

TẠP CHÍ

p-ISSN 3093 - 3382
e-ISSN 3093 - 3153

Nông nghiệp & Môi trường

SCIENCE JOURNAL OF AGRICULTURE AND ENVIRONMENT
TẠP CHÍ KHOA HỌC CỦA BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG

Số đặc biệt

SƠ CHẾ BẢO QUẢN

NÔNG SẢN THỰC PHẨM

Tháng 8
2025

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Editorial Committee

1. CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG:

PHÙNG ĐỨC TIẾN

2. PHÓ CHỦ TỊCH KIÊM TỔNG THƯ KÝ HỘI ĐỒNG:

NGUYỄN THỊ THANH THỦY

3. CÁC ỦY VIÊN:

NGUYỄN HỮU NINH

Vụ Khoa học, Công nghệ và Môi trường

TRẦN ĐÌNH LUÂN

Cục Thủy sản

VÕ ĐẠI HẢI

Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

TRẦN ĐÌNH HÒA

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

PHẠM VĂN TOÀN

Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

PHẠM ANH TUẤN

*Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ
sau thu hoạch*

TRẦN CÔNG THẮNG

*Viện Chính sách và
Chiến lược phát triển nông nghiệp nông thôn*

PHẠM DOÃN LÂN

Viện Chăn nuôi

TRỊNH MINH THỤY

Trường Đại học Thủy lợi

PHẠM VĂN ĐIỀN

Trường Đại học Lâm nghiệp

PHẠM VĂN CƯỜNG

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

LÊ ANH TUẤN

Đại học Bách Khoa Hà Nội

TRẦN ĐĂNG HÒA

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

NGUYỄN THANH PHƯƠNG

Trường Đại học Cần Thơ

BÙI HUY HIỀN

Hội Khoa học Đất Việt Nam

NGÔ XUÂN BÌNH

*Ban Chủ nhiệm Chương trình công nghệ
sinh học, Bộ Khoa học và Công nghệ*

LÊ MẠNH HÙNG

*Hội Khoa học và Kỹ thuật Thủy lợi
thành phố Hồ Chí Minh*

NGUYỄN VĂN CẨM

Hội Thú y Việt Nam

BÙI CHÍ BỬU

*Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền
Nam, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*

TRẦN VĂN CHỨ

Trường Đại học Lâm nghiệp

PHẠM QUANG THU

*Trung tâm Nghiên cứu Bảo vệ rừng,
Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam*

NGUYỄN DUY HOAN

*Trường Đại học Nông Lâm,
Đại học Thái Nguyên*

NGUYỄN VĂN THANH

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

LÊ ĐỨC NGOAN

Hiệp hội thức ăn chăn nuôi Việt Nam

ĐỖ KIM CHUNG

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

TẠP CHÍ

**NÔNG NGHIỆP
& MÔI TRƯỜNG**

p-ISSN 3093-3382
e-ISSN 3093-3153

NĂM THỨ HAI MƯƠI LĂM

**SỐ ĐẶC BIỆT
SƠ CHẾ BẢO QUẢN
NÔNG SẢN THỰC PHẨM**

Tháng 8/2025

**TỔNG BIÊN TẬP
TS. ĐÀO XUÂN HÙNG
ĐT: 024.37711070**

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. DƯƠNG THANH HẢI
ThS. KIỀU ĐĂNG TUYẾT**

ĐT: 024.38345457

TOÀ SOẠN

Số 10 Nguyễn Công Hoan
Phường Giảng Võ - TP. Hà Nội
ĐT: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinmt@mae.gov.vn
http://tapchikhoahoc.nnmt.net.vn

Giấy phép số:

23/GP - BVHTTDL
Bộ Văn hoá, Thể thao và Du lịch
cấp ngày 25 tháng 4 năm 2025

**Chế bản tại Tạp chí
Nông nghiệp và Môi trường
In tại Công ty TNHH Sản xuất
Thương mại Hưng Hà**

**Đơn vị phát hành: Công ty
Phát hành báo chí Trung ương
ĐT: 0913023486**

MỤC LỤC

- | | |
|---|---------|
| □ PHẠM ANH TUẤN, NGUYỄN SÁNG, LÊ HÀ HẢI. Bước đầu phân lập, tuyển chọn và đánh giá khả năng ức chế một số nấm bệnh sau thu hoạch trên quả chanh leo tím tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La | 5-15 |
| □ NGUYỄN VĂN NGUYỄN, PHẠM ANH TUẤN, NGUYỄN TIẾN NAM. Nghiên cứu một thông số công nghệ xử lý chế phẩm AVG (Aminoethoxy Vinyl Glycine) để kéo dài thời gian thu hoạch cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp | 16-24 |
| □ VŨ THỊ NGA, NGUYỄN THỊ HẠNH, NGUYỄN THỊ TÚ QUỲNH, NGUYỄN HỒNG DŨNG, LÊ THỊ HIỀN, NGUYỄN MẠNH HIẾU. Nghiên cứu ảnh hưởng của bao gói MAP đến chất lượng quả chanh leo tím | 25-33 |
| □ NGUYỄN MAI HƯƠNG, CAO SĨ KIÊN, NGUYỄN THỊ HẠNH, ĐỖ THU TRANG, NGUYỄN MẠNH HIẾU. Ảnh hưởng của màng phủ chitosan kết hợp Curcumin-removed turmeric oleoresin đến nấm gây bệnh trên chuối tiêu hồng sau thu hoạch | 34-44 |
| □ NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT, VŨ THỊ NGA, TẠ PHƯƠNG THẢO. Ảnh hưởng của thời điểm xử lý hexanal giai đoạn cận thu hoạch đến thời gian thu hái và chất lượng quả xoài Úc (<i>Mangifera indica</i> L.) | 45-53 |
| □ LÃ MẠNH TUẤN, PHẠM CAO THĂNG, PHẠM MINH TUẤN. Nghiên cứu công nghệ sản xuất và đánh giá hiệu quả của túi bao quả trên cây na dai (<i>Annona squamosa</i> L.) tại huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn | 54-63 |
| □ LÊ MINH HÙNG, TRẦN THỊ KIM OANH, NGUYỄN VĨNH PHÚC, LÊ THƯ LÂM, NGUYỄN HOÀI NAM, ĐÀO VĨNH HƯNG. Nghiên cứu tổng quan công nghệ và thiết bị sơ chế, xử lý, bảo quản xoài, thanh long, chanh dây và bưởi | 64-76 |
| □ TRẦN THỊ KIM OANH, SAN TRÂM ANH, ĐẶNG THỊ SÁU, LÂM ĐÔNG PHỐ, NGUYỄN VĨNH PHÚC. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời điểm thu hoạch đến chất lượng và khả năng bảo quản quả chanh dây tím | 77-83 |
| □ LÊ MINH HÙNG, NGUYỄN VĨNH PHÚC. Nghiên cứu công nghệ xử lý mù và bảo quản quả xoài R2E2 (<i>Mangifera indica</i> L.) | 84-91 |
| □ NGUYỄN VĨNH PHÚC, NGUYỄN LAN THANH, NGUYỄN THỊ HUỆ, LÊ MINH HÙNG. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số chế phẩm tạo màng đến chất lượng bưởi da xanh sau thu hoạch | 92-101 |
| □ HOÀNG THỊ LỆ HẰNG, NGUYỄN ĐỨC HẠNH, NGUYỄN HOÀNG VIỆT, HOÀNG THỊ TUYẾT MAI. Ảnh hưởng của độ già thu hoạch đến khả năng bảo quản quả chuối tây giống GL3-2 | 102-112 |
| □ NGUYỄN ĐỨC HẠNH, HOÀNG THỊ LỆ HẰNG, NGUYỄN HOÀNG VIỆT, HOÀNG LÂM TÙNG, HOÀNG THỊ TUYẾT MAI, NGUYỄN HỮU ĐỨC THỊNH. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và bao bì đến khả năng bảo quản quả chuối tây giống GL3-2 | 113-123 |

TẠP CHÍ

**NÔNG NGHIỆP
& MÔI TRƯỜNG**

p-ISSN 3093-3382
e-ISSN 3093-3153

NĂM THỨ HAI MƯƠI LĂM

SỐ ĐẶC BIỆT
SƠ CHẾ BẢO QUẢN
NÔNG SẢN THỰC PHẨM

Tháng 8/2025

TỔNG BIÊN TẬP
TS. ĐÀO XUÂN HÙNG
ĐT: 024.37711070

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. DƯƠNG THANH HẢI
ThS. KIỀU ĐĂNG TUYẾT

ĐT: 024.38345457

TOÀ SOẠN

Số 10 Nguyễn Công Hoan
Phường Giảng Võ - Hà Nội
ĐT: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinmnt@mae.gov.vn
http://tapchikhoahoc.nnmt.net.vn

Giấy phép số:
23/GP - BVHTTDL
Bộ Văn hoá, Thể thao và Du lịch
cấp ngày 25 tháng 4 năm 2025

**Chế bản tại Tạp chí
Nông nghiệp và Môi trường
In tại Công ty TNHH Sản xuất
Thương mại Hưng Hà**

**Đơn vị phát hành: Công ty
Phát hành báo chí Trung ương
ĐT: 0913023486**

MỤC LỤC

- ❑ NGÔ DUY QUANG, MAI CÁT DUYÊN, LÊ DUY NGHĨA, PHAN THỊ THANH QUẾ. Ảnh hưởng của điều kiện xử lý trước gieo hạt đến chất lượng rau mầm trồng từ hạt thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) 124-133
- ❑ LÊ ANH TUẤN, TRẦN VĂN QUY, VŨ KIỀU SÂM, NGUYỄN VĂN LỢI. Nghiên cứu lựa chọn thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh tại tỉnh Quảng Trị 134-141
- ❑ NGUYỄN THU HUYỀN, CÙ THỊ HẰNG, LÊ THỊ THU, PHAN THỊ THU, NGUYỄN THỊ NỤ, CHU THỊ MỸ. Nghiên cứu một số kỹ thuật sơ chế và bảo quản đến chất lượng và thời gian bảo quản bạch chỉ 142-149
- ❑ NGUYỄN ĐỨC TUÂN, TRẦN VĂN CHÍ, PHẠM THỊ VINH, TRINH THỊ CHUNG. Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ calcium chloride đến khả năng bảo quản sau thu hoạch của quả đào lông 150-157
- ❑ TRẦN THỊ KIM NHI, NGUYỄN ĐỨC CHUNG, NGUYỄN THỊ DIỄM HƯƠNG, TỐNG THỊ QUỲNH ANH, NGUYỄN THỊ VÂN ANH, NGUYỄN HUYNH PHÚ LÂM, NGUYỄN VĂN TOẢN. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ thấp đến sự biến đổi sinh lý, sinh hóa của quả chanh dây tím (*Passiflora edulis* Sims.) trong bảo quản sau thu hoạch 158-167
- ❑ TRẦN CHÍ HẢI, ĐẶNG THỊ HIỀN DIỆU, PHAN VĂN MẮN, NGUYỄN THANH SANG. Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp dịch chiết giàu astaxanthin trong dung môi eutectic sâu kết hợp chitosan trong quá trình bảo quản quả chuối già (*Musa paradisiaca* L.) 168-177
- ❑ VŨ ĐÌNH TIẾN, VŨ DUY HÙNG. Công nghệ bong bóng nano trong bảo quản thủy sản: Cơ chế và ứng dụng 178-187
- ❑ NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT, PHẠM ANH TUẤN, LÊ ĐỨC THÔNG, NGÔ THỊ THANH THỦY. Nghiên cứu một số thông số của quá trình cấp đông bằng chất tải lạnh lỏng ứng dụng trong chế biến và bảo quản gà đông lạnh 188-197
- ❑ TRẦN THỊ TƯỜNG VI, NGUYỄN THỊ VÂN LINH, NGUYỄN QUỐC DUY, HUYNH QUỐC TRUNG, TRƯƠNG THỊ HỒNG THẨM, NGÔ THỊ NGỌC HÂN, NGUYỄN DUY LÂM. So sánh hiệu quả vi bao và động học phân hủy anthocyanin dâu tằm đen (*Morus nigra* L.) thu nhận bằng phương pháp sấy thăng hoa và sấy cửa sổ khúc xạ 198-207
- ❑ TRẦN HOÀNG QUYÊN, ĐẶNG THU HƯƠNG, LÊ VĂN BẮC, PHẠM LINH KHOA, NGUYỄN MINH CHÂU, VŨ ĐỨC MẠNH. Công nghệ sấy ứng dụng trong sản xuất bột quả bơ: Tiềm năng và thách thức 208-218
- ❑ CHÂU VĂN ĐAN, NGUYỄN BÌNH ĐẰNG, NGUYỄN TUẤN ANH, TRẦN CHÍ NHÂN. Xây dựng mô hình động học và sự thay đổi hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa của bột rau má (*Centella asiatica* (L.) Urb.) bằng phương pháp sấy bơm nhiệt 219-230
- ❑ NGUYỄN THỊ NHƯ HẠ, VÕ TRUNG NGUYÊN, LÊ THỊ MINH THỦY. Ảnh hưởng của cao chiết hành tím (*Allium ascalonicum*) đến chất lượng và khả năng bảo quản lạp xường cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) 231-242

