221	.000	2.6443	4.2687
		85		-1.5287*	.35221	.002	-2.3409	-.7164

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .186.

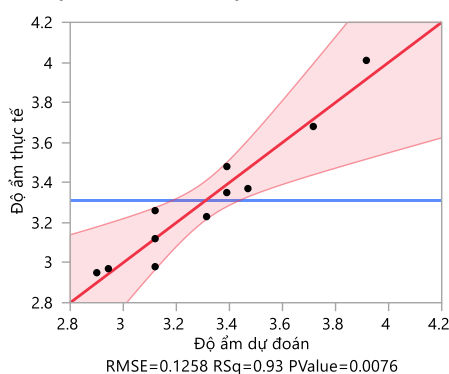
*. The mean difference is significant at the .05 level.

Phụ lục 4.6 Tối ưu hóa nhiệt độ đầu vào và nhiệt độ đầu ra trong quá trình sấy phun nhũ tương sơ ri

4.6.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào và đầu ra lên tỷ trọng bột

Mô hình	Nhiệt độ đầu vào (°C)	Nhiệt độ đầu ra (°C)	Tỷ trọng bột (g/mL)		
			Lần 1	Lần 2	Lần 3
0a	155	83	0,24	0,22	0,21
—	150	85	0,21	0,23	0,21
+—	160	85	0,21	0,23	0,21
a0	148	90	0,24	0,22	0,22
0	155	90	0,24	0,23	0,21
0	155	90	0,24	0,22	0,21
0	155	90	0,23	0,23	0,22
A0	162	90	0,24	0,22	0,21
—+	150	95	0,24	0,22	0,22
++	160	95	0,21	0,23	0,21
0A	155	97	0,21	0,23	0,21

4.6.2 Mối tương quan giữa độ ẩm trên thực tế và mô hình dự đoán



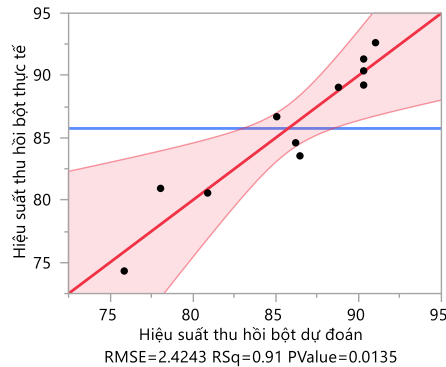
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	0.9809694	0.196194	12.3983
Error	5	0.0791215	0.015824	Prob > F
C. Total	10	1.0600909		0.0076*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	3.12	0.072628	42.96	<.0001*
Nhiệt độ đầu vào(150,160)	-0.173211	0.044475	-3.89	0.0115*
Nhiệt độ đầu ra(85,95)	-0.212886	0.044475	-4.79	0.0049*
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu ra	-0.05	0.062897	-0.79	0.4627
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu vào	0.0125	0.052936	0.24	0.8227
Nhiệt độ đầu ra*Nhiệt độ đầu ra	0.2475	0.052936	4.68	0.0055*

4.6.3 Mối tương quan giữa hiệu suất thu hồi bột trên thực tế và mô hình dự đoán



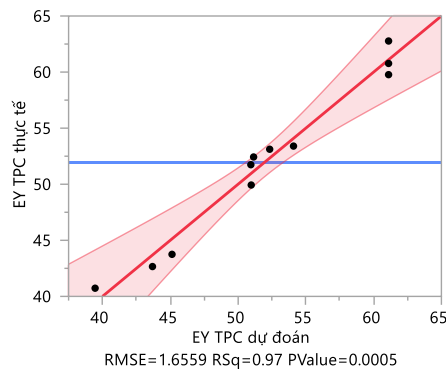
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	281.20570	56.2411	9.5692
Error	5	29.38659	5.8773	Prob > F
C. Total	10	310.59229		0.0135*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	90.306667	1.399681	64.52	<.0001*
Nhiệt độ đầu vào(150,160)	4.5706885	0.857126	5.33	0.0031*
Nhiệt độ đầu ra(85,95)	-0.494921	0.857126	-0.58	0.5887
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu ra	-1.915	1.212159	-1.58	0.1750
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu vào	-3.992083	1.020184	-3.91	0.0113*
Nhiệt độ đầu ra*Nhiệt độ đầu ra	-2.272083	1.020184	-2.23	0.0764

4.6.4 Mối tương quan giữa EY TPC trên thực tế và mô hình dự đoán



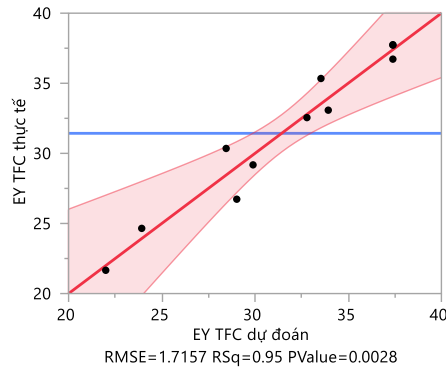
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	529.55229	105.910	38.6236
Error	5	13.71058	2.742	Prob > F
C. Total	10	543.26287		0.0005*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	61.103333	0.956054	63.91	<.0001*
Nhiệt độ đầu vào(150,160)	4.0613114	0.585461	6.94	0.0010*
Nhiệt độ đầu ra(85,95)	0.4194759	0.585461	0.72	0.5058
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu ra	1.14	0.827967	1.38	0.2270
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu vào	-7.951667	0.696838	-11.41	<.0001*
Nhiệt độ đầu ra*Nhiệt độ đầu ra	-4.681667	0.696838	-6.72	0.0011*

4.6.5 Mối tương quan giữa EY TFC trên thực tế và mô hình dự đoán



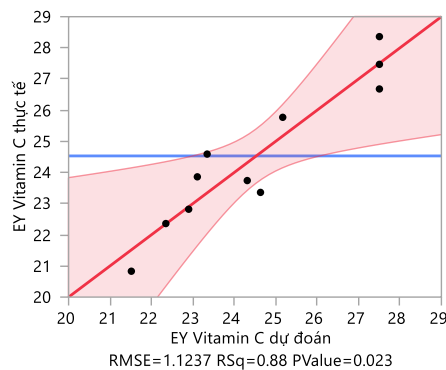
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	281.77849	56.3557	19.1461
Error	5	14.71731	2.9435	Prob > F
C. Total	10	296.49580		0.0028*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	37.396667	0.990532	37.75	<.0001*
Nhiệt độ đầu vào(150,160)	2.2836895	0.606575	3.76	0.0131*
Nhiệt độ đầu ra(85,95)	-0.265707	0.606575	-0.44	0.6796
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu ra	2.72	0.857826	3.17	0.0248*
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu vào	-6.087083	0.721968	-8.43	0.0004*
Nhiệt độ đầu ra*Nhiệt độ đầu ra	-2.117083	0.721968	-2.93	0.0325*

4.6.6 Mối tương quan giữa EY vitamin C trên thực tế và mô hình dự đoán



Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	46.927814	9.38556	7.4332
Error	5	6.313277	1.26266	Prob > F
C. Total	10	53.241091		0.0230*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	27.503333	0.648757	42.39	<.0001*
Nhiệt độ đầu vào(150,160)	0.2942183	0.397281	0.74	0.4922
Nhiệt độ đầu ra(85,95)	0.1897818	0.397281	0.48	0.6530
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu ra	0.4125	0.56184	0.73	0.4958
Nhiệt độ đầu vào*Nhiệt độ đầu vào	-2.786042	0.472859	-5.89	0.0020*
Nhiệt độ đầu ra*Nhiệt độ đầu ra	-1.301042	0.472859	-2.75	0.0402*

4.6.7 Thẩm tra mô hình CCD và kết quả phân tích HPLC đối với bột sấy ở 157 °C đầu vào và 91 °C đầu ra

Chỉ tiêu	Lần 1	Lần 2	Lần 3
Độ ẩm (%)	3,21	3,42	3,01
EY thu hồi bột (%)	91,35	90,11	89,23
EY TPC (%)	58,05	58,05	58,08
EY TFC (%)	35,19	35,2	35,17
EY vitamin C (%)	26,45	26,39	26,43
Vitamin C (mg/100g d.w.) – HPLC	111,63	127,10	133,04
Axít gallic (mg/100g d.w.) – HPLC	146,48	142,40	142,83
Catechin (mg/100g d.w.) – HPLC	85,17	91,87	90,22
Epicatechin (mg/100g d.w.) – HPLC	0,58	1,24	0,67

Phụ lục 4.7 Động học giải phóng các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột sấy phun

4.7.1 Hàm lượng các hợp chất giải phóng trong môi trường nước theo thời gian

Thời gian (phút)	gian	1	2	5	10	15	20	30	60	120
TPC (%)	Lần 1	60,87	60,87	65,22	69,57	73,91	78,26	78,26	78,26	78,26
	Lần 2	60,87	60,87	65,22	69,57	73,91	73,91	73,91	82,61	73,91
	Lần 3	56,52	65,22	60,87	69,57	69,57	73,91	73,91	82,61	78,26
TFC (%)	Lần 1	47,62	52,38	61,90	71,43	76,19	80,95	80,95	90,48	95,24
	Lần 2	52,38	52,38	61,90	71,43	76,19	71,43	80,95	90,48	90,48
	Lần 3	38,10	57,14	57,14	71,43	66,67	71,43	80,95	90,48	90,48
Vitamin C (%)	Lần 1	46,15	46,15	57,71	57,71	69,27	69,27	80,73	92,29	92,29
	Lần 2	46,15	57,71	57,71	57,71	69,27	69,27	92,29	92,29	92,29
	Lần 3	46,15	46,15	57,71	57,71	69,27	69,27	80,73	80,73	92,29
DPPH (%)	Lần 1	62,82	82,02	84,56	86,39	89,43	89,31	93,19	94,90	100,97
	Lần 2	65,74	84,20	84,32	85,05	89,31	89,07	93,44	94,41	97,93
	Lần 3	64,89	81,29	84,81	85,90	89,68	90,27	91,98	94,17	96,83

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC_ Nước	Between Groups	1320.145	8	165.018	29.449	.000
	Within Groups	100.862	18	5.603		
	Total	1421.007	26			
TFC_ Nước	Between Groups	5896.594	8	737.074	48.796	.000
	Within Groups	271.891	18	15.105		
	Total	6168.485	26			
VitC_ Nước	Between Groups	2315.510	8	289.439	240.019	.000
	Within Groups	21.706	18	1.206		
	Total	2337.216	26			
DPPH_ Nước	Between Groups	6892.988	8	861.624	58.029	.000
	Within Groups	267.267	18	14.848		
	Total	7160.255	26			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Thoigian	(J) Thoigian	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TPC_ Nước	LSD 1	2	-2.90000	1.93278	.151	-6.9606	1.1606
		5	-4.35000*	1.93278	.037	-8.4106	-.2894
		10	-10.15000*	1.93278	.000	-14.2106	-6.0894
		15	-13.04333*	1.93278	.000	-17.1039	-8.9827
		20	-15.94000*	1.93278	.000	-20.0006	-11.8794
		30	-15.94000*	1.93278	.000	-20.0006	-11.8794
		60	-21.74000*	1.93278	.000	-25.8006	-17.6794
		120	-17.39000*	1.93278	.000	-21.4506	-13.3294
	2	1	2.90000	1.93278	.151	-1.1606	6.9606
		5	-1.45000	1.93278	.463	-5.5106	2.6106
		10	-7.25000*	1.93278	.001	-11.3106	-3.1894
		15	-10.14333*	1.93278	.000	-14.2039	-6.0827
		20	-13.04000*	1.93278	.000	-17.1006	-8.9794
		30	-13.04000*	1.93278	.000	-17.1006	-8.9794
		60	-18.84000*	1.93278	.000	-22.9006	-14.7794
		120	-14.49000*	1.93278	.000	-18.5506	-10.4294
	5	1	4.35000*	1.93278	.037	.2894	8.4106
		2	1.45000	1.93278	.463	-2.6106	5.5106
		10	-5.80000*	1.93278	.008	-9.8606	-1.7394
		15	-8.69333*	1.93278	.000	-12.7539	-4.6327
		20	-11.59000*	1.93278	.000	-15.6506	-7.5294
		30	-11.59000*	1.93278	.000	-15.6506	-7.5294
		60	-17.39000*	1.93278	.000	-21.4506	-13.3294
		120	-13.04000*	1.93278	.000	-17.1006	-8.9794
	10	1	10.15000*	1.93278	.000	6.0894	14.2106
		2	7.25000*	1.93278	.001	3.1894	11.3106
		5	5.80000*	1.93278	.008	1.7394	9.8606