**VIETNAM JOURNAL OF
AGRICULTURE AND
ENVIRONMENT**

p-ISSN 3093-3382
e-ISSN 3093-3153

**SPECIAL ISSUE
HANDLING OF AGRICULTURAL AND
FOOD PRODUCTS**

August - 2025

**Editor-in-Chief
Dr. DAO XUAN HUNG**
Tel: 024.37711070

**Deputy Editor-in-Chief
Dr. DUONG THANH HAI
MS. KIEU DANG TUYET**
Tel: 024.38345457

Head-office
No 10 Nguyenconghoan
Giangvo - Hanoi - Vietnam
Tel: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinmt@mae.gov.vn
<http://tapchikhoahoc.nnmt.net.vn>

License No.23/GP - BVHTTDL issued
by the Ministry of Culture, Sports and
Tourism on April 25, 2025

Printing in Hung Ha trading
production company Limited

CONTENTS

- | | |
|--|---------|
| ❑ PHAM ANH TUAN, NGUYEN SANG, LE HA HAI. Preliminary isolation, selection, and evaluation of the inhibitory potential against postharvest pathogenic fungi on purple passion fruitsin Moc Chau city, Son La province | 5-15 |
| ❑ NGUYEN VAN NGUYEN, PHAM ANH TUAN, NGUYEN TIEN NAM. Research on some technological parameters of treatment AVG (Aminoethoxy Vinyl Glycine) product to extend the harvest time of oranges in Dong Thap province | 16-24 |
| ❑ VU THI NGA, NGUYEN THI HANH, NGUYEN THI TU QUYNH, NGUYEN HONG DUNG, LE THI HIEN, NGUYEN MANH HIEU. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of purple passion fruit | 25-33 |
| ❑ NGUYEN MAI HUONG, CAO SI KIEN, NGUYEN THI HANH, DO THU TRANG, NGUYEN MANH HIEU. Effect of chitosan coating combined with Curcumin - removed turmeric oleoresin on postharvest pathogenic fungi in cavendish banana (<i>Musa acuminata</i>) | 34-44 |
| ❑ NGUYEN THI MINH NGUYET, VU THI NGA, TA PHUONG THAO. Effect of preharvest hexanal application timing on harvest period and fruit quality of Australian mango (<i>Mangifera indica</i> L.) | 45-53 |
| ❑ LA MANH TUAN, PHAM CAO THANG, PHAM MINH TUAN. Study of the production technology and evaluation of fruit bag effectiveness for sugar apple (<i>Annona squamosa</i> L.) in Chi Lang district, Lang Son province | 54-63 |
| ❑ LE MINH HUNG, TRAN THI KIM OANH, NGUYEN VINH PHUC, LE THU LAM, NGUYEN HOAI NAM, DAO VINH HUNG. Overview of technologies and equipment for preprocessing, treatment preservation of mango, dragon fruit, passion fruit and pomelo | 64-76 |
| ❑ TRAN THI KIM OANH, SAN TRAM ANH, DANG THI SAU, LAM DONG PHO, NGUYEN VINH PHUC. Investigating influence of harvest time on the quality and postharvest storability of purple passion fruit | 77-83 |
| ❑ LE MINH HUNG, NGUYEN VINH PHUC. Research on sap burn management and postharvest preservation technology of R2E2 (<i>Mangifera indica</i> L.) | 84-91 |
| ❑ NGUYEN VINH PHUC, NGUYEN LAN THANH, NGUYEN THI HUE, LE MINH HUNG. Study on the influences of coating wax on quality of post - harvest pomelo | 92-101 |
| ❑ HOANG THI LE HANG, NGUYEN DUC HANH, NGUYEN HOANG VIET, HOANG THI TUYET MAI. Effect of harvest maturity on the storability of GL3-2 banana fruits | 102-112 |
| ❑ NGUYEN DUC HANH, HOANG THI LE HANG, NGUYEN HOANG VIET, HOANG LAM TUNG, HOANG THI TUYET MAI, NGUYEN HUU DUC THINH. The effects of temperatures and packaging on the storability of banana variety GL3-2 | 113-123 |

**VIETNAM JOURNAL OF
AGRICULTURE AND
ENVIRONMENT**

**p-ISSN 3093-3382
e-ISSN 3093-3153**

**SPECIAL ISSUE
HANDLING OF AGRICULTURAL AND
FOOD PRODUCTS**

August - 2025

**Editor-in-Chief
Dr. DAO XUAN HUNG**
Tel: 024.37711070

**Deputy Editor-in-Chief
Dr. DUONG THANH HAI
MS. KIEU DANG TUYET**
Tel: 024.38345457

Head-office
No 10 Nguyenconghoan
Giang Vo - Hanoi - Vietnam
Tel: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinmt@mae.gov.vn
<http://tapchikhoahoc.nnmt.net.vn>

License No.23/GP - BVHTTDL issued
by the Ministry of Culture, Sports and
Tourism on April 25, 2025

Printing in Hung Ha trading
production company Limited

CONTENTS

- ❑ NGO DUY QUANG, MAI CAT DUYEN, LE DUY NGHIA, PHAN THI THANH QUE. Effect of pre-sowing treatment conditions on the quality of sprouts produced from red-fleshed dragon fruit seeds (*Hylocereus polyrhizus*) 124-133
- ❑ LE ANH TUAN, TRAN VAN QUY, VU KIEU SAM, NGUYEN VAN LOI. Research on selecting the appropriate harvest time of peppercorns for green peppercorn processing in Quang Tri province 134-141
- ❑ NGUYEN THU HUYEN, CU THI HANG, LE THI THU, PHAN THI THU, NGUYEN THI NU, CHU THI MY. Research on treatment preliminary methods and storage on quality and storage of *Radix Angelicae dahuricae* 142-149
- ❑ NGUYEN DUC TUAN, TRAN VAN CHI, PHAM THI VINH, TRINH THI CHUNG. Research on the effect of calcium chloride concentration on the postharvest preservation of fuzzy peaches 150-157
- ❑ TRAN THI KIM NHI, NGUYEN DUC CHUNG, NGUYEN THI DIEM HUONG, TONG THI QUYNH ANH, NGUYEN THI VAN ANH, NGUYEN HUYNH PHU LAM, NGUYEN VAN TOAN. Study on the effects of low temperature on the physiological and biochemical changes of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) during postharvest storage 158-167
- ❑ TRAN CHI HAI, DANG THI HIEN DIEU, PHAN VAN MAN, NGUYEN THANH SANG. Application of a deep eutectic solvent - based astaxanthin - rich extract combined with chitosan for the postharvest preservation of *Musa paradisiaca* L. bananas 168-177
- ❑ VU DINH TIEN, VU DUY HUNG. Nanobubble technology in seafood preservation: Mechanisms and applications 178-187
- ❑ NGUYEN THI MINH NGUYET, PHAM ANH TUAN, LE DUC THONG, NGO THI THANH THUY. Study on selected parameters of liquid cryogen freezing process applied to the processing and preservation of frozen chicken 188-197
- ❑ TRAN THI TUONG VI, NGUYEN THI VAN LINH, NGUYEN QUOC DUY, HUYNH QUOC TRUNG, TRUONG THI HONG THAM, NGO THI NGOC HAN, NGUYEN DUY LAM. A comparative study on selected physicochemical properties, encapsulation efficiency degradation kinetics of anthocyanin - rich powder from black mulberry fruits produced by refractance window drying and freeze drying techniques 198-207
- ❑ TRAN HOANG QUYEN, DANG THU HUONG, LE VAN BAC, PHAM LINH KHOA, NGUYEN MINH CHAU, VU DUC MANH. Drying technologies for avocado powder production: Potentials and challenges 208-218
- ❑ CHAU VAN DAN, NGUYEN BINH DANG, NGUYEN TUAN ANH, TRAN CHI NHAN. Modeling the drying kinetics and changes in antioxidant compounds of gotu kola (*Centella asiatica* (L.) Urb.) powder using heat pump drying method 219-230
- ❑ NGUYEN THI NHU HA, VO TRUNG NGUYEN, LE THI MINH THUY. Effect of shallot (*Allium ascalonicum*) extract on the quality and shelf-life of dried striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) sausage 231-242

BƯỚC ĐẦU PHÂN LẬP, TUYỂN CHỌN VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨC CHẾ MỘT SỐ NẤM BỆNH SAU THU HOẠCH TRÊN QUẢ CHANH LEO TÍM TẠI THỊ XÃ MỘC CHÂU, TỈNH SON LA

Phạm Anh Tuấn^{1*}, Nguyễn Sáng², Lê Hà Hải¹

¹ Viên Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

² Công ty Cổ phần Đầu tư và Thương mại New Era, Hà Nội, Việt Nam

*Email: phamtuanvcd@gmail.com

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là phân lập, tuyển chọn và thực nghiệm xác định khả năng ức chế một số nấm bệnh tuyển chọn trên vỏ quả chanh leo tím trồng tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La. Kết quả từ 18 quả chanh leo tím nhiễm nấm bệnh đã phân lập được 42 chủng nấm, trong đó 10 chủng (ký hiệu NSASF1, NSASF2, MNF1, ASF8, ASF9, ASF10, ASF14, ASF15, ASF18, ASF29) chiếm tần số phân lập cao từ 80 - 90% được lựa chọn và phân loại đến loài. Dựa trên đặc điểm hình thái khuẩn lạc và bào tử, kết hợp với so sánh trình tự vùng gen ITS, đã xác định 10 chủng nấm thuộc 4 chi gồm: *Lasiodiplodia* (40%), *Aspergillus* (30%), *Fusarium* (20%) và *Rhizopus* (10%). Cụ thể đã định danh đến loài: *Lasiodiplodia theobromae* MNF1; *Lasiodiplodia theobromae* ASF9; *Lasiodiplodia theobromae* ASF18; *A. fumigatus* NSASF2; *Lasiodiplodia laosensis* NSASF1; *A. niger* ASF8; *A. niger* ASF10; *F. foetens* ASF14; *Fusarium proliferatum* ASF15; *R. arrhizus* ASF29. Thử nghiệm khả năng sinh trưởng của 10 chủng nấm trong môi trường nuôi cấy với 2 loại axit hữu cơ là axit propionic (PPA) và axit citric cho thấy, PPA có khả năng ức chế mạnh hơn axit citric. Cụ thể, trong môi trường axit citric thì nồng độ ức chế tối thiểu MIC là 1,0% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC > 1,2% còn trong môi trường PPA, nồng độ ức chế tối thiểu MIC là 0,10% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC là > 0,12%. Kết quả này làm cơ sở để tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý bằng PPA đến hiệu quả bảo quản quả chanh leo tím.

Từ khóa: Quả chanh leo tím, phân lập, tuyển chọn, nấm bệnh, ức chế, sự phát triển.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chanh leo (*Passiflora edulis*) thuộc họ Passifloraceae, chi *Passiflora*, loài *Passiflora* spp., phân bố ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới của châu Mỹ, châu Á và châu Phi. Tại Việt Nam, cây chanh leo được du nhập vào khoảng đầu thế kỷ XX [1]. Giống chanh được trồng chủ yếu là chanh leo tím, tập trung tại các vùng Tây Nguyên, trung du và miền núi phía Bắc và Bắc Trung bộ. Quả chanh leo là nguồn cung cấp chất dinh dưỡng, đặc biệt là chất xơ, vitamin A và vitamin C, giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học như: Flavonoid, axit phenolic và proanthocyanidin, các loại khoáng chất (K, P, Ca, Fe, Mg, S) và protein [2, 3].

Chanh leo là loại quả chín sau thu hoạch, dễ bị hư hỏng do mất nước, giảm chất lượng cảm quan và đặc biệt là sự gây hại của loại nấm bệnh. Để kéo dài thời gian bảo quản, việc phân lập và giải pháp ức chế sự phát triển của các loại nấm bệnh phổ biến trên quả chanh leo là chủ đề đang được nhiều nhà khoa học quan tâm. Các nghiên cứu về phân lập, định tên các loại nấm bệnh trên vỏ quả chanh leo đã được công bố: Kết quả phân lập mẫu chanh leo tím ở Kenya đã xác định được 4 loài nấm gây bệnh phổ biến là *Alternaria* spp. (45%), *Fusarium* spp. (22%), *Colletotrichum* spp. (17%) và *Penicillium* spp. (16%) [4]. Tương tự trên mẫu quả chanh leo vàng và tím ở Trung Quốc có 4 loài là *Fusarium* spp. (26,9%), *Cladosporium* spp.

(15,38%), *Alternaria* spp. (19,23%) và *Colletotrichum* spp. (7,69%) [5]. Trên mẫu quả chanh leo tím ở Minas Gerais (Brazil) có 1 loài là *Diaporthe infecunda* [6]. Mẫu chanh leo ở Phúc Kiến có 1 loài là *Diaporthe passiflorae* [7]. Trên mẫu quả chanh leo tím ở Quảng Đông (Trung Quốc) có 1 loài là *Lasiodiplodia theobromae* [8]. Trên mẫu quả chanh leo tím ở Vân Nam (Trung Quốc) có 1 loài là *Trichothecium roseum* [9]. Trên mẫu quả chanh leo vàng ở São Paulo (Brazil) có 1 loài là *Colletotrichum boninense* [10]. Trên mẫu quả chanh leo vàng ở Hải Nam (Trung Quốc), có 1 loài là *Colletotrichum brevisporum* [11].

Các giải pháp ức chế sự phát triển của nấm bệnh cũng được nghiên cứu chủ yếu sử dụng các loại axit hữu cơ. Nghiên cứu ảnh hưởng của PPA, axit axetic, axit formic đến khả năng kháng các loài nấm bệnh (*Macrophomina phaseolina*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum* và *Rhizoctonia solani*). Kết quả cho thấy, PPA có khả năng ức chế nấm và diệt nấm vượt trội hơn so với axit formic và axit acetic. Ở các mức nồng độ axit PPA 0,7%, axit formic 0,9% và axit acetic 1,8% là hoàn toàn ức chế sự sinh trưởng của tất cả các loại nấm khảo sát [12]. Tiếp theo nghiên cứu ức chế của nấm *Colletotrichum gloeosporioides* và kiểm soát bệnh thán thư gây thối quả xoài bằng PPA. Kết quả cho thấy, mức giảm hoàn toàn sự phát triển của nấm và sự nảy mầm của bào tử ở 0,09% axit PPA. Trong khi với mức xử lý với 0,12% axit PPA, đạt hiệu quả bảo vệ cao chống lại bệnh thán thư [13].

Trong phạm vi bài báo này, nghiên cứu tiến hành phân lập, tuyển chọn một số loài nấm bệnh gây hại trên quả chanh leo tím sau thu hoạch trồng tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La và thực nghiệm giải pháp ức chế sự phát triển đối với các chủng đã tuyển chọn làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về công nghệ sơ chế xử lý tiền bảo quản quả chanh leo tím.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và hóa chất sử dụng

2.1.1. Nguyên liệu

Quả chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims) trồng tại thị xã Mộc Châu, tỉnh Sơn La (vĩ độ

20°51 B, kinh độ 104°37 Đ, ở độ cao 1.050 m so với mực nước biển. Cây chanh leo 2 năm tuổi đã thu hoạch được 2 vụ. Thời điểm thu hái tháng 5/2024 vào buổi sáng sớm (7:00 - 8:00 giờ) theo kế hoạch và phương pháp lấy mẫu, quả chanh leo sau thu hái được bọc lớp giấy báo và đóng trong thùng xốp đậy kín để vận chuyển về Phòng thí nghiệm phân tích Viện Công nghệ sinh học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.1.2. Hóa chất sử dụng

Môi trường PDA dùng để phân lập nấm (g/L): Dịch chiết khoai tây 200, dextrose 20, thạch 18, nước cất đủ 1.000 mL; pH 6,5.

Môi trường PDB dùng để hoạt hoá nấm (g/L): Dịch chiết khoai tây 200, dextrose 20, nước cất đủ 1.000 mL; pH 6,5.

Hóa chất sử dụng cho thực nghiệm ức chế vi sinh vật: Axit propionic (C_2H_5COOH) loại 500 ml độ tinh khiết 99,5% của Công ty Guangdong Guanghua Sci-Tech Co., Ltd (Trung Quốc). Axit citric ($C_6H_8O_7.H_2O$) dạng bột hàm lượng 99,5% của Công ty TTCA Co., Ltd (Trung Quốc).

2.2. Phương pháp lấy mẫu quả chanh leo tím

Mẫu chanh leo tím để phân lập nấm bệnh được thu hái 18 quả trực tiếp từ các cây chanh leo ở 6 vị trí khác nhau tại vườn với mỗi vị trí chọn 3 quả có dấu hiệu bị nhiễm nấm trên bề mặt quả được ký hiệu theo nhóm (3 quả/vị trí). Mỗi nhóm vị trí lấy 1 quả để phân lập, 2 quả còn lại được đặt trong hộp nhựa kín nắp có khăn giấy ẩm, ủ ở nhiệt độ phòng ($25 \pm 2^\circ C$) trong 24 ngày để theo dõi, quan sát sự biến đổi hình thái vỏ quả nhiễm bệnh [14].

2.3. Phương pháp xử lý và phân lập nấm gây bệnh từ quả chanh leo

Các mẫu quả bệnh được cắt lát phần vỏ ở những vùng bị tổn thương, rửa sạch bằng nước cất, tiếp theo các mẫu mảnh vỏ được đặt trên môi trường thạch PDA (bổ sung kháng sinh chloramphenicol 100 mg/L) với 5 mảnh vỏ trên mỗi đĩa được đặt trong môi trường ở nhiệt độ $28^\circ C$ trong thời gian 5 - 7 ngày. Quan sát khuẩn lạc thu được và cấy chuyển ra đĩa môi trường

PDA mới để thu được khuẩn lạc sạch thuần chủng. Các chủng nấm phân lập được bảo quản lạnh ở 4°C trên thạch nghiêng ở - 80°C trong dung dịch glycerol 20% [15].

Các mẫu quả lành sau khi gây bệnh được cắt phần vỏ quả thành các mẫu có kích thước 3 - 5 mm. Các mẫu mô bệnh sau khi cắt lần lượt được ngâm trong ethanol 75% (v/v) trong 30 giây, ngâm với natri hypoclorit 1% (NaClO) trong 3 phút, rửa 3 lần với nước cất vô trùng, sau đó thấm khô trên giấy lọc. Đặt các mẫu mô đã khử trùng bề mặt lên môi trường thạch PDA (bổ sung kháng sinh chloramphenicol 100 mg/L), nuôi ở nhiệt độ 25 - 28°C trong 5 - 7 ngày (phân lập nấm gây bệnh trên quả chanh leo theo phương pháp của Rizwan và cs (2021) [5] có cải tiến. Các khuẩn lạc nấm hình thành được cấy chuyển ra đĩa môi trường PDA mới để thu được khuẩn lạc sạch thuần chủng [14]. Các chủng nấm phân lập được bảo quản lạnh ở 4°C trên thạch nghiêng và ở - 80°C trong dung dịch glycerol 20%.

- Xác định tần số phân lập (IF) của từng chủng phân lập được theo công thức [15]:

$$IF (\%) = \frac{\text{số mẫu từng loài}}{\text{tổng số mẫu}} \times 100$$

2.4. Phương pháp phân loại các chủng nấm đã phân lập

2.4.1. Phân loại bằng hình thái và bào tử

Hình thái của các chủng nấm được nghiên cứu ở dạng vĩ mô bằng cách quan sát các đặc điểm của khuẩn lạc (hình dạng, màu sắc, kích thước). Đối với nghiên cứu dưới kính hiển vi, nấm được nuôi trên môi trường PDA ở nhiệt độ 25 ± 2°C trong 7 - 10 ngày. Các mảnh PDA nhỏ (2 × 2 × 2 mm) được kẹp giữa hai lam kính phủ 18 × 18 mm và đặt trên đĩa thạch nước để cung cấp độ ẩm sau đó nấm được cấy trên các mảnh PDA nhỏ, trước khi ủ ở nhiệt độ 25 ± 2°C trong 2 tuần. Các lam kính được gắn cẩn thận trên các phiến kính 76 × 26 mm sau khi các nền nuôi cấy phát triển đủ. Các bào tử được quan sát dưới kính hiển vi quang học bằng máy ảnh kỹ thuật số ở độ phóng đại 40X (Zeiss, Đức) [14].