		15	-2.89333	1.93278	.152	-6.9539	1.1673
		20	-5.79000*	1.93278	.008	-9.8506	-1.7294
		30	-5.79000*	1.93278	.008	-9.8506	-1.7294
		60	-11.59000*	1.93278	.000	-15.6506	-7.5294
		120	-7.24000*	1.93278	.001	-11.3006	-3.1794
	15	1	13.04333*	1.93278	.000	8.9827	17.1039
		2	10.14333*	1.93278	.000	6.0827	14.2039
		5	8.69333*	1.93278	.000	4.6327	12.7539
		10	2.89333	1.93278	.152	-1.1673	6.9539
		20	-2.89667	1.93278	.151	-6.9573	1.1639
		30	-2.89667	1.93278	.151	-6.9573	1.1639
		60	-8.69667*	1.93278	.000	-12.7573	-4.6361
		120	-4.34667*	1.93278	.037	-8.4073	-.2861
	20	1	15.94000*	1.93278	.000	11.8794	20.0006
		2	13.04000*	1.93278	.000	8.9794	17.1006
		5	11.59000*	1.93278	.000	7.5294	15.6506
		10	5.79000*	1.93278	.008	1.7294	9.8506
		15	2.89667	1.93278	.151	-1.1639	6.9573
		30	.00000	1.93278	1.000	-4.0606	4.0606
		60	-5.80000*	1.93278	.008	-9.8606	-1.7394
120		-1.45000	1.93278	.463	-5.5106	2.6106	
30	1	15.94000*	1.93278	.000	11.8794	20.0006	
	2	13.04000*	1.93278	.000	8.9794	17.1006	
	5	11.59000*	1.93278	.000	7.5294	15.6506	
	10	5.79000*	1.93278	.008	1.7294	9.8506	
	15	2.89667	1.93278	.151	-1.1639	6.9573	
	20	.00000	1.93278	1.000	-4.0606	4.0606	
	60	-5.80000*	1.93278	.008	-9.8606	-1.7394	
	120	-1.45000	1.93278	.463	-5.5106	2.6106	
60	1	21.74000*	1.93278	.000	17.6794	25.8006	
	2	18.84000*	1.93278	.000	14.7794	22.9006	
	5	17.39000*	1.93278	.000	13.3294	21.4506	
	10	11.59000*	1.93278	.000	7.5294	15.6506	
	15	8.69667*	1.93278	.000	4.6361	12.7573	
	20	5.80000*	1.93278	.008	1.7394	9.8606	
	30	5.80000*	1.93278	.008	1.7394	9.8606	
	120	4.35000*	1.93278	.037	.2894	8.4106	
120	1	17.39000*	1.93278	.000	13.3294	21.4506	
	2	14.49000*	1.93278	.000	10.4294	18.5506	
	5	13.04000*	1.93278	.000	8.9794	17.1006	
	10	7.24000*	1.93278	.001	3.1794	11.3006	
	15	4.34667*	1.93278	.037	.2861	8.4073	
	20	1.45000	1.93278	.463	-2.6106	5.5106	
	30	1.45000	1.93278	.463	-2.6106	5.5106	
	60	-4.35000*	1.93278	.037	-8.4106	-.2894	
TFC_ Nước LSD 1	2	-7.93333*	3.17333	.022	-14.6003	-1.2664	
	5	-14.28000*	3.17333	.000	-20.9469	-7.6131	
	10	-25.39667*	3.17333	.000	-32.0636	-18.7297	

	15	-26.98333*	3.17333	.000	-33.6503	-20.3164
	20	-28.57000*	3.17333	.000	-35.2369	-21.9031
	30	-34.91667*	3.17333	.000	-41.5836	-28.2497
	60	-44.44667*	3.17333	.000	-51.1136	-37.7797
	120	-46.03333*	3.17333	.000	-52.7003	-39.3664
2	1	7.93333*	3.17333	.022	1.2664	14.6003
	5	-6.34667	3.17333	.061	-13.0136	.3203
	10	-17.46333*	3.17333	.000	-24.1303	-10.7964
	15	-19.05000*	3.17333	.000	-25.7169	-12.3831
	20	-20.63667*	3.17333	.000	-27.3036	-13.9697
	30	-26.98333*	3.17333	.000	-33.6503	-20.3164
	60	-36.51333*	3.17333	.000	-43.1803	-29.8464
	120	-38.10000*	3.17333	.000	-44.7669	-31.4331
5	1	14.28000*	3.17333	.000	7.6131	20.9469
	2	6.34667	3.17333	.061	-.3203	13.0136
	10	-11.11667*	3.17333	.003	-17.7836	-4.4497
	15	-12.70333*	3.17333	.001	-19.3703	-6.0364
	20	-14.29000*	3.17333	.000	-20.9569	-7.6231
	30	-20.63667*	3.17333	.000	-27.3036	-13.9697
	60	-30.16667*	3.17333	.000	-36.8336	-23.4997
	120	-31.75333*	3.17333	.000	-38.4203	-25.0864
10	1	25.39667*	3.17333	.000	18.7297	32.0636
	2	17.46333*	3.17333	.000	10.7964	24.1303
	5	11.11667*	3.17333	.003	4.4497	17.7836
	15	-1.58667	3.17333	.623	-8.2536	5.0803
	20	-3.17333	3.17333	.331	-9.8403	3.4936
	30	-9.52000*	3.17333	.008	-16.1869	-2.8531
	60	-19.05000*	3.17333	.000	-25.7169	-12.3831
	120	-20.63667*	3.17333	.000	-27.3036	-13.9697
15	1	26.98333*	3.17333	.000	20.3164	33.6503
	2	19.05000*	3.17333	.000	12.3831	25.7169
	5	12.70333*	3.17333	.001	6.0364	19.3703
	10	1.58667	3.17333	.623	-5.0803	8.2536
	20	-1.58667	3.17333	.623	-8.2536	5.0803
	30	-7.93333*	3.17333	.022	-14.6003	-1.2664
	60	-17.46333*	3.17333	.000	-24.1303	-10.7964
	120	-19.05000*	3.17333	.000	-25.7169	-12.3831
20	1	28.57000*	3.17333	.000	21.9031	35.2369
	2	20.63667*	3.17333	.000	13.9697	27.3036
	5	14.29000*	3.17333	.000	7.6231	20.9569
	10	3.17333	3.17333	.331	-3.4936	9.8403
	15	1.58667	3.17333	.623	-5.0803	8.2536
	30	-6.34667	3.17333	.061	-13.0136	.3203
	60	-15.87667*	3.17333	.000	-22.5436	-9.2097
	120	-17.46333*	3.17333	.000	-24.1303	-10.7964
30	1	34.91667*	3.17333	.000	28.2497	41.5836
	2	26.98333*	3.17333	.000	20.3164	33.6503
	5	20.63667*	3.17333	.000	13.9697	27.3036
	10	9.52000*	3.17333	.008	2.8531	16.1869
	15	7.93333*	3.17333	.022	1.2664	14.6003
	20	6.34667	3.17333	.061	-.3203	13.0136
	60	-9.53000*	3.17333	.008	-16.1969	-2.8631

		120		-11.11667*	3.17333	.003	-17.7836	-4.4497
60	1			44.44667*	3.17333	.000	37.7797	51.1136
	2			36.51333*	3.17333	.000	29.8464	43.1803
	5			30.16667*	3.17333	.000	23.4997	36.8336
	10			19.05000*	3.17333	.000	12.3831	25.7169
	15			17.46333*	3.17333	.000	10.7964	24.1303
	20			15.87667*	3.17333	.000	9.2097	22.5436
	30			9.53000*	3.17333	.008	2.8631	16.1969
	120			-1.58667	3.17333	.623	-8.2536	5.0803
120	1			46.03333*	3.17333	.000	39.3664	52.7003
	2			38.10000*	3.17333	.000	31.4331	44.7669
	5			31.75333*	3.17333	.000	25.0864	38.4203
	10			20.63667*	3.17333	.000	13.9697	27.3036
	15			19.05000*	3.17333	.000	12.3831	25.7169
	20			17.46333*	3.17333	.000	10.7964	24.1303
	30			11.11667*	3.17333	.003	4.4497	17.7836
	60			1.58667	3.17333	.623	-5.0803	8.2536
VitC_ Nước	LSD 1	2		-18.02000*	.89662	.000	-19.9037	-16.1363
		5		-20.08000*	.89662	.000	-21.9637	-18.1963
		10		-21.29667*	.89662	.000	-23.1804	-19.4129
		15		-24.99000*	.89662	.000	-26.8737	-23.1063
		20		-25.06667*	.89662	.000	-26.9504	-23.1829
		30		-28.38667*	.89662	.000	-30.2704	-26.5029
		60		-30.01000*	.89662	.000	-31.8937	-28.1263
		120		-34.09333*	.89662	.000	-35.9771	-32.2096
2	1		18.02000*	.89662	.000	16.1363	19.9037	
	5		-2.06000*	.89662	.034	-3.9437	-.1763	
	10		-3.27667*	.89662	.002	-5.1604	-1.3929	
	15		-6.97000*	.89662	.000	-8.8537	-5.0863	
	20		-7.04667*	.89662	.000	-8.9304	-5.1629	
	30		-10.36667*	.89662	.000	-12.2504	-8.4829	
	60		-11.99000*	.89662	.000	-13.8737	-10.1063	
	120		-16.07333*	.89662	.000	-17.9571	-14.1896	
5	1		20.08000*	.89662	.000	18.1963	21.9637	
	2		2.06000*	.89662	.034	.1763	3.9437	
	10		-1.21667	.89662	.192	-3.1004	.6671	
	15		-4.91000*	.89662	.000	-6.7937	-3.0263	
	20		-4.98667*	.89662	.000	-6.8704	-3.1029	
	30		-8.30667*	.89662	.000	-10.1904	-6.4229	
	60		-9.93000*	.89662	.000	-11.8137	-8.0463	
	120		-14.01333*	.89662	.000	-15.8971	-12.1296	
10	1		21.29667*	.89662	.000	19.4129	23.1804	
	2		3.27667*	.89662	.002	1.3929	5.1604	
	5		1.21667	.89662	.192	-.6671	3.1004	
	15		-3.69333*	.89662	.001	-5.5771	-1.8096	
	20		-3.77000*	.89662	.001	-5.6537	-1.8863	
	30		-7.09000*	.89662	.000	-8.9737	-5.2063	
	60		-8.71333*	.89662	.000	-10.5971	-6.8296	
	120		-12.79667*	.89662	.000	-14.6804	-10.9129	
15	1		24.99000*	.89662	.000	23.1063	26.8737	
	2		6.97000*	.89662	.000	5.0863	8.8537	
	5		4.91000*	.89662	.000	3.0263	6.7937	

	10	3.69333*	.89662	.001	1.8096	5.5771
	20	-.07667	.89662	.933	-1.9604	1.8071
	30	-3.39667*	.89662	.001	-5.2804	-1.5129
	60	-5.02000*	.89662	.000	-6.9037	-3.1363
	120	-9.10333*	.89662	.000	-10.9871	-7.2196
20	1	25.06667*	.89662	.000	23.1829	26.9504
	2	7.04667*	.89662	.000	5.1629	8.9304
	5	4.98667*	.89662	.000	3.1029	6.8704
	10	3.77000*	.89662	.001	1.8863	5.6537
	15	.07667	.89662	.933	-1.8071	1.9604
	30	-3.32000*	.89662	.002	-5.2037	-1.4363
	60	-4.94333*	.89662	.000	-6.8271	-3.0596
	120	-9.02667*	.89662	.000	-10.9104	-7.1429
30	1	28.38667*	.89662	.000	26.5029	30.2704
	2	10.36667*	.89662	.000	8.4829	12.2504
	5	8.30667*	.89662	.000	6.4229	10.1904
	10	7.09000*	.89662	.000	5.2063	8.9737
	15	3.39667*	.89662	.001	1.5129	5.2804
	20	3.32000*	.89662	.002	1.4363	5.2037
	60	-1.62333	.89662	.087	-3.5071	.2604
	120	-5.70667*	.89662	.000	-7.5904	-3.8229
60	1	30.01000*	.89662	.000	28.1263	31.8937
	2	11.99000*	.89662	.000	10.1063	13.8737
	5	9.93000*	.89662	.000	8.0463	11.8137
	10	8.71333*	.89662	.000	6.8296	10.5971
	15	5.02000*	.89662	.000	3.1363	6.9037
	20	4.94333*	.89662	.000	3.0596	6.8271
	30	1.62333	.89662	.087	-.2604	3.5071
	120	-4.08333*	.89662	.000	-5.9671	-2.1996
120	1	34.09333*	.89662	.000	32.2096	35.9771
	2	16.07333*	.89662	.000	14.1896	17.9571
	5	14.01333*	.89662	.000	12.1296	15.8971
	10	12.79667*	.89662	.000	10.9129	14.6804
	15	9.10333*	.89662	.000	7.2196	10.9871
	20	9.02667*	.89662	.000	7.1429	10.9104
	30	5.70667*	.89662	.000	3.8229	7.5904
	60	4.08333*	.89662	.000	2.1996	5.9671
DPPH_ LSD 1	2	-3.85333	3.14623	.236	-10.4633	2.7567
Nước	5	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	10	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	15	-23.12000*	3.14623	.000	-29.7300	-16.5100
	20	-23.12000*	3.14623	.000	-29.7300	-16.5100
	30	-38.43333*	3.14623	.000	-45.0433	-31.8233
	60	-42.28667*	3.14623	.000	-48.8967	-35.6767
	120	-46.14000*	3.14623	.000	-52.7500	-39.5300
2	1	3.85333	3.14623	.236	-2.7567	10.4633
	5	-7.70667*	3.14623	.025	-14.3167	-1.0967
	10	-7.70667*	3.14623	.025	-14.3167	-1.0967
	15	-19.26667*	3.14623	.000	-25.8767	-12.6567
	20	-19.26667*	3.14623	.000	-25.8767	-12.6567