2.4.2. Phân loại bằng trình tự vùng ITS

Các chủng nấm phân lập được hoạt hóa trên môi trường PDB ở 28°C trong 3 ngày, li tâm dịch nuôi cấy ở tốc độ 5.000 rpm trong 5 phút và thu sinh khối tế bào. ADN tổng số được tách chiết theo bộ kit ZR Fungal/Bacterial DNA MiniPrep (Zymo Research, Mỹ) theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Trình tự vùng gen ITS được khuếch đại bằng phản ứng PCR sử dụng cặp mồi ITS1-F (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') và ITS4-R (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Sản phẩm PCR tinh sạch được kiểm tra bằng kỹ thuật điện di trên gel agarose 1% (w/v), sau đó được giải trình tự Sanger (First BASE Laboratories, Malaysia). Trình tự thô sau khi căn chỉnh được so sánh với các trình tự có sẵn trong cơ sở dữ liệu GenBank (NCBI) bằng công cụ BLASTn. Cây phát sinh loài được xây dựng trên phần mềm MEGA X sử dụng thuật toán Neighbor-joining với chỉ số bootstrap 1.000 [16].

2.5. Phương pháp thử nghiệm ức chế nấm gây bệnh trên quả chanh leo *in vitro*

Các chủng nấm tuyển chọn lần lượt được thử nghiệm khả năng sinh trưởng trong các điều kiện môi trường có axit citric và axit propionic. Môi trường thạch PDA bổ sung axit citric ở dải nồng độ 0,2 - 1,2% và axit propionic ở dải nồng độ 0,02 - 0,12% được chuẩn bị và phân phối đều ra các đĩa Petri. Sử dụng dụng cụ khoan lỗ thạch vô trùng đục lỗ thạch trên đĩa giống nấm sạch, cấy chuyển sang đĩa môi trường PDA bổ sung axit. Các đĩa sau khi cấy được giữ ở nhiệt độ 28°C trong 3 - 6 ngày, theo dõi sự hình thành sợi nấm sau từng ngày nuôi. Sau khi kết thúc thời gian nuôi cấy, đo đường kính khuẩn lạc nấm mọc trên đĩa môi trường và xác định nồng độ ức chế tối thiểu (Minimum inhibitory concentration - MIC) và nồng độ gây độc tối thiểu (Minimum fungicidal concentration - MFC) [12].

2.6. Phương pháp thống kê và xử lý số liệu

Số liệu thu thập được xử lý theo phương pháp thống kê bằng chương trình thống kê trong Excel 2016 và phương pháp phân tích phương sai ANOVA, sự khác biệt giữa các giá trị dùng kiểm định Duncan ($p < 0,05$) bằng chương trình SPSS18.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân lập vi sinh vật gây bệnh trên quả chanh leo

3.1.1. Kết quả phân lập nấm bệnh trên vỏ quả chanh leo

Từ 18 quả chanh leo nhiễm nấm bệnh cho thấy, tỷ lệ các chủng nấm gây bệnh phân bố không đều và đã phân lập được 42 chủng nấm gây bệnh. Trong đó, mẫu 1 phân lập được 4 chủng nấm chiếm 9,5% trên tổng số chủng nấm phân lập được, mẫu 2 phân lập được 13 chủng nấm chiếm 31%, mẫu 3 phân lập được 5 chủng nấm chiếm 11,9%, mẫu 4 phân lập được 7 chủng nấm chiếm 16,7%, mẫu 5 phân lập được 6 chủng nấm chiếm 14,2%, mẫu 6 phân lập được 7 chủng nấm chiếm 16,7%, trong đó mẫu 2 số lượng nấm gây bệnh đạt cao nhất.

Tần số phân lập đạt cao nhất 80 - 90% của 10 chủng nấm gây bệnh và tần số 50% có 8 chủng

nấm gây bệnh, tần số 40% có 5 chủng nấm gây bệnh, tần số 30% có 10 chủng nấm gây bệnh, tần số 20% có 4 chủng nấm gây bệnh, tần số 10% có 5 chủng nấm gây bệnh. Dựa trên khuẩn lạc và tần số phân lập của từng chủng đã chọn ra 10 chủng để tiếp tục nghiên cứu phân loại và thử nghiệm ức chế sự phát triển.

3.1.2. Kết quả định dạng, tuyển chọn và phân loại

3.1.2.1. Đặc điểm hình thái và bào tử của các chủng nấm tuyển chọn

Từ 10 chủng nấm gây bệnh phân lập trên quả chanh leo đã tuyển chọn (*NSASF1, NSASF2, MNF1, ASF8, ASF9, ASF10, ASF14, ASF15, ASF18, ASF29*) được mô tả hình thái khuẩn lạc và tiếp tục quan sát cuống sinh bào tử và bào tử trong thời gian 5 ngày nuôi cấy. Các đặc điểm bào tử được quan sát dưới kính hiển vi quang học (Zeiss, Đức) ở vật kính 40X, kết quả thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm hình thái bào tử 10 chủng nấm tuyển chọn trên quả chanh leo

STT	Ký hiệu chủng	Đặc điểm bào tử	Chi nấm tham chiếu	Tài liệu tham khảo
1	NSASF1	- Cuống sinh bào tử dạng ống, có thành mịn và thon ở phần đỉnh. - Cuống sinh bào tử có chiều dài 20 - 30 µm và chiều rộng 10 - 15 µm.	<i>Lasiodiplodia</i>	Ismail và cs (2012) [17].
2	NSASF2	- Cuống sinh bào tử không phân nhánh, tạo ra các bào tử đỉnh. - Bào tử có đường kính từ 2 - 3 µm, khi già chuyển màu xanh lục đến xanh xám, bề mặt nhám, thành bào tử dày.	<i>Aspergillus</i>	Latgé (1999) [18].
3	MNF1	- Cuống sinh bào tử dạng ống, có thành mịn và thon ở phần đỉnh. - Bào tử hình bầu dục, elip hoặc hình trụ, hơi dẹp ở hai đầu. Bề mặt bào tử nhẵn, vách dày. Kích thước bào tử dài từ 20 - 30 µm.	<i>Lasiodiplodia</i>	Ismail và cs (2012) [17].
4	ASF8	- Cuống sinh bào tử không phân nhánh, tạo ra các bào tử đỉnh. - Bào tử có thành dày, bề mặt nhám có gai nhỏ hoặc gờ nổi. Bào tử khi già chuyển màu đen.	<i>Aspergillus</i>	Klich (2002) [19].
5	ASF9	- Cuống sinh bào tử dạng ống, có thành mịn và thon ở phần đỉnh. - Cuống sinh bào tử có chiều dài 20 - 30 µm và	<i>Lasiodiplodia</i>	Ismail và cs (2012) [17].

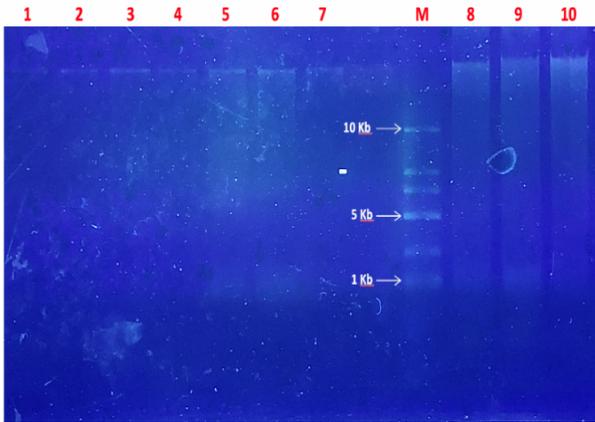
		chiều rộng 10 - 15 µm.		
6	ASF10	- Cuống sinh bào tử không phân nhánh, tạo ra các bào tử đỉnh. - Bào tử có đường kính từ 3 - 5 µm, khi già chuyển màu đen, bề mặt nhám, thành bào tử dày.	<i>Aspergillus</i>	Klich, (2002) [19].
7	ASF14	- Cuống sinh bào tử hình trụ dài có thể phân nhánh, hình thành vách ngăn. - Bào tử nhỏ có hình cầu hoặc oval. Bào tử lớn có hình lưỡi liềm với 3 - 5 ngăn. - Bào tử mọc đơn lẻ hoặc tạo thành các chuỗi	<i>Fusarium</i>	Leslie & Summerell (2008) [20].
8	ASF15	- Cuống sinh bào tử mọc thẳng, phát triển thành các cụm lớn, với nhiều nhánh nhỏ chứa các chuỗi bào tử. - Bào tử hình cầu đến hình oval. Các bào tử lớn hơn có hình lưỡi liềm hoặc hơi cong và nhiều ngăn.	<i>Fusarium</i>	Leslie & Summerell (2008) [20].
9	ASF18	- Cuống sinh bào tử dạng ống, có thành mịn và thon ở phần đỉnh. - Bào tử hình bầu dục, elip hoặc hình trụ, hơi dẹp ở hai đầu. Bề mặt bào tử nhẵn, vách dày. Kích thước bào tử dài từ 20 - 30 µm.	<i>Lasiodiplodia</i>	Ismail và cs (2012) [17].
10	ASF29	- Cuống sinh bào tử mọc thẳng, chiều dài từ 1 - 10 cm, sinh trưởng tạo ra các nang bào tử. - Bào tử hình dạng tròn hoặc hơi bầu dục, có màu trắng, xám và chuyển sang màu nâu hoặc đen khi trưởng thành.	<i>Rhizopus</i>	Frye & Reinhardt (1993) [21].

Dựa trên kết quả nghiên cứu hình thái khuẩn lạc và đặc điểm bào tử, kết hợp tham khảo các khoá phân loại đã được công bố về hình thái đặc trưng của từng chi nấm, 10 chủng nấm phân lập được phân loại sơ bộ thuộc các chi *Lasiodiplodia*, *Aspergillus*, *Fusarium*, và *Rhizopus*. Chi *Lasiodiplodia* có số lượng chủng được phát hiện nhiều nhất (NSASF1, MNF1, ASF9, ASF18), tương ứng tỉ lệ 40,0%. Có 3/10 chủng (NSASF2, ASF8, ASF10) thuộc chi *Aspergillus*, chiếm tỉ lệ 30,0%. Chi *Fusarium* có 2/10 chủng (ASF14, ASF15) được phát hiện, chiếm tỉ lệ 20,0% và chi *Rhizopus* có duy nhất 1 chủng được bắt gặp, tương ứng 10% trên tổng số các chủng được nghiên cứu.

3.1.2.2. Phân loại các chủng nấm tuyển chọn bằng giải trình tự vùng gen ITS

Các chủng nấm sau khi phân lập và nhận biết đặc điểm hình thái, tiếp tục được phân loại bằng chỉ thị phân tử là trình tự vùng gen ITS. Toàn bộ 10 chủng nấm tuyển chọn đã nghiên cứu hình thái được hoạt hoá trên môi trường PDB và tách ADN tổng số để làm khuôn cho phản ứng khuếch đại trình tự vùng gen ITS. Kết quả tách ADN tổng số và khuếch đại vùng gen ITS được trình bày trong hình 1 và hình 2.

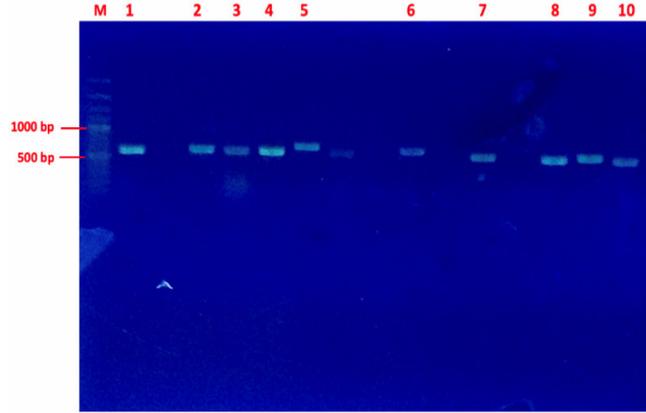
Các mẫu ADN tổng số của 10 chủng nấm tuyển chọn được điện di trên gel agarose 1% đều cho băng vạch có kích thước lớn hơn 10 Kb (hình 1). Các mẫu NSASF1, NSASF2, ASF8, ASF10 và ASF18 cho băng vạch sáng rõ hơn chứng tỏ hàm lượng ADN thu được cao hơn so với các mẫu còn lại, trong đó 3 mẫu ASF8, ASF10 và ASF18 có hiện tượng smear, do đó cần được tinh sạch trước khi thực hiện phản ứng PCR khuếch đại vùng ITS.



Hình 1. ADN tổng số 10 chủng nấm được tuyển chọn

Chú thích: M-ADN marker 1 Kb (PhuSa Genomics, Việt Nam), 1 - ASF9, 2 - ASF10, 3 - ASF14, 4 - ASF15, 5 - NSASF1, 6 - NSASF2, 7 - MNF1, 8 - ASF8, 9 - ASF18, 10 - ASF10.

Các mẫu còn lại có băng vạch sáng mờ hơn nhưng không có hiện tượng smear. Kết quả điện di sản phẩm khuếch đại vùng ITS trên gel agarose 1% cho thấy, các băng vạch sáng rõ với kích thước dao động từ 500 - 650 bp (Hình 2). Các mẫu NSASF1, MNF1, ASF9 và ASF18 có băng vạch kích thước tương đương nhau đều đạt khoảng 550 bp. Các mẫu ASF8 và ASF10 cho băng vạch có kích thước cùng bằng khoảng 500 bp. Mẫu ASF29



Hình 2. Sản phẩm PCR khuếch đại vùng gen ITS ADN 10 chủng nấm được tuyển chọn

Chú thích: M - ADN marker 100 bp (PhuSa Genomics, Việt Nam), 1 - NSASF1, 2 - ASF14, 3 - MNF1, 4 - ASF9, 5 - ASF29, 6 - ASF18, 7 - NSASF2, 8 - ASF8, 9 - ASF15, 10 - ASF10.

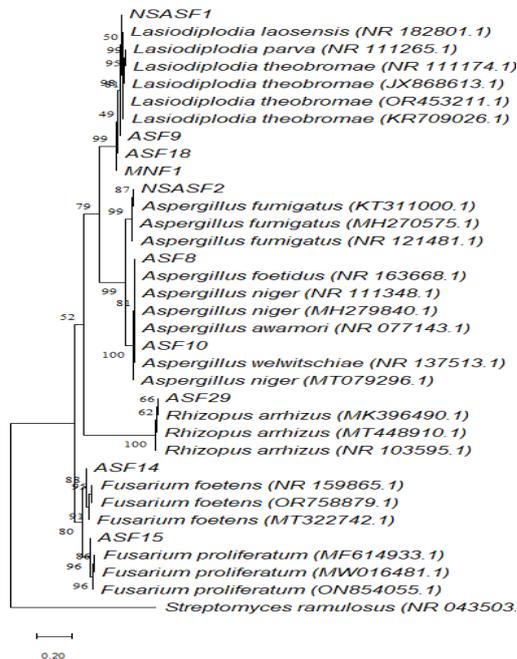
cho băng vạch có kích thước lớn nhất so với còn lại (khoảng 650 bp).

Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở kết hợp giữa đặc điểm hình thái và so sánh trình tự vùng gen ITS với các trình tự sẵn có trên cơ sở dữ liệu GenBank (NCBI) thông qua công cụ BLAST, kết quả so sánh trình tự gen của 10 chủng nấm tuyển chọn được thể hiện trong bảng 2. Toàn bộ sản phẩm khuếch đại vùng ITS đã được đọc trình tự Sanger (First BASE Laboratories, Malaysia).

Bảng 2. Kết quả so sánh trình tự vùng ITS 10 chủng nấm nghiên cứu

STT	Kí hiệu chủng	Chủng tham chiếu	Độ tương đồng	Mã số GenBank
1	NSASF1	<i>Lasiodiplodia laosensis</i> CGMCC 3.18464	100,00	NR_182801
		<i>Lasiodiplodia parva</i> CBS 456.78	99,80	NR_111265
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> CBS 164.96	99,80	NR_111174
2	NSASF2	<i>Aspergillus fumigatus</i> MSEF106	99,64	KT311000
		<i>Aspergillus fumigatus</i> NR47	99,64	MH270575
		<i>Aspergillus fumigatus</i> ATCC 1022	99,10	NR_121481
3	MNF1	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> WL3-3	100,00	MZ379519
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> LVPEL.H137_10	100,00	JX868613
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> SCAU173	100,00	MH464421
4	ASF8	<i>Aspergillus niger</i> TUHT73	99,82	LN482469
		<i>Aspergillus niger</i> 109	99,82	MH345949
		<i>Aspergillus niger</i> G9	99,82	MT729864
5	ASF9	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> LVPEL.H137_10	100,00	JX868613
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> HGAJ-7	100,00	KR709026
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> G112-8	100,00	OR453211

6	ASF10	<i>Aspergillus niger</i> TUHT73	99,82	LN482469
		<i>Aspergillus niger</i> strain G9	99,82	MT729864
		<i>Aspergillus niger</i> strain HZG8	99,82	OL757558
7	ASF14	<i>Fusarium foetens</i> CBS 110286	99,39	NR_159865
		<i>Fusarium foetens</i> NRRL 38302	99,40	PP336532
		<i>Fusarium foetens</i> AQF4	99,60	OP020700
8	ASF15	<i>Fusarium proliferatum</i> 10R-9	100,00	MF614933
		<i>Fusarium proliferatum</i> LC13660	100,00	MW016481
		<i>Fusarium proliferatum</i> ZNU38	99,80	ON854055
9	ASF18	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> HY-23	100,00	MK370861
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> HY-8	100,00	MK696028
		<i>Lasiodiplodia theobromae</i> LC49	100,00	MK329173
10	ASF29	<i>Rhizopus arrhizus</i> TQRF9	100,00	OQ195757
		<i>Rhizopus arrhizus</i> GREF1	100,00	OQ195750
		<i>Rhizopus arrhizus</i> VT22	100,00	OR501570



Hình 3. Cây phát sinh loài thể hiện mối quan hệ giữa 10 chủng phân loại với các chủng tham chiếu trên cơ sở dữ liệu GenBank (NCBI)

Kết quả so sánh trình tự vùng gen ITS của 10 chủng nấm nghiên cứu trùng khớp với phân loại sơ bộ trước đó theo từng chi nấm, với số lượng chủng *Lasiodiplodia* chiếm tỉ lệ cao nhất, tiếp theo lần lượt đến các chi *Aspergillus*, *Fusarium* và cuối cùng là *Rhizopus* (Hình 3). Toàn bộ các chủng khi so sánh trình tự ITS có độ tương đồng đạt trên 99% với các chủng tham chiếu trên cơ sở dữ liệu GenBank, kết hợp với hình thái khuẩn lạc và đặc điểm bào tử theo khoá phân loại tương ứng và được phân loại đến loài. Các chủng MNF1, ASF9 và ASF18 đều có độ tương đồng 100% với trình tự

vùng gen ITS của chủng *Lasiodiplodia theobromae* HY-23, do đó được xác định thuộc loài *Lasiodiplodia theobromae*. Trình tự ITS của chủng NSASF2 tương đồng 99,64% với chủng *Aspergillus fumigatus* MSEF106 được định danh là *A. fumigatus* NSASF2. Trình tự ITS của chủng NSASF1 tương đồng 100% với chủng *Lasiodiplodia laosensis* CGMCC 3.18464 được định danh là *Lasiodiplodia laosensis* NSASF1. Hai chủng ASF8 và ASF10 cùng có độ tương đồng 99,82% với trình tự chủng *Aspergillus niger* TUHT73 và được định danh lần lượt là *A. niger* ASF8 và *A. niger* ASF10.

Hai chủng thuộc chi *Fusarium* được định danh là *F. foetens* ASF14 (tương đồng 99,39% với *F. foetens* CBS 110286) và *Fusarium proliferatum* ASF15 (tương đồng 100% với *F. proliferatum* 10R-9). Chủng ASF29 có độ tương đồng 100% với *Rhizopus arrhizus* TQRF9 được định danh là *R. arrhizus* ASF29.

Trong số 10 chủng nấm đã phân lập và tuyển chọn có 3 chủng (MNF1, ASF9 và ASF18) thuộc loài *Lasiodiplodia theobromae* là tương đồng với kết quả nghiên cứu của Zhang và cs (2021) đã phân lập trên quả chanh Ikee tỉnh Quảng Đông (Trung Quốc) gây hiện tượng thối hỏng bởi các

đốm nâu, ướt, sau lan rộng thành những mảng lớn màu đen và lõm xuống [8].

3.2. Kết quả thử nghiệm khả năng sinh trưởng của nấm trên môi trường axit *in vitro*

Tổng số 10 chủng nấm chọn lọc từ bộ sưu tập các chủng phân lập lần lượt được thử nghiệm khả năng sinh trưởng trong các điều kiện có độ tổ axit citric và axit propionic. Toàn bộ các chủng nấm đã khảo sát trên dải nồng độ axit citric môi trường từ 0,2 - 1,2% và dải nồng độ axit citric môi trường từ 0,02% - 0,12% đều thể hiện hoạt tính đối kháng với cả 2 loại axit.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ axit citric đến khả năng sinh trưởng của các chủng nấm

Đường kính khuẩn lạc nấm sinh trưởng (mm)	Nồng độ axit citric (%)						Đối chứng
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	
NSASF1	90 ± 0	82 ± 1,9	76 ± 1,1	50 ± 1,3	0	0	90 ± 0
NSASF2	90 ± 0	80 ± 2,0	65 ± 1,4	60 ± 0,8	0	0	90 ± 0
MNF1	90 ± 0	74 ± 1,9	62 ± 1,3	40 ± 1,8	0	0	90 ± 0
ASF8	90 ± 0	70 ± 1,3	65 ± 1,6	40 ± 0,3	0	0	90 ± 0
ASF9	90 ± 0	88 ± 2,3	60 ± 1,8	50 ± 1,2	0	0	90 ± 0
ASF10	90 ± 0	85 ± 2,3	80 ± 1,2	70 ± 0,9	0	0	90 ± 0
ASF14	50 ± 1,7	35 ± 2,0	25 ± 1,6	20 ± 1,4	0	0	90 ± 0
ASF15	70 ± 1,8	40 ± 1,8	35 ± 1,9	32 ± 0,5	0	0	90 ± 0
ASF18	90 ± 0	84 ± 1,9	65 ± 1,7	30 ± 1,0	0	0	90 ± 0
ASF29	90 ± 0	85 ± 2,1	80 ± 1,5	75 ± 1,3	0	0	90 ± 0