	30	-34.58000*	3.14623	.000	-41.1900	-27.9700
	60	-38.43333*	3.14623	.000	-45.0433	-31.8233
	120	-42.28667*	3.14623	.000	-48.8967	-35.6767
5	1	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	2	7.70667*	3.14623	.025	1.0967	14.3167
	10	.00000	3.14623	1.000	-6.6100	6.6100
	15	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	20	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	30	-26.87333*	3.14623	.000	-33.4833	-20.2633
	60	-30.72667*	3.14623	.000	-37.3367	-24.1167
	120	-34.58000*	3.14623	.000	-41.1900	-27.9700
10	1	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	2	7.70667*	3.14623	.025	1.0967	14.3167
	5	.00000	3.14623	1.000	-6.6100	6.6100
	15	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	20	-11.56000*	3.14623	.002	-18.1700	-4.9500
	30	-26.87333*	3.14623	.000	-33.4833	-20.2633
	60	-30.72667*	3.14623	.000	-37.3367	-24.1167
	120	-34.58000*	3.14623	.000	-41.1900	-27.9700
15	1	23.12000*	3.14623	.000	16.5100	29.7300
	2	19.26667*	3.14623	.000	12.6567	25.8767
	5	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	10	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	20	.00000	3.14623	1.000	-6.6100	6.6100
	30	-15.31333*	3.14623	.000	-21.9233	-8.7033
	60	-19.16667*	3.14623	.000	-25.7767	-12.5567
	120	-23.02000*	3.14623	.000	-29.6300	-16.4100
20	1	23.12000*	3.14623	.000	16.5100	29.7300
	2	19.26667*	3.14623	.000	12.6567	25.8767
	5	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	10	11.56000*	3.14623	.002	4.9500	18.1700
	15	.00000	3.14623	1.000	-6.6100	6.6100
	30	-15.31333*	3.14623	.000	-21.9233	-8.7033
	60	-19.16667*	3.14623	.000	-25.7767	-12.5567
	120	-23.02000*	3.14623	.000	-29.6300	-16.4100
30	1	38.43333*	3.14623	.000	31.8233	45.0433
	2	34.58000*	3.14623	.000	27.9700	41.1900
	5	26.87333*	3.14623	.000	20.2633	33.4833
	10	26.87333*	3.14623	.000	20.2633	33.4833
	15	15.31333*	3.14623	.000	8.7033	21.9233
	20	15.31333*	3.14623	.000	8.7033	21.9233
	60	-3.85333	3.14623	.236	-10.4633	2.7567
	120	-7.70667*	3.14623	.025	-14.3167	-1.0967
60	1	42.28667*	3.14623	.000	35.6767	48.8967
	2	38.43333*	3.14623	.000	31.8233	45.0433
	5	30.72667*	3.14623	.000	24.1167	37.3367
	10	30.72667*	3.14623	.000	24.1167	37.3367
	15	19.16667*	3.14623	.000	12.5567	25.7767

4.7.2 Hàm lượng các hợp chất giải phóng trong môi trường Ethanol 10% theo thời gian

Thời gian (phút)	gian	1	2	5	10	15	20	30	60	120
TPC (%)	Lần 1	52,17	52,17	60,87	65,22	65,22	69,57	69,57	69,57	69,57
	Lần 2	52,17	56,52	65,22	65,22	65,22	65,22	73,91	69,57	73,91
	Lần 3	52,17	56,52	56,52	60,87	65,22	65,22	73,91	73,91	73,91
	Lần 1	52,38	61,90	61,90	61,90	76,19	61,90	76,19	100,00	95,24
TFC (%)	Lần 2	42,86	61,90	61,90	66,67	66,67	76,19	80,95	90,48	95,24
	Lần 3	42,86	61,90	61,90	66,67	66,67	71,43	80,95	90,48	100,00
	Lần 1	46,15	46,15	57,71	57,71	57,71	57,71	80,73	92,29	92,29
	Lần 2	46,15	46,15	57,71	57,71	57,71	69,27	80,73	80,73	92,29
Vitamin C (%)	Lần 3	46,15	46,15	57,71	57,71	57,71	69,27	80,73	92,29	92,29
	Lần 1	77,16	79,10	85,78	86,63	87,61	91,00	88,09	88,46	90,52
	Lần 2	77,65	78,61	84,81	87,24	87,24	89,68	88,34	90,03	89,55
	Lần 3	76,67	78,37	84,93	86,75	87,73	89,55	90,39	90,76	88,95
DPPH (%)	Lần 1	77,16	79,10	85,78	86,63	87,61	91,00	88,09	88,46	90,52
	Lần 2	77,65	78,61	84,81	87,24	87,24	89,68	88,34	90,03	89,55
	Lần 3	76,67	78,37	84,93	86,75	87,73	89,55	90,39	90,76	88,95
	Lần 1	77,16	79,10	85,78	86,63	87,61	91,00	88,09	88,46	90,52

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC_E	Between Groups	1287.355	8	160.919	25.552	.000
	Within Groups	113.361	18	6.298		
	Total	1400.717	26			
TFC_E	Between Groups	6220.595	8	777.574	42.090	.000
	Within Groups	332.534	18	18.474		
	Total	6553.129	26			
VItC_E	Between Groups	564.379	8	70.547	125.161	.000
	Within Groups	10.146	18	.564		
	Total	574.525	26			
DPPH_E	Between Groups	7217.336	8	902.167	91.139	.000
	Within Groups	178.178	18	9.899		
	Total	7395.514	26			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Thoigian	(J) Thoigian	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TPC_E	LSD	1	-2.90000	2.04904	.174	-7.2049	1.4049
			-8.70000*	2.04904	.000	-13.0049	-4.3951
			-11.60000*	2.04904	.000	-15.9049	-7.2951
			-13.05000*	2.04904	.000	-17.3549	-8.7451
			-14.50000*	2.04904	.000	-18.8049	-10.1951
			-20.29333*	2.04904	.000	-24.5982	-15.9885
			-18.84667*	2.04904	.000	-23.1515	-14.5418
			-20.29333*	2.04904	.000	-24.5982	-15.9885
	2	1	2.90000	2.04904	.174	-1.4049	7.2049
			-5.80000*	2.04904	.011	-10.1049	-1.4951
			-8.70000*	2.04904	.000	-13.0049	-4.3951
			-10.15000*	2.04904	.000	-14.4549	-5.8451
			-11.60000*	2.04904	.000	-15.9049	-7.2951
			-17.39333*	2.04904	.000	-21.6982	-13.0885
			-15.94667*	2.04904	.000	-20.2515	-11.6418
			-17.39333*	2.04904	.000	-21.6982	-13.0885
	5	1	8.70000*	2.04904	.000	4.3951	13.0049
			5.80000*	2.04904	.011	1.4951	10.1049
			-2.90000	2.04904	.174	-7.2049	1.4049
			-4.35000*	2.04904	.048	-8.6549	-.0451
			-5.80000*	2.04904	.011	-10.1049	-1.4951
			-11.59333*	2.04904	.000	-15.8982	-7.2885
			-10.14667*	2.04904	.000	-14.4515	-5.8418
			-11.59333*	2.04904	.000	-15.8982	-7.2885
	10	1	11.60000*	2.04904	.000	7.2951	15.9049
			8.70000*	2.04904	.000	4.3951	13.0049
			2.90000	2.04904	.174	-1.4049	7.2049

		15		-1.45000	2.04904	.488	-5.7549	2.8549
		20		-2.90000	2.04904	.174	-7.2049	1.4049
		30		-8.69333*	2.04904	.000	-12.9982	-4.3885
		60		-7.24667*	2.04904	.002	-11.5515	-2.9418
		120		-8.69333*	2.04904	.000	-12.9982	-4.3885
	15	1		13.05000*	2.04904	.000	8.7451	17.3549
		2		10.15000*	2.04904	.000	5.8451	14.4549
		5		4.35000*	2.04904	.048	.0451	8.6549
		10		1.45000	2.04904	.488	-2.8549	5.7549
		20		-1.45000	2.04904	.488	-5.7549	2.8549
		30		-7.24333*	2.04904	.002	-11.5482	-2.9385
		60		-5.79667*	2.04904	.011	-10.1015	-1.4918
		120		-7.24333*	2.04904	.002	-11.5482	-2.9385
	20	1		14.50000*	2.04904	.000	10.1951	18.8049
		2		11.60000*	2.04904	.000	7.2951	15.9049
		5		5.80000*	2.04904	.011	1.4951	10.1049
		10		2.90000	2.04904	.174	-1.4049	7.2049
		15		1.45000	2.04904	.488	-2.8549	5.7549
		30		-5.79333*	2.04904	.011	-10.0982	-1.4885
		60		-4.34667*	2.04904	.048	-8.6515	-.0418
		120		-5.79333*	2.04904	.011	-10.0982	-1.4885
	30	1		20.29333*	2.04904	.000	15.9885	24.5982
		2		17.39333*	2.04904	.000	13.0885	21.6982
		5		11.59333*	2.04904	.000	7.2885	15.8982
		10		8.69333*	2.04904	.000	4.3885	12.9982
		15		7.24333*	2.04904	.002	2.9385	11.5482
		20		5.79333*	2.04904	.011	1.4885	10.0982
		60		1.44667	2.04904	.489	-2.8582	5.7515
		120		.00000	2.04904	1.000	-4.3049	4.3049
	60	1		18.84667*	2.04904	.000	14.5418	23.1515
		2		15.94667*	2.04904	.000	11.6418	20.2515
		5		10.14667*	2.04904	.000	5.8418	14.4515
		10		7.24667*	2.04904	.002	2.9418	11.5515
		15		5.79667*	2.04904	.011	1.4918	10.1015
		20		4.34667*	2.04904	.048	.0418	8.6515
		30		-1.44667	2.04904	.489	-5.7515	2.8582
		120		-1.44667	2.04904	.489	-5.7515	2.8582
	120	1		20.29333*	2.04904	.000	15.9885	24.5982
		2		17.39333*	2.04904	.000	13.0885	21.6982
		5		11.59333*	2.04904	.000	7.2885	15.8982
		10		8.69333*	2.04904	.000	4.3885	12.9982
		15		7.24333*	2.04904	.002	2.9385	11.5482
		20		5.79333*	2.04904	.011	1.4885	10.0982
		30		.00000	2.04904	1.000	-4.3049	4.3049
		60		1.44667	2.04904	.489	-2.8582	5.7515
TFC_E	LSD	1	2	-15.86667*	3.50943	.000	-23.2397	-8.4936
			5	-15.86667*	3.50943	.000	-23.2397	-8.4936
			10	-19.04667*	3.50943	.000	-26.4197	-11.6736

	15	-23.81000*	3.50943	.000	-31.1830	-16.4370
	20	-23.80667*	3.50943	.000	-31.1797	-16.4336
	30	-33.33000*	3.50943	.000	-40.7030	-25.9570
	60	-47.62000*	3.50943	.000	-54.9930	-40.2470
	120	-50.79333*	3.50943	.000	-58.1664	-43.4203
2	1	15.86667*	3.50943	.000	8.4936	23.2397
	5	.00000	3.50943	1.000	-7.3730	7.3730
	10	-3.18000	3.50943	.377	-10.5530	4.1930
	15	-7.94333*	3.50943	.036	-15.3164	-.5703
	20	-7.94000*	3.50943	.036	-15.3130	-.5670
	30	-17.46333*	3.50943	.000	-24.8364	-10.0903
	60	-31.75333*	3.50943	.000	-39.1264	-24.3803
	120	-34.92667*	3.50943	.000	-42.2997	-27.5536
5	1	15.86667*	3.50943	.000	8.4936	23.2397
	2	.00000	3.50943	1.000	-7.3730	7.3730
	10	-3.18000	3.50943	.377	-10.5530	4.1930
	15	-7.94333*	3.50943	.036	-15.3164	-.5703
	20	-7.94000*	3.50943	.036	-15.3130	-.5670
	30	-17.46333*	3.50943	.000	-24.8364	-10.0903
	60	-31.75333*	3.50943	.000	-39.1264	-24.3803
	120	-34.92667*	3.50943	.000	-42.2997	-27.5536
10	1	19.04667*	3.50943	.000	11.6736	26.4197
	2	3.18000	3.50943	.377	-4.1930	10.5530
	5	3.18000	3.50943	.377	-4.1930	10.5530
	15	-4.76333	3.50943	.191	-12.1364	2.6097
	20	-4.76000	3.50943	.192	-12.1330	2.6130
	30	-14.28333*	3.50943	.001	-21.6564	-6.9103
	60	-28.57333*	3.50943	.000	-35.9464	-21.2003
	120	-31.74667*	3.50943	.000	-39.1197	-24.3736
15	1	23.81000*	3.50943	.000	16.4370	31.1830
	2	7.94333*	3.50943	.036	.5703	15.3164
	5	7.94333*	3.50943	.036	.5703	15.3164
	10	4.76333	3.50943	.191	-2.6097	12.1364
	20	.00333	3.50943	.999	-7.3697	7.3764
	30	-9.52000*	3.50943	.014	-16.8930	-2.1470
	60	-23.81000*	3.50943	.000	-31.1830	-16.4370
	120	-26.98333*	3.50943	.000	-34.3564	-19.6103
20	1	23.80667*	3.50943	.000	16.4336	31.1797
	2	7.94000*	3.50943	.036	.5670	15.3130
	5	7.94000*	3.50943	.036	.5670	15.3130
	10	4.76000	3.50943	.192	-2.6130	12.1330
	15	-.00333	3.50943	.999	-7.3764	7.3697
	30	-9.52333*	3.50943	.014	-16.8964	-2.1503
	60	-23.81333*	3.50943	.000	-31.1864	-16.4403
	120	-26.98667*	3.50943	.000	-34.3597	-19.6136
30	1	33.33000*	3.50943	.000	25.9570	40.7030
	2	17.46333*	3.50943	.000	10.0903	24.8364
	5	17.46333*	3.50943	.000	10.0903	24.8364
	10	14.28333*	3.50943	.001	6.9103	21.6564
	15	9.52000*	3.50943	.014	2.1470	16.8930
	20	9.52333*	3.50943	.014	2.1503	16.8964
	60	-14.29000*	3.50943	.001	-21.6630	-6.9170

			120		-17.46333*	3.50943	.000	-24.8364	-10.0903
	60		1		47.62000*	3.50943	.000	40.2470	54.9930
			2		31.75333*	3.50943	.000	24.3803	39.1264
			5		31.75333*	3.50943	.000	24.3803	39.1264
			10		28.57333*	3.50943	.000	21.2003	35.9464
			15		23.81000*	3.50943	.000	16.4370	31.1830
			20		23.81333*	3.50943	.000	16.4403	31.1864
			30		14.29000*	3.50943	.001	6.9170	21.6630
			120		-3.17333	3.50943	.378	-10.5464	4.1997
	120		1		50.79333*	3.50943	.000	43.4203	58.1664
			2		34.92667*	3.50943	.000	27.5536	42.2997
			5		34.92667*	3.50943	.000	27.5536	42.2997
			10		31.74667*	3.50943	.000	24.3736	39.1197
			15		26.98333*	3.50943	.000	19.6103	34.3564
			20		26.98667*	3.50943	.000	19.6136	34.3597
			30		17.46333*	3.50943	.000	10.0903	24.8364
			60		3.17333	3.50943	.378	-4.1997	10.5464
VitC_E	LSD	1	2		-1.53333*	.61300	.022	-2.8212	-.2455
			5		-8.01333*	.61300	.000	-9.3012	-6.7255
			10		-9.71333*	.61300	.000	-11.0012	-8.4255
			15		-10.36667*	.61300	.000	-11.6545	-9.0788
			20		-12.91667*	.61300	.000	-14.2045	-11.6288
			30		-11.78000*	.61300	.000	-13.0679	-10.4921
			60		-12.59000*	.61300	.000	-13.8779	-11.3021
			120		-12.51333*	.61300	.000	-13.8012	-11.2255
	2		1		1.53333*	.61300	.022	.2455	2.8212
			5		-6.48000*	.61300	.000	-7.7679	-5.1921
			10		-8.18000*	.61300	.000	-9.4679	-6.8921
			15		-8.83333*	.61300	.000	-10.1212	-7.5455
			20		-11.38333*	.61300	.000	-12.6712	-10.0955
			30		-10.24667*	.61300	.000	-11.5345	-8.9588
			60		-11.05667*	.61300	.000	-12.3445	-9.7688
			120		-10.98000*	.61300	.000	-12.2679	-9.6921
	5		1		8.01333*	.61300	.000	6.7255	9.3012
			2		6.48000*	.61300	.000	5.1921	7.7679
			10		-1.70000*	.61300	.013	-2.9879	-.4121
			15		-2.35333*	.61300	.001	-3.6412	-1.0655
			20		-4.90333*	.61300	.000	-6.1912	-3.6155
			30		-3.76667*	.61300	.000	-5.0545	-2.4788
			60		-4.57667*	.61300	.000	-5.8645	-3.2888
			120		-4.50000*	.61300	.000	-5.7879	-3.2121
	10		1		9.71333*	.61300	.000	8.4255	11.0012
			2		8.18000*	.61300	.000	6.8921	9.4679
			5		1.70000*	.61300	.013	.4121	2.9879
			15		-.65333	.61300	.301	-1.9412	.6345
			20		-3.20333*	.61300	.000	-4.4912	-1.9155
			30		-2.06667*	.61300	.003	-3.3545	-.7788
			60		-2.87667*	.61300	.000	-4.1645	-1.5888
			120		-2.80000*	.61300	.000	-4.0879	-1.5121
	15		1		10.36667*	.61300	.000	9.0788	11.6545
			2		8.83333*	.61300	.000	7.5455	10.1212
			5		2.35333*	.61300	.001	1.0655	3.6412

		10	.65333	.61300	.301	-.6345	1.9412	
		20	-2.55000*	.61300	.001	-3.8379	-1.2621	
		30	-1.41333*	.61300	.033	-2.7012	-.1255	
		60	-2.22333*	.61300	.002	-3.5112	-.9355	
		120	-2.14667*	.61300	.003	-3.4345	-.8588	
20		1	12.91667*	.61300	.000	11.6288	14.2045	
		2	11.38333*	.61300	.000	10.0955	12.6712	
		5	4.90333*	.61300	.000	3.6155	6.1912	
		10	3.20333*	.61300	.000	1.9155	4.4912	
		15	2.55000*	.61300	.001	1.2621	3.8379	
		30	1.13667	.61300	.080	-.1512	2.4245	
		60	.32667	.61300	.601	-.9612	1.6145	
		120	.40333	.61300	.519	-.8845	1.6912	
30		1	11.78000*	.61300	.000	10.4921	13.0679	
		2	10.24667*	.61300	.000	8.9588	11.5345	
		5	3.76667*	.61300	.000	2.4788	5.0545	
		10	2.06667*	.61300	.003	.7788	3.3545	
		15	1.41333*	.61300	.033	.1255	2.7012	
		20	-1.13667	.61300	.080	-2.4245	.1512	
		60	-.81000	.61300	.203	-2.0979	.4779	
		120	-.73333	.61300	.247	-2.0212	.5545	
60		1	12.59000*	.61300	.000	11.3021	13.8779	
		2	11.05667*	.61300	.000	9.7688	12.3445	
		5	4.57667*	.61300	.000	3.2888	5.8645	
		10	2.87667*	.61300	.000	1.5888	4.1645	
		15	2.22333*	.61300	.002	.9355	3.5112	
		20	-.32667	.61300	.601	-1.6145	.9612	
		30	.81000	.61300	.203	-.4779	2.0979	
		120	.07667	.61300	.902	-1.2112	1.3645	
120		1	12.51333*	.61300	.000	11.2255	13.8012	
		2	10.98000*	.61300	.000	9.6921	12.2679	
		5	4.50000*	.61300	.000	3.2121	5.7879	
		10	2.80000*	.61300	.000	1.5121	4.0879	
		15	2.14667*	.61300	.003	.8588	3.4345	
		20	-.40333	.61300	.519	-1.6912	.8845	
		30	.73333	.61300	.247	-.5545	2.0212	
		60	-.07667	.61300	.902	-1.3645	1.2112	
DPPH_E	LSD	1	2	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
			5	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			10	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			15	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			20	-19.26667*	2.56889	.000	-24.6637	-13.8696
			30	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
			60	-42.28667*	2.56889	.000	-47.6837	-36.8896
			120	-46.14000*	2.56889	.000	-51.5370	-40.7430
2			1	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
			5	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			10	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			15	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
			20	-19.26667*	2.56889	.000	-24.6637	-13.8696

	30	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
	60	-42.28667*	2.56889	.000	-47.6837	-36.8896
	120	-46.14000*	2.56889	.000	-51.5370	-40.7430
5	1	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	2	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	10	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	15	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	20	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	30	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
	60	-30.72667*	2.56889	.000	-36.1237	-25.3296
	120	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
10	1	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	2	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	5	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	15	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	20	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	30	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
	60	-30.72667*	2.56889	.000	-36.1237	-25.3296
	120	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
15	1	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	2	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	5	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	10	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	20	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	30	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
	60	-30.72667*	2.56889	.000	-36.1237	-25.3296
	120	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
20	1	19.26667*	2.56889	.000	13.8696	24.6637
	2	19.26667*	2.56889	.000	13.8696	24.6637
	5	7.70667*	2.56889	.008	2.3096	13.1037
	10	7.70667*	2.56889	.008	2.3096	13.1037
	15	7.70667*	2.56889	.008	2.3096	13.1037
	30	-15.31333*	2.56889	.000	-20.7104	-9.9163
	60	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
	120	-26.87333*	2.56889	.000	-32.2704	-21.4763
30	1	34.58000*	2.56889	.000	29.1830	39.9770
	2	34.58000*	2.56889	.000	29.1830	39.9770
	5	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	10	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	15	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	20	15.31333*	2.56889	.000	9.9163	20.7104
	60	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	120	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
60	1	42.28667*	2.56889	.000	36.8896	47.6837
	2	42.28667*	2.56889	.000	36.8896	47.6837
	5	30.72667*	2.56889	.000	25.3296	36.1237
	10	30.72667*	2.56889	.000	25.3296	36.1237
	15	30.72667*	2.56889	.000	25.3296	36.1237

4.7.3 Hàm lượng các hợp chất giải phóng trong môi trường Axít Axetic 3% theo thời gian

[illegible]

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC_AA	Between Groups	1979.850	8	247.481	39.236	.000
	Within Groups	113.535	18	6.307		
	Total	2093.385	26			
TFC_AA	Between Groups	7565.207	8	945.651	160.887	.000
	Within Groups	105.799	18	5.878		
	Total	7671.006	26			
VitC_AA	Between Groups	832.760	8	104.095	14.802	.000
	Within Groups	126.584	18	7.032		
	Total	959.344	26			
DPPH_AA	Between Groups	7894.307	8	986.788	99.688	.000
	Within Groups	178.178	18	9.899		
	Total	8072.485	26			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Thoigian	(J) Thoigian	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TPC_AA	LSD 1	2	.00000	2.05061	1.000	-4.3082	4.3082
		5	-8.70000*	2.05061	.000	-13.0082	-4.3918
		10	-7.25000*	2.05061	.002	-11.5582	-2.9418
		15	-10.15000*	2.05061	.000	-14.4582	-5.8418
		20	-18.84000*	2.05061	.000	-23.1482	-14.5318
		30	-20.29000*	2.05061	.000	-24.5982	-15.9818
		60	-23.19000*	2.05061	.000	-27.4982	-18.8818
		120	-21.74000*	2.05061	.000	-26.0482	-17.4318
	2	1	.00000	2.05061	1.000	-4.3082	4.3082
		5	-8.70000*	2.05061	.000	-13.0082	-4.3918
		10	-7.25000*	2.05061	.002	-11.5582	-2.9418
		15	-10.15000*	2.05061	.000	-14.4582	-5.8418
		20	-18.84000*	2.05061	.000	-23.1482	-14.5318
		30	-20.29000*	2.05061	.000	-24.5982	-15.9818
		60	-23.19000*	2.05061	.000	-27.4982	-18.8818
		120	-21.74000*	2.05061	.000	-26.0482	-17.4318
	5	1	8.70000*	2.05061	.000	4.3918	13.0082
		2	8.70000*	2.05061	.000	4.3918	13.0082
		10	1.45000	2.05061	.489	-2.8582	5.7582
		15	-1.45000	2.05061	.489	-5.7582	2.8582
		20	-10.14000*	2.05061	.000	-14.4482	-5.8318
		30	-11.59000*	2.05061	.000	-15.8982	-7.2818
		60	-14.49000*	2.05061	.000	-18.7982	-10.1818
		120	-13.04000*	2.05061	.000	-17.3482	-8.7318
	10	1	7.25000*	2.05061	.002	2.9418	11.5582
		2	7.25000*	2.05061	.002	2.9418	11.5582
		5	-1.45000	2.05061	.489	-5.7582	2.8582

	15	-2.90000	2.05061	.174	-7.2082	1.4082
	20	-11.59000*	2.05061	.000	-15.8982	-7.2818
	30	-13.04000*	2.05061	.000	-17.3482	-8.7318
	60	-15.94000*	2.05061	.000	-20.2482	-11.6318
	120	-14.49000*	2.05061	.000	-18.7982	-10.1818
	15	1	10.15000*	2.05061	.000	5.8418
		2	10.15000*	2.05061	.000	5.8418
		5	1.45000	2.05061	.489	-2.8582
		10	2.90000	2.05061	.174	-1.4082
		20	-8.69000*	2.05061	.000	-12.9982
		30	-10.14000*	2.05061	.000	-14.4482
		60	-13.04000*	2.05061	.000	-17.3482
		120	-11.59000*	2.05061	.000	-15.8982
	20	1	18.84000*	2.05061	.000	14.5318
		2	18.84000*	2.05061	.000	14.5318
		5	10.14000*	2.05061	.000	5.8318
		10	11.59000*	2.05061	.000	7.2818
		15	8.69000*	2.05061	.000	4.3818
		30	-1.45000	2.05061	.489	-5.7582
		60	-4.35000*	2.05061	.048	-8.6582
		120	-2.90000	2.05061	.174	-7.2082
	30	1	20.29000*	2.05061	.000	15.9818
		2	20.29000*	2.05061	.000	15.9818
		5	11.59000*	2.05061	.000	7.2818
		10	13.04000*	2.05061	.000	8.7318
		15	10.14000*	2.05061	.000	5.8318
		20	1.45000	2.05061	.489	-2.8582
		60	-2.90000	2.05061	.174	-7.2082
		120	-1.45000	2.05061	.489	-5.7582
	60	1	23.19000*	2.05061	.000	18.8818
		2	23.19000*	2.05061	.000	18.8818
		5	14.49000*	2.05061	.000	10.1818
		10	15.94000*	2.05061	.000	11.6318
		15	13.04000*	2.05061	.000	8.7318
		20	4.35000*	2.05061	.048	.0418
		30	2.90000	2.05061	.174	-1.4082
		120	1.45000	2.05061	.489	-2.8582
	120	1	21.74000*	2.05061	.000	17.4318
		2	21.74000*	2.05061	.000	17.4318
		5	13.04000*	2.05061	.000	8.7318
		10	14.49000*	2.05061	.000	10.1818
		15	11.59000*	2.05061	.000	7.2818
		20	2.90000	2.05061	.174	-1.4082
		30	1.45000	2.05061	.489	-2.8582
		60	-1.45000	2.05061	.489	-5.7582
TFC_AA	LSD	1	2	.00000	1.97952	1.000
			5	-15.87000*	1.97952	.000
			10	-28.57000*	1.97952	.000