Bảng 3 cho thấy, khi nuôi 10 chủng nấm nghiên cứu trên môi trường thạch PDA bổ sung axit citric 0,2%, hầu hết các chủng đều sinh trưởng bình thường với đường kính khuẩn lạc bằng với đối chứng (môi trường không chứa axit), riêng chủng ASF14, ASF15 bị ức chế với đường kính khuẩn lạc lần lượt đạt 50, 70 mm. Ở nồng độ axit 0,4% có hai chủng ASF14 và ASF15 bị ức chế đáng kể với đường kính khuẩn lạc tương ứng là 35 ± 2,0 mm và 40 ± 1,8 mm trong khi các chủng còn lại bị ức chế một phần với đường kính khuẩn lạc đều lớn hơn 70 mm. Khi tăng nồng độ axit trong môi trường nuôi cấy lên

đến 0,6% và 0,8%, có 5 chủng (NSASF1, NSASF2, ASF9, ASF10, ASF29) tiếp tục sinh trưởng ổn định với đường kính khuẩn lạc đạt trên 50 mm, tương ứng 50% số chủng nghiên cứu. Ở nồng độ axit 1,0%, 1,2% toàn bộ 10 chủng nấm nghiên cứu gần như không sinh trưởng. Như vậy, khi tăng nồng độ axit citric từ 0,2 - 1,2%, số lượng chủng nấm sinh trưởng được trên môi trường nuôi cấy có chứa axit giảm dần và nồng độ ức chế tối thiểu MIC (Minimum inhibitory concentration) của 10 chủng nấm tuyển chọn là 1,0% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC (Minimum fungicidal concentration) là > 1,2%.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ axit propionic đến khả năng sinh trưởng của các chủng nấm

Đường kính khuẩn lạc nấm sinh trưởng (mm)	Nồng độ axit propionic (%)						Đối chứng
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	
NSASF1	90 ± 0	80 ± 2,0	70 ± 1,5	30 ± 1,2	0	0	90 ± 0
NSASF2	90 ± 0	88 ± 2,1	60 ± 1,2	30 ± 0,9	0	0	90 ± 0

MNF1	90 ± 0	85 ± 1,7	45 ± 1,6	40 ± 1,4	0	0	90 ± 0
ASF8	90 ± 0	75 ± 1,5	45 ± 1,9	30 ± 0,5	0	0	90 ± 0
ASF9	90 ± 0	60 ± 1,9	45 ± 1,7	24 ± 1,0	0	0	90 ± 0
ASF10	88 ± 2,1	82 ± 2,4	60 ± 1,4	20 ± 0,8	0	0	90 ± 0
ASF14	70 ± 1,5	45 ± 1,6	38 ± 1,3	34 ± 1,8	0	0	90 ± 0
ASF15	70 ± 1,4	45 ± 1,8	35 ± 1,5	30 ± 0,3	0	0	90 ± 0
ASF18	90 ± 0	72 ± 2,2	45 ± 1,6	25 ± 1,2	0	0	90 ± 0
ASF29	90 ± 0	85 ± 1,8	75 ± 1,1	50 ± 1,3	0	0	90 ± 0

Bảng 4 cho thấy, khi nuôi 10 chủng nấm nghiên cứu trên môi trường thạch PDA bổ sung axit propionic 0,02%, có 7/10 chủng đều sinh trưởng bình thường với đường kính khuẩn lạc gần bằng với đối chứng (môi trường không chứa axit). Hai chủng ASF14 và ASF15 bị ức chế mạnh bởi axit propionic ở nồng độ 0,04% với đường kính khuẩn lạc giảm gần 2 lần so với đối chứng và cùng đạt khoảng 45 mm. Khi tăng nồng độ axit trong môi trường nuôi cấy lên đến 0,06% thì khả năng sinh trưởng của các chủng nấm nghiên cứu giảm dần trong đó có 2 chủng ASF14 và ASF15 tiếp tục bị ức chế mạnh với đường kính khuẩn lạc đạt dưới 40 mm. Khi nồng độ axit trong môi trường nuôi cấy tiếp tục tăng đến 0,1, 0,12%, toàn bộ 10 chủng nấm nghiên cứu gần như không sinh trưởng. Như vậy, ở nồng độ axit propionic 0,10, 0,12% toàn bộ 10 chủng nấm nghiên cứu gần như không sinh trưởng. Như vậy, khi tăng nồng độ axit propionic từ 0,02 - 0,12%, số lượng chủng nấm sinh trưởng được trên môi trường nuôi cấy có chứa axit giảm dần và nồng độ ức chế tối thiểu MIC (Minimum inhibitory concentration) của 10 chủng nấm tuyển chọn là 0,10% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC (Minimum fungicidal concentration) là > 0,12%.

Theo Sercan Şehirli và cs (2016), đánh giá hiệu quả ức chế sự phát triển của nấm bệnh cho thấy PPA tốt hơn đáng kể so với axit formic và axetic. PPA ở nồng độ 0,7% ức chế hoàn toàn sự phát triển của sợi nấm của tất cả các loại nấm [12]. Theo Đỗ Chí Thịnh và cs (2013) nghiên cứu ức chế của nấm *Colletotrichum gloeosporioides* và kiểm soát bệnh thán thư gây thối quả xoài bằng PPA, cho thấy với mức xử lý 0,12% PPA đạt hiệu quả bảo vệ cao chống lại bệnh thán thư [13]. Điều này có thể minh chứng tính hiệu quả của PPA trong xử lý nấm bệnh, tuy vậy trong quá trình bảo quản rau quả tươi nói chung và quả chanh leo nói

riêng ngoài một số loại nấm mốc tuyển chọn còn các loại vi sinh vật khác có thể phát triển trong quá trình bảo quản, cần nghiên cứu thực nghiệm xử lý PPA ở nồng độ > 0,12%.

4. KẾT LUẬN

Đã phân lập và tuyển chọn được 10 chủng nấm bệnh thuộc 4 chi gồm: *Lasiodiplodia* (40%), *Aspergillus* (30%), *Fusarium* (20%) và *Rhizopus* (10%). Cụ thể được định danh đến loài gồm *Lasiodiplodia theobromae* MNF1; *Lasiodiplodia theobromae* ASF9; *Lasiodiplodia theobromae* ASF18; *A. fumigatus* NSASF2; *Lasiodiplodia laosensis* NSASF1; *A. niger* ASF8; *A. niger* ASF10; *F. foetens* ASF14; *Fusarium proliferatum* ASF15; *R. arrhizus* ASF29. Thử nghiệm khả năng sinh trưởng của 10 chủng nấm trong môi trường nuôi cấy có chứa axit cho thấy, các chủng này bị ức chế mạnh hơn bởi axit PPA so với axit citric. Khi tăng nồng độ axit citric từ 0,2 - 1,2%, số lượng chủng nấm sinh trưởng được trên môi trường nuôi cấy có chứa axit giảm dần và nồng độ ức chế tối thiểu MIC của 10 chủng nấm tuyển chọn là 1,0% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC > 1,2%. Khi tăng nồng độ axit propionic từ 0,02 - 0,12%, số lượng chủng nấm sinh trưởng được trên môi trường nuôi cấy có chứa axit giảm dần và nồng độ ức chế tối thiểu MIC của 10 chủng nấm tuyển chọn là 0,1% và nồng độ gây độc tối thiểu MFC > 0,12%. Kết quả này làm cơ sở để tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng của nồng độ và thời gian xử lý bằng PPA đến hiệu quả bảo quản quả chanh leo tím.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hiếu, T. (2021). Nghiên cứu nhân giống cây chanh dây (*Passiflora edulis*) bằng kỹ nuôi cấy lớp mỏng tế bào và thử nghiệm tạo cây vi ghép. Luận án tiến sĩ chuyên ngành Sinh lý học thực vật. Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

2. Biswas, S., Mishra, R. & Bist, A. S. (2021). Passion to profession: A review of passion fruit processing. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 3(1), 48 - 57.
3. Thokchom, R., & Mandal, G. (2017). Production preference and importance of passion fruit (*Passiflora edulis*): A review. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 4(1), 27 - 30.
4. Waithaka, P. N., Gathuru, E. M., Githaiga, B. M., & Kimani, S. N. (2017). Control of passion fruit fungal diseases using essential oils extracted from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and eucalyptus (*Eucalyptus agglomerata*) in Egerton University Main Campus Njoro, Kenya. *International journal of microbiology*, Vol. 2017, Article ID 2814581 (1 - 6 page). doi.org/10.1155/2017/2814581.
5. Rizwan, H. M., Zhimin, L., Harsonowati, W., Waheed, A., Qiang, Y., Yousef, A. F., ... & Chen, F. (2021). Identification of fungal pathogens to control postharvest passion fruit (*Passiflora edulis*) decays and multi-omics comparative pathway analysis reveals purple is more resistant to pathogens than a yellow cultivar. *Journal of Fungi*, 7(10), 879.
6. Moreira, R. R., Caus, G., Gomes Figueiredo, J. A., & May De Mio, L. L. (2020). Phomopsis rot caused by *Diaporthe infecunda* on fruit and flowers of *Passiflora edulis* in Brazil. *Australasian Plant Pathology*. doi:10.1007/s13313-020-00684-x.
7. Wang, H., Chen, H., Lin, Y., Li, M., Liu, Q., Lin, Y., ... & Chen, Y. (2023). Insights into the isolation, identification, and biological characterization analysis of and novel control strategies for *Diaporthe passiflorae* in postharvest passion fruit. *Journal of Fungi*, 9(10), 1034.
8. Zhang, W., Niu, X. L., & Yang, J. Y. (2021). First report of postharvest fruit rot on passion fruit (*Passiflora edulis*) caused by *Lasiidiplodia theobromae* in Mainland China. *Plant Disease*, 105(4), 1198.
9. Li, C., Zhao, J., Wang, J., Wang, X., Xiang, W., & Zhao, J. (2022). First report of *Trichothecium roseum* causing postharvest fruit rot on purple passion fruit in China. *Plant Disease*, 106(12), 3212.
10. Júnior, H. T., Fischer, I. H., Camara, M. P. S., & Júnior, N. M. (2010). First report of *Colletotrichum boninense* infecting yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*, 5(1), 70 - 72.
11. Qiu, F., Li, X., Xie, C. P., Li, J., & Zheng, F. Q. (2021). Identification of *Colletotrichum brevisporum* causing fruit rot in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) in China. *Australasian Plant Pathology*, 50(2), 229-232. doi:10.1007/s13313-020-00766-w.
12. Şehirli, S., & Saydam, C. (2016). The effect of acetic, formic and propionic acids on plant pathogenic fungi. *J Biol Environ Sci*, 10(30), 129 - 137.
13. Thinh, D. C., & Kunasakdakul, K. (2013). Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and control of postharvest anthracnose disease on mango fruit using propionic acid combined with bee-carnauba wax emulsion. *Journal of Agricultural Science*, 5(12), 110-116
14. Waithaka, P. N., Gathuru, E. M., Githaiga, B. M., & Kimani, S. N. (2017). Control of passion fruit fungal diseases using essential oils extracted from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and eucalyptus (*Eucalyptus agglomerata*) in Egerton University Main Campus Njoro, Kenya. *International journal of microbiology*, Vol. 2017, Article ID 2814581 (1 - 6 page). doi.org/10.1155/2017/2814581.
15. Rizwan, H. M, Zhimin, L, Harsonowati, W, Waheed, A., Qiang, Y., Yousef, A. F... & Chen, F. (2021). Identification of fungal pathogens to control postharvest passion fruit (*Passiflora edulis*) decays and multi-omics comparative pathway analysis reveals purple is more resistant to pathogens than a yellow cultivar. *Journal of Fungi*, 7(10), 879.
16. Vu, T. H. N., Quach, N. T., Le, P. C., Pham, Q. A., Do, T. T., Chu, H. H., & Phi, Q. T. (2023). Bioprospecting endophytic fungi isolated from *Cephalotaxus mannii* Hook f. as prolific sources of Antibacterial, Anticancer, and Antioxidant Agents. *Microbiology*, 92(2), 284 - 292.