	15	-31.74333*	1.97952	.000	-35.9021	-27.5845
	20	-34.91667*	1.97952	.000	-39.0755	-30.7579
	30	-38.09000*	1.97952	.000	-42.2488	-33.9312
	60	-44.44667*	1.97952	.000	-48.6055	-40.2879
	120	-47.62000*	1.97952	.000	-51.7788	-43.4612
2	1	.00000	1.97952	1.000	-4.1588	4.1588
	5	-15.87000*	1.97952	.000	-20.0288	-11.7112
	10	-28.57000*	1.97952	.000	-32.7288	-24.4112
	15	-31.74333*	1.97952	.000	-35.9021	-27.5845
	20	-34.91667*	1.97952	.000	-39.0755	-30.7579
	30	-38.09000*	1.97952	.000	-42.2488	-33.9312
	60	-44.44667*	1.97952	.000	-48.6055	-40.2879
	120	-47.62000*	1.97952	.000	-51.7788	-43.4612
5	1	15.87000*	1.97952	.000	11.7112	20.0288
	2	15.87000*	1.97952	.000	11.7112	20.0288
	10	-12.70000*	1.97952	.000	-16.8588	-8.5412
	15	-15.87333*	1.97952	.000	-20.0321	-11.7145
	20	-19.04667*	1.97952	.000	-23.2055	-14.8879
	30	-22.22000*	1.97952	.000	-26.3788	-18.0612
	60	-28.57667*	1.97952	.000	-32.7355	-24.4179
	120	-31.75000*	1.97952	.000	-35.9088	-27.5912
10	1	28.57000*	1.97952	.000	24.4112	32.7288
	2	28.57000*	1.97952	.000	24.4112	32.7288
	5	12.70000*	1.97952	.000	8.5412	16.8588
	15	-3.17333	1.97952	.126	-7.3321	.9855
	20	-6.34667*	1.97952	.005	-10.5055	-2.1879
	30	-9.52000*	1.97952	.000	-13.6788	-5.3612
	60	-15.87667*	1.97952	.000	-20.0355	-11.7179
	120	-19.05000*	1.97952	.000	-23.2088	-14.8912
15	1	31.74333*	1.97952	.000	27.5845	35.9021
	2	31.74333*	1.97952	.000	27.5845	35.9021
	5	15.87333*	1.97952	.000	11.7145	20.0321
	10	3.17333	1.97952	.126	-.9855	7.3321
	20	-3.17333	1.97952	.126	-7.3321	.9855
	30	-6.34667*	1.97952	.005	-10.5055	-2.1879
	60	-12.70333*	1.97952	.000	-16.8621	-8.5445
	120	-15.87667*	1.97952	.000	-20.0355	-11.7179
20	1	34.91667*	1.97952	.000	30.7579	39.0755
	2	34.91667*	1.97952	.000	30.7579	39.0755
	5	19.04667*	1.97952	.000	14.8879	23.2055
	10	6.34667*	1.97952	.005	2.1879	10.5055
	15	3.17333	1.97952	.126	-.9855	7.3321
	30	-3.17333	1.97952	.126	-7.3321	.9855
	60	-9.53000*	1.97952	.000	-13.6888	-5.3712
	120	-12.70333*	1.97952	.000	-16.8621	-8.5445
30	1	38.09000*	1.97952	.000	33.9312	42.2488
	2	38.09000*	1.97952	.000	33.9312	42.2488
	5	22.22000*	1.97952	.000	18.0612	26.3788
	10	9.52000*	1.97952	.000	5.3612	13.6788
	15	6.34667*	1.97952	.005	2.1879	10.5055
	20	3.17333	1.97952	.126	-.9855	7.3321
	60	-6.35667*	1.97952	.005	-10.5155	-2.1979

		120		-9.53000*	1.97952	.000	-13.6888	-5.3712
	60	1		44.44667*	1.97952	.000	40.2879	48.6055
		2		44.44667*	1.97952	.000	40.2879	48.6055
		5		28.57667*	1.97952	.000	24.4179	32.7355
		10		15.87667*	1.97952	.000	11.7179	20.0355
		15		12.70333*	1.97952	.000	8.5445	16.8621
		20		9.53000*	1.97952	.000	5.3712	13.6888
		30		6.35667*	1.97952	.005	2.1979	10.5155
		120		-3.17333	1.97952	.126	-7.3321	.9855
	120	1		47.62000*	1.97952	.000	43.4612	51.7788
		2		47.62000*	1.97952	.000	43.4612	51.7788
		5		31.75000*	1.97952	.000	27.5912	35.9088
		10		19.05000*	1.97952	.000	14.8912	23.2088
		15		15.87667*	1.97952	.000	11.7179	20.0355
		20		12.70333*	1.97952	.000	8.5445	16.8621
		30		9.53000*	1.97952	.000	5.3712	13.6888
		60		3.17333	1.97952	.126	-.9855	7.3321
VitC_AA	LSD	1	2	-5.71000*	2.16525	.017	-10.2590	-1.1610
			5	-4.65667*	2.16525	.045	-9.2057	-.1076
			10	-8.42333*	2.16525	.001	-12.9724	-3.8743
			15	-8.83000*	2.16525	.001	-13.3790	-4.2810
			20	-10.89000*	2.16525	.000	-15.4390	-6.3410
			30	-11.05667*	2.16525	.000	-15.6057	-6.5076
			60	-16.20000*	2.16525	.000	-20.7490	-11.6510
			120	-19.43333*	2.16525	.000	-23.9824	-14.8843
	2	1		5.71000*	2.16525	.017	1.1610	10.2590
		5		1.05333	2.16525	.633	-3.4957	5.6024
		10		-2.71333	2.16525	.226	-7.2624	1.8357
		15		-3.12000	2.16525	.167	-7.6690	1.4290
		20		-5.18000*	2.16525	.028	-9.7290	-.6310
		30		-5.34667*	2.16525	.024	-9.8957	-.7976
		60		-10.49000*	2.16525	.000	-15.0390	-5.9410
		120		-13.72333*	2.16525	.000	-18.2724	-9.1743
	5	1		4.65667*	2.16525	.045	.1076	9.2057
		2		-1.05333	2.16525	.633	-5.6024	3.4957
		10		-3.76667	2.16525	.099	-8.3157	.7824
		15		-4.17333	2.16525	.070	-8.7224	.3757
		20		-6.23333*	2.16525	.010	-10.7824	-1.6843
		30		-6.40000*	2.16525	.008	-10.9490	-1.8510
		60		-11.54333*	2.16525	.000	-16.0924	-6.9943
		120		-14.77667*	2.16525	.000	-19.3257	-10.2276
	10	1		8.42333*	2.16525	.001	3.8743	12.9724
		2		2.71333	2.16525	.226	-1.8357	7.2624
		5		3.76667	2.16525	.099	-.7824	8.3157
		15		-.40667	2.16525	.853	-4.9557	4.1424
		20		-2.46667	2.16525	.270	-7.0157	2.0824
		30		-2.63333	2.16525	.240	-7.1824	1.9157
		60		-7.77667*	2.16525	.002	-12.3257	-3.2276
		120		-11.01000*	2.16525	.000	-15.5590	-6.4610
	15	1		8.83000*	2.16525	.001	4.2810	13.3790
		2		3.12000	2.16525	.167	-1.4290	7.6690
		5		4.17333	2.16525	.070	-.3757	8.7224

	10	.40667	2.16525	.853	-4.1424	4.9557
	20	-2.06000	2.16525	.354	-6.6090	2.4890
	30	-2.22667	2.16525	.317	-6.7757	2.3224
	60	-7.37000*	2.16525	.003	-11.9190	-2.8210
	120	-10.60333*	2.16525	.000	-15.1524	-6.0543
20	1	10.89000*	2.16525	.000	6.3410	15.4390
	2	5.18000*	2.16525	.028	.6310	9.7290
	5	6.23333*	2.16525	.010	1.6843	10.7824
	10	2.46667	2.16525	.270	-2.0824	7.0157
	15	2.06000	2.16525	.354	-2.4890	6.6090
	30	-.16667	2.16525	.939	-4.7157	4.3824
	60	-5.31000*	2.16525	.025	-9.8590	-.7610
	120	-8.54333*	2.16525	.001	-13.0924	-3.9943
30	1	11.05667*	2.16525	.000	6.5076	15.6057
	2	5.34667*	2.16525	.024	.7976	9.8957
	5	6.40000*	2.16525	.008	1.8510	10.9490
	10	2.63333	2.16525	.240	-1.9157	7.1824
	15	2.22667	2.16525	.317	-2.3224	6.7757
	20	.16667	2.16525	.939	-4.3824	4.7157
	60	-5.14333*	2.16525	.029	-9.6924	-.5943
	120	-8.37667*	2.16525	.001	-12.9257	-3.8276
60	1	16.20000*	2.16525	.000	11.6510	20.7490
	2	10.49000*	2.16525	.000	5.9410	15.0390
	5	11.54333*	2.16525	.000	6.9943	16.0924
	10	7.77667*	2.16525	.002	3.2276	12.3257
	15	7.37000*	2.16525	.003	2.8210	11.9190
	20	5.31000*	2.16525	.025	.7610	9.8590
	30	5.14333*	2.16525	.029	.5943	9.6924
	120	-3.23333	2.16525	.153	-7.7824	1.3157
120	1	19.43333*	2.16525	.000	14.8843	23.9824
	2	13.72333*	2.16525	.000	9.1743	18.2724
	5	14.77667*	2.16525	.000	10.2276	19.3257
	10	11.01000*	2.16525	.000	6.4610	15.5590
	15	10.60333*	2.16525	.000	6.0543	15.1524
	20	8.54333*	2.16525	.001	3.9943	13.0924
	30	8.37667*	2.16525	.001	3.8276	12.9257
	60	3.23333	2.16525	.153	-1.3157	7.7824
DPPH_AA LSD 1	2	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	5	-19.26667*	2.56889	.000	-24.6637	-13.8696
	10	-30.82667*	2.56889	.000	-36.2237	-25.4296
	15	-30.82667*	2.56889	.000	-36.2237	-25.4296
	20	-30.82667*	2.56889	.000	-36.2237	-25.4296
	30	-42.28667*	2.56889	.000	-47.6837	-36.8896
	60	-49.99333*	2.56889	.000	-55.3904	-44.5963
	120	-53.84667*	2.56889	.000	-59.2437	-48.4496
2	1	7.70667*	2.56889	.008	2.3096	13.1037
	5	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
	10	-23.12000*	2.56889	.000	-28.5170	-17.7230
	15	-23.12000*	2.56889	.000	-28.5170	-17.7230
	20	-23.12000*	2.56889	.000	-28.5170	-17.7230

	30	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
	60	-42.28667*	2.56889	.000	-47.6837	-36.8896
	120	-46.14000*	2.56889	.000	-51.5370	-40.7430
5	1	19.26667*	2.56889	.000	13.8696	24.6637
	2	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	10	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
	15	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
	20	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
	30	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
	60	-30.72667*	2.56889	.000	-36.1237	-25.3296
	120	-34.58000*	2.56889	.000	-39.9770	-29.1830
10	1	30.82667*	2.56889	.000	25.4296	36.2237
	2	23.12000*	2.56889	.000	17.7230	28.5170
	5	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	15	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	20	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	30	-11.46000*	2.56889	.000	-16.8570	-6.0630
	60	-19.16667*	2.56889	.000	-24.5637	-13.7696
	120	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
15	1	30.82667*	2.56889	.000	25.4296	36.2237
	2	23.12000*	2.56889	.000	17.7230	28.5170
	5	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	10	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	20	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	30	-11.46000*	2.56889	.000	-16.8570	-6.0630
	60	-19.16667*	2.56889	.000	-24.5637	-13.7696
	120	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
20	1	30.82667*	2.56889	.000	25.4296	36.2237
	2	23.12000*	2.56889	.000	17.7230	28.5170
	5	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	10	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	15	.00000	2.56889	1.000	-5.3970	5.3970
	30	-11.46000*	2.56889	.000	-16.8570	-6.0630
	60	-19.16667*	2.56889	.000	-24.5637	-13.7696
	120	-23.02000*	2.56889	.000	-28.4170	-17.6230
30	1	42.28667*	2.56889	.000	36.8896	47.6837
	2	34.58000*	2.56889	.000	29.1830	39.9770
	5	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	10	11.46000*	2.56889	.000	6.0630	16.8570
	15	11.46000*	2.56889	.000	6.0630	16.8570
	20	11.46000*	2.56889	.000	6.0630	16.8570
	60	-7.70667*	2.56889	.008	-13.1037	-2.3096
	120	-11.56000*	2.56889	.000	-16.9570	-6.1630
60	1	49.99333*	2.56889	.000	44.5963	55.3904
	2	42.28667*	2.56889	.000	36.8896	47.6837
	5	30.72667*	2.56889	.000	25.3296	36.1237
	10	19.16667*	2.56889	.000	13.7696	24.5637
	15	19.16667*	2.56889	.000	13.7696	24.5637