17. Ismail, A. M., Cirvilleri, G., Polizzi, G., Crous, P. W., Groenewald, J. Z., & Lombard, L. (2012). *Lasiodiplodia* species associated with dieback disease of mango (*Mangifera indica*) in Egypt. *Australasian Plant Pathology*, 41(6), 649 - 660.
18. Latgé, J. P. (1999). *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillosis*. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(2), 310 - 350.
19. Klich, M. A. (2002). Identification of common *Aspergillus* species. In *Centraalbureau voor Schimmelcultures*, Utrecht, The Netherlands.
20. Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.
21. Frye, C. B., & Reinhardt, D. J. (1993). Characterization of groups of the zygomycete genus *Rhizopus*. *Mycopathologia*, 124(3), 139 - 147.

PRELIMINARY ISOLATION, SELECTION AND EVALUATION OF THE INHIBITORY POTENTIAL AGAINST POSTHARVEST PATHOGENIC FUNGI ON PURPLE PASSION FRUITS IN MOC CHAU TOWN, SON LA PROVINCE

Pham Anh Tuan¹, Nguyen Sang², Le Ha Hai¹

¹*Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Postharvest Technology*

²*New Era Investment and Trading Joint Stock Company, Hanoi, Vietnam*

Abstract

The purpose of this research was to isolate, select, and experimentally determine the inhibitory ability against selected pathogenic fungi found on the peel of infected purple passion fruits post harvest in Moc Chau town, Son La province, Vietnam. From 18 infected purple passion fruit samples, a total of 42 fungal strains were isolated. Among them, 10 strains (designated as NSASF1, NSASF2, MNF1, ASF8, ASF9, ASF10, ASF14, ASF15, ASF18, ASF29) with high isolation frequencies ranging from 80% to 90% were selected for further identification at the species level. Based on morphological characteristics of colonies and spores, in combination with ITS region gene sequencing, the 10 strains were identified as belonging to four genera: *Lasiodiplodia* (40%), *Aspergillus* (30%), *Fusarium* (20%), *Rhizopus* (10%). Specifically, the species identified included: *Lasiodiplodia theobromae* MNF1, *L. theobromae* ASF9, *L. theobromae* ASF18, *Aspergillus fumigatus* NSASF2, *Lasiodiplodia laosensis* NSASF1, *Aspergillus niger* ASF8, *A. niger* ASF10, *Fusarium foetens* ASF14, *F. proliferatum* ASF15, and *Rhizopus arrhizus* ASF29. Experiments on the growth ability of 10 fungal strains in culture media containing two types of organic acids-propionic acid (PPA) and citric acid-showed that PPA exhibited stronger inhibitory effects than citric acid. Specifically, in the citric acid medium, the minimum inhibitory concentration (MIC) was 1.0%, and the minimum fungicidal concentration (MFC) was greater than 1.2%. In contrast, in the PPA medium, the MIC was 0.10%, and the MFC was greater than 0.12%. These results provide a basis for further research on the effects of concentration and treatment duration of the PPA on the postharvest preservation efficacy of purple passion fruits.

Keywords: *Purple passion fruit, isolation, selection, pathogenic fungi, inhibition, growth.*

Ngày nhận bài: 20/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 7/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 23/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẾ PHẨM AVG (Aminoethoxy Vinyl Glycine) ĐỂ KÉO DÀI THỜI GIAN THU HOẠCH CAM XOÀN TRỒNG TẠI TỈNH ĐỒNG THÁP

Nguyễn Văn Nguyễn^{1*}, Phạm Anh Tuấn¹, Nguyễn Tiến Nam¹

¹*Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch*

**Email: nguyen.cnsth@gmail.com*

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu là thực nghiệm ảnh hưởng của một số thông số công nghệ gồm: Nồng độ và thời điểm xử lý chế phẩm AVG (Aminoethoxy Vinyl Glycine) đến khả năng trì hoãn quá trình chín của cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp. Nghiên cứu được thực hiện trên cây với 3 nồng độ AVG là 124,5 mg/l, 62,25 mg/l và 31,125 mg/l tại 4 thời điểm là 4, 3, 2 và 1 tuần trước thu hoạch thông thường, tương ứng với 187, 194, 201 và 208 ngày sau đậu quả (DAFS). Kết quả thực nghiệm cho thấy, ở nồng độ AVG 124,5 mg/l tại thời điểm 4 tuần trước thu hoạch thông thường (187 ngày sau đậu quả) cho khả năng trì hoãn quá trình chín quả 45 ngày, tương ứng các chỉ tiêu đánh giá chất lượng tương đương đối chứng tại thời điểm thu hoạch với hàm lượng nước ép 51,5%, TSS 14,3%, axit tổng số 0,51%, độ cứng quả 14,7 kg/cm².

Từ khóa: Chế phẩm AVG, Aminoethoxy Vinyl Glycine, cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp, trì hoãn sự chín.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây có múi (cam, bưởi, chanh, quýt) hiện là nhóm cây ăn quả có diện tích lớn nhất trong sản xuất cây ăn quả nước ta với tổng diện tích ước tính đến hết năm 2024 đạt 276 nghìn ha, chiếm 21,4% tổng diện tích cây ăn quả cả nước. Sản lượng ước đạt hơn 3,86 triệu tấn, tăng 5,6% so với năm 2023 [1], trong đó sản lượng cam lên đến 1,88 triệu tấn, tăng 3,6% so với năm 2023 [2]. Sản lượng lớn nhưng tỷ trọng xuất khẩu của cam lại rất thấp, chỉ chiếm 1,4% trong cơ cấu mặt hàng quả có múi xuất khẩu [1], chủ yếu được tiêu thụ trong nước dưới dạng quả tươi cùng với hạn chế về công nghệ bảo quản nên giá cả của cam cũng thường không ổn định, không có được chất lượng đảm bảo trong thời gian cần thiết để chế biến, tiêu thụ. Đặc tính chín tập trung của quả cùng hạn chế về công nghệ bảo quản là một trong các nguyên nhân xuất phát cho các tổn thất và thiệt hại này [3]. Để tăng cường hiệu quả kinh tế, giảm tổn thất cho người dân, việc rải vụ cho cam là cần thiết.

Cam là loại quả không có hô hấp đột biến và AVG là hoạt chất có hiệu quả trong trì hoãn sự chín, kéo dài thời gian thu hoạch ở cả quả có hô hấp đột biến và không hô hấp đột biến dựa trên cơ chế ức chế sinh tổng hợp ethylene nội sinh. Trong trường hợp của đào Monroe, xử lý AVG với nồng độ 200 mg/l ở 30 ngày trước thu hoạch thông thường giúp trì hoãn chín quả 4 - 6 ngày, không có quả chín ở thời điểm thu hoạch thông thường trong khi lô quả đối chứng có tỉ lệ chín 13,0 - 22,5% [4]. Trong trường hợp của táo "McInstock" ở Maine (Mỹ), ứng dụng AVG ở 150 mg/l tại thời điểm 4 tuần trước thu hoạch có thể trì hoãn chín 18 ngày so với đối chứng, kích thước quả tăng 10% [5]. Xử lý chế phẩm Retain chứa 15% hoạt chất AVG cho cam Xã Đoài ở thời điểm 220 - 227 ngày sau đậu quả (DAFS) với nồng độ AVG 124,5 mg/l có thể kéo dài thời gian bảo quản quả cam trên cây 2 tháng so với đại trà, giảm tỷ lệ rụng quả từ 10 - 15%, chất lượng quả tốt, mọng nước, mùi vị thơm ngon, mã quả đẹp, đảm bảo an toàn vệ sinh thực phẩm [6],... Tuy nhiên, để ứng dụng hiệu quả

AVG, việc nghiên cứu xác định được nồng độ xử lý và thời điểm xử lý đóng vai trò quyết định. Không những thế, một số nghiên cứu cho thấy, sử dụng quá mức có thể ảnh hưởng đến chất lượng quả và gây tổn kém kinh tế, sử dụng nồng độ quá thấp hoặc không đúng thời điểm sinh lý của cây có thể không có tác dụng [4 - 6]. Mục đích của nghiên cứu là xác định được công nghệ cho trì hoãn sự chín của cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp mà không ảnh hưởng đến chất lượng của quả. Nghiên cứu này tập trung vào thực nghiệm 2 thông số cơ bản nhất là nồng độ xử lý và thời điểm xử lý chế phẩm AVG.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Chế phẩm AVG: Hàm lượng AVG 10% (100 g/kg); pH 5,6 ở nồng độ 10% và pH 6,9 ± 0,4 ở nồng độ 1%.

Cây cam xoàn 9 năm tuổi, hộ ông Lê Ngọc Duy, xã Bình Hàng Tây. Đường kính tán 4 - 5 m; đường kính gốc 15 - 17 cm; 3 tháng ra đợt 1 lần, lượng phân bón hữu cơ sử dụng 5 tấn/năm, bón 2 - 3 đợt/năm. Thời gian từ lúc xuất hiện quả đến khi thu hoạch khoảng 215 ngày.

2.2. Phương pháp

2.2.1. Phương pháp thực nghiệm

- Thực nghiệm nghiên cứu tại với 3 nồng độ AVG là 124,5 mg/l, 62,25 mg/l và 31,125 mg/l tại 4 thời điểm là 4, 3, 2 và 1 tuần trước thu hoạch thông thường, tương ứng với 187, 194, 201 và 208 ngày sau đậu quả (DAFS). Tổng số 13 công thức được đánh số thứ tự lần lượt theo thời điểm và nồng độ gồm 1 công thức đối chứng (ĐC) không sử dụng chế phẩm AVG (ĐC) và 12 công thức sử dụng chế phẩm AVG (CT 1.1; CT 1.2; CT 1.3; CT 2.1; CT 2.2; CT 2.3; CT 3.1; CT 3.2; CT 3.3; CT 4.1; CT 4.2 và CT 4.3). Bố trí 5 cây/1 công thức với 3 lần nhắc lại theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên, tổng số cây tham gia thí nghiệm là 195 cây. Các quả được đánh dấu sự đồng loạt bằng dây buộc nylon.

- Chế phẩm AVG được bổ sung vào nước đã có chứa 0,1% (v/v) chất hoạt động bề mặt Tween 20. Khuấy cho tan hết chế phẩm AVG và phun sương ướt đều bề mặt lá và quả, lượng nước sử dụng là 3 lít/cây.

- Thời điểm lấy mẫu được lấy theo các mốc thời gian tại bảng 1.