	20	19.16667*	2.56889	.000	13.7696	24.5637
	30	7.70667*	2.56889	.008	2.3096	13.1037
	120	-3.85333	2.56889	.151	-9.2504	1.5437
120	1	53.84667*	2.56889	.000	48.4496	59.2437
	2	46.14000*	2.56889	.000	40.7430	51.5370
	5	34.58000*	2.56889	.000	29.1830	39.9770
	10	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	15	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	20	23.02000*	2.56889	.000	17.6230	28.4170
	30	11.56000*	2.56889	.000	6.1630	16.9570
	60	3.85333	2.56889	.151	-1.5437	9.2504

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 4.8 Đánh giá độ ổn định của sản phẩm bột ở các nhiệt độ bảo quản

4.8.1 Hàm lượng các hợp chất còn lại trong bột được bảo quản ở 10 °C trong 30 ngày

Thời gian bảo quản (ngày)		0	1	2	5	10	20	30
TPC (%)	Lần 1	100,00	101,41	99,30	98,03	92,54	88,73	90,85
	Lần 2	100,00	99,30	100,14	100,99	97,61	96,76	90,00
	Lần 3	100,00	97,18	96,76	96,76	97,18	92,96	94,23
TFC (%)	Lần 1	100,00	99,37	96,06	97,00	96,06	93,22	90,38
	Lần 2	100,00	98,90	99,37	96,53	97,95	91,32	91,80
	Lần 3	100,00	98,90	97,00	97,00	96,06	95,11	91,32
Vitamin C (%)	Lần 1	100,00	101,04	95,66	97,30	94,17	92,22	88,24
	Lần 2	100,00	96,36	100,10	96,51	93,47	91,52	87,70
	Lần 3	100,00	97,92	95,73	93,39	94,02	91,83	88,56

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC10	Between Groups	199.054	6	33.176	5.619	.004
	Within Groups	82.654	14	5.904		
	Total	281.708	20			
TFC10	Between Groups	176.885	6	29.481	24.684	.000
	Within Groups	16.720	14	1.194		
	Total	193.605	20			
VitC10	Between Groups	299.572	6	49.929	20.717	.000
	Within Groups	33.740	14	2.410		
	Total	333.311	20			

Multiple Comparisons

Dependent Variable (I) Ngay (J) Ngay				Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
TPC10	LSD	0	1	.70333	1.98391	.728	-3.5517	4.9584
			2	1.26667	1.98391	.533	-2.9884	5.5217
			5	1.40667	1.98391	.490	-2.8484	5.6617
			10	4.22333	1.98391	.052	-.0317	8.4784
			20	7.18333*	1.98391	.003	2.9283	11.4384
			30	8.30667*	1.98391	.001	4.0516	12.5617
		1	0	-.70333	1.98391	.728	-4.9584	3.5517
			2	.56333	1.98391	.781	-3.6917	4.8184
			5	.70333	1.98391	.728	-3.5517	4.9584
			10	3.52000	1.98391	.098	-.7351	7.7751
			20	6.48000*	1.98391	.006	2.2249	10.7351
			30	7.60333*	1.98391	.002	3.3483	11.8584
		2	0	-1.26667	1.98391	.533	-5.5217	2.9884
			1	-.56333	1.98391	.781	-4.8184	3.6917
			5	.14000	1.98391	.945	-4.1151	4.3951
			10	2.95667	1.98391	.158	-1.2984	7.2117
			20	5.91667*	1.98391	.010	1.6616	10.1717
			30	7.04000*	1.98391	.003	2.7849	11.2951
		5	0	-1.40667	1.98391	.490	-5.6617	2.8484
			1	-.70333	1.98391	.728	-4.9584	3.5517
			2	-.14000	1.98391	.945	-4.3951	4.1151
			10	2.81667	1.98391	.178	-1.4384	7.0717
			20	5.77667*	1.98391	.011	1.5216	10.0317
			30	6.90000*	1.98391	.004	2.6449	11.1551
		10	0	-4.22333	1.98391	.052	-8.4784	.0317
			1	-3.52000	1.98391	.098	-7.7751	.7351
			2	-2.95667	1.98391	.158	-7.2117	1.2984
			5	-2.81667	1.98391	.178	-7.0717	1.4384
			20	2.96000	1.98391	.158	-1.2951	7.2151
			30	4.08333	1.98391	.059	-.1717	8.3384
		20	0	-7.18333*	1.98391	.003	-11.4384	-2.9283
			1	-6.48000*	1.98391	.006	-10.7351	-2.2249
			2	-5.91667*	1.98391	.010	-10.1717	-1.6616
			5	-5.77667*	1.98391	.011	-10.0317	-1.5216
			10	-2.96000	1.98391	.158	-7.2151	1.2951
			30	1.12333	1.98391	.580	-3.1317	5.3784
		30	0	-8.30667*	1.98391	.001	-12.5617	-4.0516
			1	-7.60333*	1.98391	.002	-11.8584	-3.3483
			2	-7.04000*	1.98391	.003	-11.2951	-2.7849
			5	-6.90000*	1.98391	.004	-11.1551	-2.6449
			10	-4.08333	1.98391	.059	-8.3384	.1717
			20	-1.12333	1.98391	.580	-5.3784	3.1317
TFC10	LSD	0	1	.94333	.89230	.308	-.9705	2.8571
			2	2.52333*	.89230	.013	.6095	4.4371

			5	3.15667*	.89230	.003	1.2429	5.0705
			10	3.31000*	.89230	.002	1.3962	5.2238
			20	6.78333*	.89230	.000	4.8695	8.6971
			30	8.83333*	.89230	.000	6.9195	10.7471
	1		0	-.94333	.89230	.308	-2.8571	.9705
			2	1.58000	.89230	.098	-.3338	3.4938
			5	2.21333*	.89230	.026	.2995	4.1271
			10	2.36667*	.89230	.019	.4529	4.2805
			20	5.84000*	.89230	.000	3.9262	7.7538
			30	7.89000*	.89230	.000	5.9762	9.8038
	2		0	-2.52333*	.89230	.013	-4.4371	-.6095
			1	-1.58000	.89230	.098	-3.4938	.3338
			5	.63333	.89230	.489	-1.2805	2.5471
			10	.78667	.89230	.393	-1.1271	2.7005
			20	4.26000*	.89230	.000	2.3462	6.1738
			30	6.31000*	.89230	.000	4.3962	8.2238
	5		0	-3.15667*	.89230	.003	-5.0705	-1.2429
			1	-2.21333*	.89230	.026	-4.1271	-.2995
			2	-.63333	.89230	.489	-2.5471	1.2805
			10	.15333	.89230	.866	-1.7605	2.0671
			20	3.62667*	.89230	.001	1.7129	5.5405
			30	5.67667*	.89230	.000	3.7629	7.5905
	10		0	-3.31000*	.89230	.002	-5.2238	-1.3962
			1	-2.36667*	.89230	.019	-4.2805	-.4529
			2	-.78667	.89230	.393	-2.7005	1.1271
			5	-.15333	.89230	.866	-2.0671	1.7605
			20	3.47333*	.89230	.002	1.5595	5.3871
			30	5.52333*	.89230	.000	3.6095	7.4371
	20		0	-6.78333*	.89230	.000	-8.6971	-4.8695
			1	-5.84000*	.89230	.000	-7.7538	-3.9262
			2	-4.26000*	.89230	.000	-6.1738	-2.3462
			5	-3.62667*	.89230	.001	-5.5405	-1.7129
			10	-3.47333*	.89230	.002	-5.3871	-1.5595
			30	2.05000*	.89230	.038	.1362	3.9638
	30		0	-8.83333*	.89230	.000	-10.7471	-6.9195
			1	-7.89000*	.89230	.000	-9.8038	-5.9762
			2	-6.31000*	.89230	.000	-8.2238	-4.3962
			5	-5.67667*	.89230	.000	-7.5905	-3.7629
			10	-5.52333*	.89230	.000	-7.4371	-3.6095
			20	-2.05000*	.89230	.038	-3.9638	-.1362
VitC10	LSD	0	1	1.56000	1.26754	.239	-1.1586	4.2786
			2	2.83667*	1.26754	.042	.1181	5.5553
			5	4.26667*	1.26754	.005	1.5481	6.9853
			10	6.11333*	1.26754	.000	3.3947	8.8319
			20	8.14333*	1.26754	.000	5.4247	10.8619
			30	11.83333*	1.26754	.000	9.1147	14.5519
	1		0	-1.56000	1.26754	.239	-4.2786	1.1586
			2	1.27667	1.26754	.331	-1.4419	3.9953
			5	2.70667	1.26754	.051	-.0119	5.4253
			10	4.55333*	1.26754	.003	1.8347	7.2719
			20	6.58333*	1.26754	.000	3.8647	9.3019

	30	10.27333*	1.26754	.000	7.5547	12.9919
2	0	-2.83667*	1.26754	.042	-5.5553	-.1181
	1	-1.27667	1.26754	.331	-3.9953	1.4419
	5	1.43000	1.26754	.278	-1.2886	4.1486
	10	3.27667*	1.26754	.022	.5581	5.9953
	20	5.30667*	1.26754	.001	2.5881	8.0253
	30	8.99667*	1.26754	.000	6.2781	11.7153
5	0	-4.26667*	1.26754	.005	-6.9853	-1.5481
	1	-2.70667	1.26754	.051	-5.4253	.0119
	2	-1.43000	1.26754	.278	-4.1486	1.2886
	10	1.84667	1.26754	.167	-.8719	4.5653
	20	3.87667*	1.26754	.009	1.1581	6.5953
	30	7.56667*	1.26754	.000	4.8481	10.2853
10	0	-6.11333*	1.26754	.000	-8.8319	-3.3947
	1	-4.55333*	1.26754	.003	-7.2719	-1.8347
	2	-3.27667*	1.26754	.022	-5.9953	-.5581
	5	-1.84667	1.26754	.167	-4.5653	.8719
	20	2.03000	1.26754	.132	-.6886	4.7486
	30	5.72000*	1.26754	.000	3.0014	8.4386
20	0	-8.14333*	1.26754	.000	-10.8619	-5.4247
	1	-6.58333*	1.26754	.000	-9.3019	-3.8647
	2	-5.30667*	1.26754	.001	-8.0253	-2.5881
	5	-3.87667*	1.26754	.009	-6.5953	-1.1581
	10	-2.03000	1.26754	.132	-4.7486	.6886
	30	3.69000*	1.26754	.011	.9714	6.4086
30	0	-11.83333*	1.26754	.000	-14.5519	-9.1147
	1	-10.27333*	1.26754	.000	-12.9919	-7.5547
	2	-8.99667*	1.26754	.000	-11.7153	-6.2781
	5	-7.56667*	1.26754	.000	-10.2853	-4.8481
	10	-5.72000*	1.26754	.000	-8.4386	-3.0014
	20	-3.69000*	1.26754	.011	-6.4086	-.9714

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.8.2 Hàm lượng các hợp chất còn lại trong bột được bảo quản ở 35 °C trong 30 ngày

Thời gian bảo quản (ngày)		0	1	2	5	10	20	30
TPC (%)	Lần 1	100,00	101,41	98,45	97,61	95,92	90,00	82,39
	Lần 2	100,00	99,30	98,45	95,07	93,08	88,73	80,28
	Lần 3	100,00	95,92	100,56	97,23	94,23	90,85	85,35
TFC (%)	Lần 1	100,00	99,37	95,11	93,22	86,59	86,59	81,86
	Lần 2	100,00	94,64	91,32	90,38	88,01	85,65	80,91
	Lần 3	100,00	96,06	92,74	90,38	89,43	84,70	84,70
Vitamin C (%)	Lần 1	100,00	99,25	99,48	93,39	88,63	87,85	89,49
	Lần 2	100,00	99,25	94,02	95,03	88,32	84,50	80,75
	Lần 3	100,00	97,69	96,36	96,36	92,46	87,93	82,70

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC35	Between Groups	711.090	6	118.515	40.086	.000
	Within Groups	41.392	14	2.957		
	Total	752.482	20			
TFC35	Between Groups	683.172	6	113.862	41.853	.000
	Within Groups	38.088	14	2.721		
	Total	721.260	20			
VitC35	Between Groups	669.781	6	111.630	19.187	.000
	Within Groups	81.454	14	5.818		
	Total	751.235	20			

Multiple Comparisons

Dependent Variable (I) Ngay (J) Ngay				Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
TPC35	LSD	0	1	1.12333	1.40393	.437	-1.8878	4.1345
			2	.84667	1.40393	.556	-2.1645	3.8578
			5	3.36333*	1.40393	.031	.3522	6.3745
			10	5.59000*	1.40393	.001	2.5789	8.6011
			20	10.14000*	1.40393	.000	7.1289	13.1511
			30	17.32667*	1.40393	.000	14.3155	20.3378
		1	0	-1.12333	1.40393	.437	-4.1345	1.8878
			2	-.27667	1.40393	.847	-3.2878	2.7345
			5	2.24000	1.40393	.133	-.7711	5.2511
			10	4.46667*	1.40393	.007	1.4555	7.4778
			20	9.01667*	1.40393	.000	6.0055	12.0278
			30	16.20333*	1.40393	.000	13.1922	19.2145
		2	0	-.84667	1.40393	.556	-3.8578	2.1645
			1	.27667	1.40393	.847	-2.7345	3.2878
			5	2.51667	1.40393	.095	-.4945	5.5278
			10	4.74333*	1.40393	.005	1.7322	7.7545
			20	9.29333*	1.40393	.000	6.2822	12.3045
			30	16.48000*	1.40393	.000	13.4689	19.4911
		5	0	-3.36333*	1.40393	.031	-6.3745	-.3522
			1	-2.24000	1.40393	.133	-5.2511	.7711
			2	-2.51667	1.40393	.095	-5.5278	.4945
			10	2.22667	1.40393	.135	-.7845	5.2378
			20	6.77667*	1.40393	.000	3.7655	9.7878
			30	13.96333*	1.40393	.000	10.9522	16.9745
		10	0	-5.59000*	1.40393	.001	-8.6011	-2.5789
			1	-4.46667*	1.40393	.007	-7.4778	-1.4555
			2	-4.74333*	1.40393	.005	-7.7545	-1.7322
			5	-2.22667	1.40393	.135	-5.2378	.7845
			20	4.55000*	1.40393	.006	1.5389	7.5611

			30	11.73667*	1.40393	.000	8.7255	14.7478
		20	0	-10.14000*	1.40393	.000	-13.1511	-7.1289
			1	-9.01667*	1.40393	.000	-12.0278	-6.0055
			2	-9.29333*	1.40393	.000	-12.3045	-6.2822
			5	-6.77667*	1.40393	.000	-9.7878	-3.7655
			10	-4.55000*	1.40393	.006	-7.5611	-1.5389
			30	7.18667*	1.40393	.000	4.1755	10.1978
		30	0	-17.32667*	1.40393	.000	-20.3378	-14.3155
			1	-16.20333*	1.40393	.000	-19.2145	-13.1922
			2	-16.48000*	1.40393	.000	-19.4911	-13.4689
			5	-13.96333*	1.40393	.000	-16.9745	-10.9522
			10	-11.73667*	1.40393	.000	-14.7478	-8.7255
			20	-7.18667*	1.40393	.000	-10.1978	-4.1755
TFC35	LSD	0	1	3.31000*	1.34674	.028	.4215	6.1985
			2	6.94333*	1.34674	.000	4.0549	9.8318
			5	8.67333*	1.34674	.000	5.7849	11.5618
			10	11.99000*	1.34674	.000	9.1015	14.8785
			20	14.35333*	1.34674	.000	11.4649	17.2418
			30	17.51000*	1.34674	.000	14.6215	20.3985
		1	0	-3.31000*	1.34674	.028	-6.1985	-4.215
			2	3.63333*	1.34674	.017	.7449	6.5218
			5	5.36333*	1.34674	.001	2.4749	8.2518
			10	8.68000*	1.34674	.000	5.7915	11.5685
			20	11.04333*	1.34674	.000	8.1549	13.9318
			30	14.20000*	1.34674	.000	11.3115	17.0885
		2	0	-6.94333*	1.34674	.000	-9.8318	-4.0549
			1	-3.63333*	1.34674	.017	-6.5218	-7.449
			5	1.73000	1.34674	.220	-1.1585	4.6185
			10	5.04667*	1.34674	.002	2.1582	7.9351
			20	7.41000*	1.34674	.000	4.5215	10.2985
			30	10.56667*	1.34674	.000	7.6782	13.4551
		5	0	-8.67333*	1.34674	.000	-11.5618	-5.7849
			1	-5.36333*	1.34674	.001	-8.2518	-2.4749
			2	-1.73000	1.34674	.220	-4.6185	1.1585
			10	3.31667*	1.34674	.027	.4282	6.2051
			20	5.68000*	1.34674	.001	2.7915	8.5685
			30	8.83667*	1.34674	.000	5.9482	11.7251
		10	0	-11.99000*	1.34674	.000	-14.8785	-9.1015
			1	-8.68000*	1.34674	.000	-11.5685	-5.7915
			2	-5.04667*	1.34674	.002	-7.9351	-2.1582
			5	-3.31667*	1.34674	.027	-6.2051	-4.282
			20	2.36333	1.34674	.101	-.5251	5.2518
			30	5.52000*	1.34674	.001	2.6315	8.4085
		20	0	-14.35333*	1.34674	.000	-17.2418	-11.4649
			1	-11.04333*	1.34674	.000	-13.9318	-8.1549
			2	-7.41000*	1.34674	.000	-10.2985	-4.5215
			5	-5.68000*	1.34674	.001	-8.5685	-2.7915
			10	-2.36333	1.34674	.101	-5.2518	.5251
			30	3.15667*	1.34674	.034	.2682	6.0451
		30	0	-17.51000*	1.34674	.000	-20.3985	-14.6215

			1	-14.20000*	1.34674	.000	-17.0885	-11.3115
			2	-10.56667*	1.34674	.000	-13.4551	-7.6782
			5	-8.83667*	1.34674	.000	-11.7251	-5.9482
			10	-5.52000*	1.34674	.001	-8.4085	-2.6315
			20	-3.15667*	1.34674	.034	-6.0451	-.2682
VitC35	LSD	0	1	1.27000	1.96945	.529	-2.9541	5.4941
			2	3.38000	1.96945	.108	-.8441	7.6041
			5	5.07333*	1.96945	.022	.8493	9.2974
			10	10.19667*	1.96945	.000	5.9726	14.4207
			20	13.24000*	1.96945	.000	9.0159	17.4641
			30	15.68667*	1.96945	.000	11.4626	19.9107
		1	0	-1.27000	1.96945	.529	-5.4941	2.9541
			2	2.11000	1.96945	.302	-2.1141	6.3341
			5	3.80333	1.96945	.074	-.4207	8.0274
			10	8.92667*	1.96945	.000	4.7026	13.1507
			20	11.97000*	1.96945	.000	7.7459	16.1941
			30	14.41667*	1.96945	.000	10.1926	18.6407
		2	0	-3.38000	1.96945	.108	-7.6041	.8441
			1	-2.11000	1.96945	.302	-6.3341	2.1141
			5	1.69333	1.96945	.404	-2.5307	5.9174
			10	6.81667*	1.96945	.004	2.5926	11.0407
			20	9.86000*	1.96945	.000	5.6359	14.0841
			30	12.30667*	1.96945	.000	8.0826	16.5307
		5	0	-5.07333*	1.96945	.022	-9.2974	-.8493
			1	-3.80333	1.96945	.074	-8.0274	.4207
			2	-1.69333	1.96945	.404	-5.9174	2.5307
			10	5.12333*	1.96945	.021	.8993	9.3474
			20	8.16667*	1.96945	.001	3.9426	12.3907
			30	10.61333*	1.96945	.000	6.3893	14.8374
		10	0	-10.19667*	1.96945	.000	-14.4207	-5.9726
			1	-8.92667*	1.96945	.000	-13.1507	-4.7026
			2	-6.81667*	1.96945	.004	-11.0407	-2.5926
			5	-5.12333*	1.96945	.021	-9.3474	-.8993
			20	3.04333	1.96945	.145	-1.1807	7.2674
			30	5.49000*	1.96945	.015	1.2659	9.7141
		20	0	-13.24000*	1.96945	.000	-17.4641	-9.0159
			1	-11.97000*	1.96945	.000	-16.1941	-7.7459
			2	-9.86000*	1.96945	.000	-14.0841	-5.6359
			5	-8.16667*	1.96945	.001	-12.3907	-3.9426
			10	-3.04333	1.96945	.145	-7.2674	1.1807
			30	2.44667	1.96945	.235	-1.7774	6.6707
		30	0	-15.68667*	1.96945	.000	-19.9107	-11.4626
			1	-14.41667*	1.96945	.000	-18.6407	-10.1926
			2	-12.30667*	1.96945	.000	-16.5307	-8.0826
			5	-10.61333*	1.96945	.000	-14.8374	-6.3893
			10	-5.49000*	1.96945	.015	-9.7141	-1.2659
			20	-2.44667	1.96945	.235	-6.6707	1.7774

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.8.3 Hàm lượng các hợp chất còn lại trong bột được bảo quản ở 45 °C trong 30 ngày

Thời gian bảo quản (ngày)		0	1	2	5	10	20	30
TPC (%)	Lần 1	100,00	97,18	95,07	93,38	87,46	81,55	79,01
	Lần 2	100,00	99,30	97,18	90,00	85,77	84,08	77,32
	Lần 3	100,00	97,18	93,38	90,85	84,51	84,51	80,70
TFC (%)	Lần 1	100,00	89,91	91,32	90,38	86,12	78,55	77,13
	Lần 2	100,00	94,64	89,91	86,59	84,70	81,39	75,24
	Lần 3	100,00	94,64	94,64	85,17	81,86	84,23	75,24
Vitamin C (%)	Lần 1	100,00	99,25	99,48	93,39	86,22	83,95	77,40
	Lần 2	100,00	91,44	94,02	91,13	88,32	83,72	77,09
	Lần 3	100,00	97,69	96,36	88,56	85,44	83,72	76,38

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPC45	Between Groups	1114.527	6	185.755	82.197	.000
	Within Groups	31.638	14	2.260		
	Total	1146.165	20			
TFC45	Between Groups	1170.318	6	195.053	39.496	.000
	Within Groups	69.140	14	4.939		
	Total	1239.458	20			
VitC45	Between Groups	1205.936	6	200.989	42.717	.000
	Within Groups	65.871	14	4.705		
	Total	1271.808	20			

Multiple Comparisons

Dependent Variable (I) Ngay (J) Ngay			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
TPC45 LSD	0	1	2.11333	1.22743	.107	-.5192	4.7459
		2	4.79000*	1.22743	.002	2.1574	7.4226
		5	8.59000*	1.22743	.000	5.9574	11.2226
		10	14.08667*	1.22743	.000	11.4541	16.7192
		20	16.62000*	1.22743	.000	13.9874	19.2526
		30	20.99000*	1.22743	.000	18.3574	23.6226
	1	0	-2.11333	1.22743	.107	-4.7459	.5192
		2	2.67667*	1.22743	.047	.0441	5.3092
		5	6.47667*	1.22743	.000	3.8441	9.1092
		10	11.97333*	1.22743	.000	9.3408	14.6059
		20	14.50667*	1.22743	.000	11.8741	17.1392
		30	18.87667*	1.22743	.000	16.2441	21.5092
	2	0	-4.79000*	1.22743	.002	-7.4226	-2.1574

			1	-2.67667*	1.22743	.047	-5.3092	-.0441
			5	3.80000*	1.22743	.008	1.1674	6.4326
			10	9.29667*	1.22743	.000	6.6641	11.9292
			20	11.83000*	1.22743	.000	9.1974	14.4626
			30	16.20000*	1.22743	.000	13.5674	18.8326
			5	0	-8.59000*	1.22743	.000	-11.2226
			1	-6.47667*	1.22743	.000	-9.1092	-3.8441
			2	-3.80000*	1.22743	.008	-6.4326	-1.1674
			10	5.49667*	1.22743	.001	2.8641	8.1292
			20	8.03000*	1.22743	.000	5.3974	10.6626
			30	12.40000*	1.22743	.000	9.7674	15.0326
			10	0	-14.08667*	1.22743	.000	-16.7192
			1	-11.97333*	1.22743	.000	-14.6059	-9.3408
			2	-9.29667*	1.22743	.000	-11.9292	-6.6641
			5	-5.49667*	1.22743	.001	-8.1292	-2.8641
			20	2.53333	1.22743	.058	-.0992	5.1659
			30	6.90333*	1.22743	.000	4.2708	9.5359
			20	0	-16.62000*	1.22743	.000	-19.2526
			1	-14.50667*	1.22743	.000	-17.1392	-11.8741
			2	-11.83000*	1.22743	.000	-14.4626	-9.1974
			5	-8.03000*	1.22743	.000	-10.6626	-5.3974
			10	-2.53333	1.22743	.058	-5.1659	.0992
			30	4.37000*	1.22743	.003	1.7374	7.0026
			30	0	-20.99000*	1.22743	.000	-23.6226
			1	-18.87667*	1.22743	.000	-21.5092	-16.2441
			2	-16.20000*	1.22743	.000	-18.8326	-13.5674
			5	-12.40000*	1.22743	.000	-15.0326	-9.7674
			10	-6.90333*	1.22743	.000	-9.5359	-4.2708
			20	-4.37000*	1.22743	.003	-7.0026	-1.7374
TFC45	LSD	0	1	6.93667*	1.81450	.002	3.0450	10.8284
			2	8.04333*	1.81450	.001	4.1516	11.9350
			5	12.62000*	1.81450	.000	8.7283	16.5117
			10	15.77333*	1.81450	.000	11.8816	19.6650
			20	18.61000*	1.81450	.000	14.7183	22.5017
			30	24.13000*	1.81450	.000	20.2383	28.0217
			1	0	-6.93667*	1.81450	.002	-10.8284
			2	1.10667	1.81450	.552	-2.7850	4.9984
			5	5.68333*	1.81450	.007	1.7916	9.5750
			10	8.83667*	1.81450	.000	4.9450	12.7284
			20	11.67333*	1.81450	.000	7.7816	15.5650
			30	17.19333*	1.81450	.000	13.3016	21.0850
			2	0	-8.04333*	1.81450	.001	-11.9350
			1	-1.10667	1.81450	.552	-4.9984	2.7850
			5	4.57667*	1.81450	.024	.6850	8.4684
			10	7.73000*	1.81450	.001	3.8383	11.6217
			20	10.56667*	1.81450	.000	6.6750	14.4584
			30	16.08667*	1.81450	.000	12.1950	19.9784
			5	0	-12.62000*	1.81450	.000	-16.5117
			1	-5.68333*	1.81450	.007	-9.5750	-1.7916

			2	-4.57667*	1.81450	.024	-8.4684	-.6850
			10	3.15333	1.81450	.104	-.7384	7.0450
			20	5.99000*	1.81450	.005	2.0983	9.8817
			30	11.51000*	1.81450	.000	7.6183	15.4017
		10	0	-15.77333*	1.81450	.000	-19.6650	-11.8816
			1	-8.83667*	1.81450	.000	-12.7284	-4.9450
			2	-7.73000*	1.81450	.001	-11.6217	-3.8383
			5	-3.15333	1.81450	.104	-7.0450	.7384
			20	2.83667	1.81450	.140	-1.0550	6.7284
			30	8.35667*	1.81450	.000	4.4650	12.2484
		20	0	-18.61000*	1.81450	.000	-22.5017	-14.7183
			1	-11.67333*	1.81450	.000	-15.5650	-7.7816
			2	-10.56667*	1.81450	.000	-14.4584	-6.6750
			5	-5.99000*	1.81450	.005	-9.8817	-2.0983
			10	-2.83667	1.81450	.140	-6.7284	1.0550
			30	5.52000*	1.81450	.009	1.6283	9.4117
		30	0	-24.13000*	1.81450	.000	-28.0217	-20.2383
			1	-17.19333*	1.81450	.000	-21.0850	-13.3016
			2	-16.08667*	1.81450	.000	-19.9784	-12.1950
			5	-11.51000*	1.81450	.000	-15.4017	-7.6183
			10	-8.35667*	1.81450	.000	-12.2484	-4.4650
			20	-5.52000*	1.81450	.009	-9.4117	-1.6283
VitC45	LSD	0	1	3.87333*	1.77108	.046	.0747	7.6719
			2	3.38000	1.77108	.077	-.4186	7.1786
			5	8.97333*	1.77108	.000	5.1747	12.7719
			10	13.34000*	1.77108	.000	9.5414	17.1386
			20	16.20333*	1.77108	.000	12.4047	20.0019
			30	23.04333*	1.77108	.000	19.2447	26.8419
		1	0	-3.87333*	1.77108	.046	-7.6719	-.0747
			2	-.49333	1.77108	.785	-4.2919	3.3053
			5	5.10000*	1.77108	.012	1.3014	8.8986
			10	9.46667*	1.77108	.000	5.6681	13.2653
			20	12.33000*	1.77108	.000	8.5314	16.1286
			30	19.17000*	1.77108	.000	15.3714	22.9686
		2	0	-3.38000	1.77108	.077	-7.1786	.4186
			1	.49333	1.77108	.785	-3.3053	4.2919
			5	5.59333*	1.77108	.007	1.7947	9.3919
			10	9.96000*	1.77108	.000	6.1614	13.7586
			20	12.82333*	1.77108	.000	9.0247	16.6219
			30	19.66333*	1.77108	.000	15.8647	23.4619
		5	0	-8.97333*	1.77108	.000	-12.7719	-5.1747
			1	-5.10000*	1.77108	.012	-8.8986	-1.3014
			2	-5.59333*	1.77108	.007	-9.3919	-1.7947
			10	4.36667*	1.77108	.027	.5681	8.1653
			20	7.23000*	1.77108	.001	3.4314	11.0286
			30	14.07000*	1.77108	.000	10.2714	17.8686
		10	0	-13.34000*	1.77108	.000	-17.1386	-9.5414
			1	-9.46667*	1.77108	.000	-13.2653	-5.6681
			2	-9.96000*	1.77108	.000	-13.7586	-6.1614

	5	-4.36667*	1.77108	.027	-8.1653	-.5681
	20	2.86333	1.77108	.128	-.9353	6.6619
	30	9.70333*	1.77108	.000	5.9047	13.5019
20	0	-16.20333*	1.77108	.000	-20.0019	-12.4047
	1	-12.33000*	1.77108	.000	-16.1286	-8.5314
	2	-12.82333*	1.77108	.000	-16.6219	-9.0247
	5	-7.23000*	1.77108	.001	-11.0286	-3.4314
	10	-2.86333	1.77108	.128	-6.6619	.9353
	30	6.84000*	1.77108	.002	3.0414	10.6386
30	0	-23.04333*	1.77108	.000	-26.8419	-19.2447
	1	-19.17000*	1.77108	.000	-22.9686	-15.3714
	2	-19.66333*	1.77108	.000	-23.4619	-15.8647
	5	-14.07000*	1.77108	.000	-17.8686	-10.2714
	10	-9.70333*	1.77108	.000	-13.5019	-5.9047
	20	-6.84000*	1.77108	.002	-10.6386	-3.0414

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Phụ lục 4.9 Ảnh hưởng của độ ẩm không khí lên một số tính chất hóa lý của bột sơ ri sấy phun

Chỉ tiêu	Lần đo	ERH				
		8	22	43	75	84
Âm bột (%)	Lần 1	2,99	5,35	6,69	12,04	19,52
	Lần 2	2,98	5,33	6,68	12,04	19,47
	Lần 3	2,96	5,32	6,63	12,03	19,47
TPC (%)	Lần 1	56,81	57,66	43,73	35,04	22,63
	Lần 2	56,82	57,67	45,92	37,10	24,53
	Lần 3	54,57	57,68	45,94	37,10	26,42
TFC (%)	Lần 1	35,55	30,36	27,79	20,15	22,13
	Lần 2	35,42	26,43	26,06	20,78	20,76
	Lần 3	33,35	28,71	24,54	19,56	19,53
Vitamin C (%)	Lần 1	20,85	24,77	11,12	2,78	2,78
	Lần 2	19,74	23,44	13,16	2,63	2,63
	Lần 3	20,85	27,51	11,12	2,78	2,78
DPPH (%)	Lần 1	83,04	81,84	80,54	59,58	55,99
	Lần 2	83,43	82,24	80,04	60,07	56,19
	Lần 3	82,04	82,14	81,04	59,68	55,79

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Am	Between Groups	521.606	4	130.402	267948.507	.000
	Within Groups	.005	10	.000		
	Total	521.611	14			
TPC	Between Groups	2312.011	4	578.003	348.231	.000
	Within Groups	16.598	10	1.660		
	Total	2328.609	14			
TFC	Between Groups	432.743	4	108.186	53.419	.000
	Within Groups	20.252	10	2.025		
	Total	452.996	14			
VitC	Between Groups	1252.013	4	313.003	255.730	.000
	Within Groups	12.240	10	1.224		
	Total	1264.253	14			
DPPH	Between Groups	2091.813	4	522.953	2859.543	.000
	Within Groups	1.829	10	.183		
	Total	2093.642	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable		(I) ERH	(J) ERH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Am	LSD	8	22	-2.35333*	.01801	.000	-2.3935	-2.3132
			43	-3.68667*	.01801	.000	-3.7268	-3.6465
			75	-9.05667*	.01801	.000	-9.0968	-9.0165
			84	-16.50667*	.01801	.000	-16.5468	-16.4665
		22	8	2.35333*	.01801	.000	2.3132	2.3935
			43	-1.33333*	.01801	.000	-1.3735	-1.2932
			75	-6.70333*	.01801	.000	-6.7435	-6.6632
			84	-14.15333*	.01801	.000	-14.1935	-14.1132
		43	8	3.68667*	.01801	.000	3.6465	3.7268
			22	1.33333*	.01801	.000	1.2932	1.3735
			75	-5.37000*	.01801	.000	-5.4101	-5.3299
			84	-12.82000*	.01801	.000	-12.8601	-12.7799
		75	8	9.05667*	.01801	.000	9.0165	9.0968
			22	6.70333*	.01801	.000	6.6632	6.7435
			43	5.37000*	.01801	.000	5.3299	5.4101
			84	-7.45000*	.01801	.000	-7.4901	-7.4099
		84	8	16.50667*	.01801	.000	16.4665	16.5468
			22	14.15333*	.01801	.000	14.1132	14.1935
			43	12.82000*	.01801	.000	12.7799	12.8601
			75	7.45000*	.01801	.000	7.4099	7.4901
TPC	LSD	8	22	-1.60333	1.05193	.158	-3.9472	.7405
			43	10.87000*	1.05193	.000	8.5262	13.2138
			75	19.65333*	1.05193	.000	17.3095	21.9972
			84	31.54000*	1.05193	.000	29.1962	33.8838
		22	8	1.60333	1.05193	.158	-.7405	3.9472

			43	12.47333*	1.05193	.000	10.1295	14.8172
			75	21.25667*	1.05193	.000	18.9128	23.6005
			84	33.14333*	1.05193	.000	30.7995	35.4872
		43	8	-10.87000*	1.05193	.000	-13.2138	-8.5262
			22	-12.47333*	1.05193	.000	-14.8172	-10.1295
			75	8.78333*	1.05193	.000	6.4395	11.1272
			84	20.67000*	1.05193	.000	18.3262	23.0138
		75	8	-19.65333*	1.05193	.000	-21.9972	-17.3095
			22	-21.25667*	1.05193	.000	-23.6005	-18.9128
			43	-8.78333*	1.05193	.000	-11.1272	-6.4395
			84	11.88667*	1.05193	.000	9.5428	14.2305
		84	8	-31.54000*	1.05193	.000	-33.8838	-29.1962
			22	-33.14333*	1.05193	.000	-35.4872	-30.7995
			43	-20.67000*	1.05193	.000	-23.0138	-18.3262
			75	-11.88667*	1.05193	.000	-14.2305	-9.5428
TFC	LSD	8	22	6.27333*	1.16196	.000	3.6843	8.8623
			43	8.64333*	1.16196	.000	6.0543	11.2323
			75	14.61000*	1.16196	.000	12.0210	17.1990
			84	13.96667*	1.16196	.000	11.3777	16.5557
		22	8	-6.27333*	1.16196	.000	-8.8623	-3.6843
			43	2.37000	1.16196	.069	-.2190	4.9590
			75	8.33667*	1.16196	.000	5.7477	10.9257
			84	7.69333*	1.16196	.000	5.1043	10.2823
		43	8	-8.64333*	1.16196	.000	-11.2323	-6.0543
			22	-2.37000	1.16196	.069	-4.9590	.2190
			75	5.96667*	1.16196	.000	3.3777	8.5557
			84	5.32333*	1.16196	.001	2.7343	7.9123
		75	8	-14.61000*	1.16196	.000	-17.1990	-12.0210
			22	-8.33667*	1.16196	.000	-10.9257	-5.7477
			43	-5.96667*	1.16196	.000	-8.5557	-3.3777
			84	-.64333	1.16196	.592	-3.2323	1.9457
		84	8	-13.96667*	1.16196	.000	-16.5557	-11.3777
			22	-7.69333*	1.16196	.000	-10.2823	-5.1043
			43	-5.32333*	1.16196	.001	-7.9123	-2.7343
			75	.64333	1.16196	.592	-1.9457	3.2323
VitC	LSD	8	22	-4.76000*	.90331	.000	-6.7727	-2.7473
			43	8.68000*	.90331	.000	6.6673	10.6927
			75	17.75000*	.90331	.000	15.7373	19.7627
			84	17.75000*	.90331	.000	15.7373	19.7627
		22	8	4.76000*	.90331	.000	2.7473	6.7727
			43	13.44000*	.90331	.000	11.4273	15.4527
			75	22.51000*	.90331	.000	20.4973	24.5227
			84	22.51000*	.90331	.000	20.4973	24.5227
		43	8	-8.68000*	.90331	.000	-10.6927	-6.6673
			22	-13.44000*	.90331	.000	-15.4527	-11.4273
			75	9.07000*	.90331	.000	7.0573	11.0827
			84	9.07000*	.90331	.000	7.0573	11.0827
		75	8	-17.75000*	.90331	.000	-19.7627	-15.7373
			22	-22.51000*	.90331	.000	-24.5227	-20.4973
			43	-9.07000*	.90331	.000	-11.0827	-7.0573
			84	.00000	.90331	1.000	-2.0127	2.0127
		84	8	-17.75000*	.90331	.000	-19.7627	-15.7373

			22	-22.51000*	.90331	.000	-24.5227	-20.4973
			43	-9.07000*	.90331	.000	-11.0827	-7.0573
			75	.00000	.90331	1.000	-2.0127	2.0127
DPPH	LSD	8	22	.76333	.34917	.054	-.0147	1.5413
			43	2.29667*	.34917	.000	1.5187	3.0747
			75	23.06000*	.34917	.000	22.2820	23.8380
			84	26.84667*	.34917	.000	26.0687	27.6247
		22	8	-.76333	.34917	.054	-1.5413	.0147
			43	1.53333*	.34917	.001	.7553	2.3113
			75	22.29667*	.34917	.000	21.5187	23.0747
			84	26.08333*	.34917	.000	25.3053	26.8613
		43	8	-2.29667*	.34917	.000	-3.0747	-1.5187
			22	-1.53333*	.34917	.001	-2.3113	-.7553
			75	20.76333*	.34917	.000	19.9853	21.5413
			84	24.55000*	.34917	.000	23.7720	25.3280
		75	8	-23.06000*	.34917	.000	-23.8380	-22.2820
			22	-22.29667*	.34917	.000	-23.0747	-21.5187
			43	-20.76333*	.34917	.000	-21.5413	-19.9853
			84	3.78667*	.34917	.000	3.0087	4.5647
		84	8	-26.84667*	.34917	.000	-27.6247	-26.0687
			22	-26.08333*	.34917	.000	-26.8613	-25.3053
			43	-24.55000*	.34917	.000	-25.3280	-23.7720
			75	-3.78667*	.34917	.000	-4.5647	-3.0087