Bảng 1. Các thời điểm lấy mẫu

Thời điểm xử lý (tuần trước thu hoạch, WBFH)				Thời điểm thu hoạch ĐC1	Ngày sau thu hoạch ĐC1				
4	3	2	1	Thu hoạch	15	30	40	45	50
Ngày sau đậu quả (DAFS)									
187	194	201	208	215	230	245	255	260	265

Các chỉ tiêu theo dõi: Hàm lượng chất khô hoà tan tổng số (%), hàm lượng axit tổng số (%) và hàm lượng nước ép (%) và các chỉ tiêu cảm quan là màu sắc vỏ quả; màu sắc thịt quả, mùi vị (chỉ tiêu cảm quan chỉ đánh giá tại thời điểm thu hoạch).

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu, phân tích

Mẫu trên vườn sản xuất sử dụng cho phân tích được lấy theo TCVN 9017:2011 [7]: Theo đó, mẫu cam được lấy tại 5 cây theo hình zigzag, mỗi cây lấy 1 kg, trộn đều, lấy 2 kg để phân tích trong vòng 24 giờ kể từ lúc thu hoạch.

Hàm lượng nước ép theo TCVN 4411:1987 [8]; axit tổng số (tính theo axit axetic) theo TCVN

5483:2007 [9]; chất khô hòa tan tổng số (TSS) theo TCVN 7771:2007 [10]. Độ cứng quả được đo tại 3 điểm khác nhau trên bề mặt quả. Lấy giá trị trung bình theo phương pháp của Amin và cs (2015) [11].

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu: Sử dụng phần mềm IRRISTAT 5.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Theo Lado và cs (2014) [12], các giống cây có múi có cơ chế chung về con đường sinh trưởng, phát triển và chín nhưng thời điểm thu hoạch phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, kỹ thuật canh tác và công nghệ sau thu hoạch của nơi sản xuất cũng

nhu yêu cầu chất lượng của thị trường tiêu thụ. Việc xác định các chỉ tiêu trưởng thành của quả có múi rất phức tạp vì sự khác biệt về sự chín bên ngoài quả (vỏ) và sự chín bên trong quả (thịt quả). Thông thường, quả có múi được coi là trưởng thành dựa vào nhiều yếu tố như: Màu sắc bên ngoài của vỏ, hàm lượng nước ép, tỉ lệ chất rắn hòa tan (TSS)/axit và các thành phần bên trong khác. Do là quả không có chín sau thu hoạch nên quả có múi cần thu hoạch khi đạt độ chín trên cây.

Đối với cam, tỷ lệ TSS/axit chỉ số trưởng thành đáng tin cậy hơn màu vỏ, vì những thay đổi màu sắc bên ngoài tùy thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm, quả không thể có màu vàng đặc trưng trong điều kiện độ ẩm cao và các chỉ số này cũng tùy thuộc vào mùa vụ và đặc điểm thổ nhưỡng vùng trồng [13]. Đối với cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp cũng mang những đặc điểm tương tự. Đó là khi quả chín, quả thường có hàm lượng nước cao (thể hiện qua hàm lượng nước ép), ngọt (thể hiện qua chỉ số TSS) và vị chua mát (axit tổng số) và một số hương vị, màu sắc tép quả đặc trưng khác. Ngoài ra, màu sắc vỏ quả cũng có thể thay đổi phụ thuộc vào trời nắng (màu vàng) và có thể xanh trở lại khi gặp mưa. Khi cam quá chín quả bị héo (hàm lượng nước bị giảm), tép quả bị khô, quả nhạt, kém ngọt (suy giảm chất lượng do TSS (đường) giảm), vị chua (axit tổng số) giảm và cuối cùng là rụng quả (khảo sát của tác giả).

3.1. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến biến đổi hàm lượng nước ép cam

Đối với cam ở Việt Nam, chỉ tiêu hàm lượng nước ép đóng vai trò vô cùng quan trọng, chỉ tiêu này quyết định lớn đến chất lượng thương mại của

quả. Cam thu hoạch cần chứa hàm lượng nước cao để đảm bảo cho độ cứng quả, năng suất quả. Cam quá chín, hàm lượng nước ép thường giảm, quả thường có biểu hiện mềm, xốp, héo, không đảm bảo cho khả năng tiêu thụ và giảm giá thành, ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế. Theo dõi ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến biến đổi hàm lượng nước ép của cam thí nghiệm, kết quả được trình bày ở bảng 2.

Tiến hành lấy mẫu và phân tích chỉ tiêu hàm lượng nước ép của cam ở các thời điểm khác nhau để đánh giá độ chín và xác định thời điểm chín của cam ở các công thức nghiên cứu. Kết quả cho thấy, hàm lượng nước ép của cam cũng tăng dần trong quá trình phát triển của cam và tăng không đáng kể khi hàm lượng nước ép đạt trên 50% khối lượng của quả và kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Ladanyia và cs (2008) [13]. Tuy nhiên, kết quả phân tích cho thấy, sau thời điểm thu hoạch thông thường 30 ngày, cam ở mẫu ĐC không sử dụng chế phẩm hàm lượng nước đã quá thấp, chỉ còn 38,76%, cảm quan cho thấy, quả cũng đã héo, mềm, không còn căng như thời điểm sau thu hoạch 15 ngày. Như vậy, về chỉ tiêu hàm lượng nước ép, cam ở mẫu ĐC đã quá chín, không còn đạt yêu cầu cho thương mại. Trong khi đó, ở hầu hết các mẫu cam được xử lý chế phẩm AVG, hàm lượng nước được giữ khá tốt, hầu hết đạt trên 40% đến tận thời điểm 50 ngày sau thu hoạch. Như vậy, hoạt chất AVG đã cho tác dụng tốt trong ức chế sinh tổng hợp của ethylene trong quả, từ đó trì hoãn các hoạt động của các enzyme làm chín quả, trì hoãn quá trình hô hấp và gián tiếp trì hoãn sự mất nước, duy trì hàm lượng nước ép trong quả.

Bảng 2. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến hàm lượng nước ép của cam (%)

Công thức	Sau thu hoạch ĐC 1, ngày				
	15 ngày	30 ngày	40 ngày	45 ngày	50 ngày
ĐC 1-TĐ1- Nước lã	50,63 ^d	38,76 ^f			
ĐC 2-TĐ4- 124,5 mgAVG/l	52,90 ^d	50,60 ^b	49,66 ^b	48,60 ^c	47,56 ^b
CT 1.1-TĐ1-124,5 mg AVG/l	43,60 ^f	49,63 ^c	50,46 ^b	51,50 ^a	48,60 ^a
CT 1.2-TĐ1-62,25 mgAVG/l	46,40 ^e	49,30 ^c	50,30 ^b	46,33 ^d	41,76 ^e
CT 1.3-TĐ1-31,125 mgAVG/l	53,53 ^b	49,90 ^c	48,23 ^c	47,56 ^c	41,80 ^c
CT 2.1-TĐ2-124,5 mg AVG/l	42,90 ^e	45,40 ^e	45,93 ^d	45,50 ^e	45,80 ^c

CT 2.2-TĐ2-62,25 mgAVG/l	52,50 ^d	51,86 ^b	50,83 ^a	49,43 ^b	47,93 ^b
CT 2.3-TĐ2-31,125 mgAVG/l	56,30 ^a	50,33 ^b	46,23 ^d	44,26 ^e	45,63 ^c
CT 3.1-TĐ3-124,5 mg AVG/l	52,06 ^d	55,26 ^a	50,36 ^b	49,56 ^b	42,16 ^e
CT 3.2-TĐ3-62,25 mgAVG/l	47,50 ^e	47,66 ^d	45,20 ^d	44,40 ^e	42,23 ^e
CT 3.3-TĐ3-31,125 mgAVG/l	48,13 ^e	45,33 ^e	40,33 ^f	41,13 ^f	39,63 ^f
CT 4.1-TĐ4-124,5 mg AVG/l	51,53 ^d	48,50 ^c	47,23 ^c	42,30 ^f	45,90 ^c
CT 4.2-TĐ4-62,25 mgAVG/l	51,86 ^d	45,13 ^e	47,23 ^c	44,20 ^e	48,73 ^a
CT 4.3-TĐ4-31,125 mgAVG/l	52,96 ^c	49,70 ^c	42,56 ^e	43,26 ^e	44,16 ^d
CV (%)	10,2	6,7	15,5	13,2	14,6
F	*	*	*	*	*

Ghi chú: TH (thu hoạch); STH (sau thu hoạch); ĐC (đối chứng); CT (công thức); TĐ (thời điểm).

Tuy nhiên, các kết quả phân tích cũng chỉ ra rằng, trong quá trình chín của quả, hàm lượng nước tăng dần, đạt cao nhất và duy trì trong một thời gian ngắn sau đó đều suy giảm hoặc gần như không đổi sau khi đạt giá trị cao nhất. Trong đó, các công thức: ĐC 2, CT 1.3, CT 3.3, CT 4.1, CT 4.2 và CT 4.3 đạt giá trị cao nhất tại thời điểm 15 ngày sau thu hoạch đối chứng. Các công thức có cam đạt giá trị cao nhất ở thời điểm kế tiếp, 30 ngày sau thu hoạch là CT 2.1, CT 3.1, CT 3.2. Cam ở CT 1.2 đạt hàm lượng nước ép mức cao nhất tại thời điểm 40 ngày sau thu hoạch và công thức có cam đạt giá trị cao nhất, 51,50% ở thời điểm muộn nhất là CT 1.1 với 45 ngày sau thu hoạch ĐC. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Thị Minh Nguyệt (2013) [6] khi nghiên cứu trên cam

Xã Đoài trồng tại tỉnh Hưng Yên là có thể kéo dài thời gian thu hoạch 45 - 50 ngày.

3.2. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến biến đổi hàm lượng chất khô tổng số (TSS) của cam xoàn

Bên cạnh chỉ tiêu hàm lượng nước ép, chỉ tiêu TSS cũng đóng vai trò quan trọng quyết định đến chất lượng của cam. Hàm lượng TSS quá thấp, độ đường giảm làm cam nhạt vị, ảnh hưởng đến giá trị thương mại của cam. Trong quá trình sinh trưởng và phát triển của quả cam, hàm lượng TSS của quả khi chín quá thường giảm do các chất khô bị chuyển hóa theo hướng dị hóa của quả. Nghiên cứu ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến biến đổi chỉ số TSS của cam để xác định thời điểm chín của quả. Kết quả được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến hàm lượng TSS của cam (%)

Công thức	Sau thu hoạch ĐC 1, ngày				
	15 ngày	30 ngày	40 ngày	45 ngày	50 ngày
ĐC 1-TĐ1- Nước lã	12,56 ^f	12,03 ^f			
ĐC 2-TĐ4- 124,5 mgAVG/l	14,56 ^d	13,66 ^e	12,63 ^e	12,33 ^c	11,66 ^d
CT 1.1-TĐ1-124,5 mg AVG/l	14,70 ^c	14,46 ^b	14,43 ^a	14,30 ^a	13,43 ^a
CT 1.2-TĐ1-62,25 mgAVG/l	14,53 ^d	14,36 ^b	14,16 ^b	13,56 ^b	12,76 ^b
CT 1.3-TĐ1-31,125 mgAVG/l	14,76 ^c	14,33 ^b	14,00 ^b	13,20 ^b	12,50 ^b
CT 2.1-TĐ2-124,5 mg AVG/l	15,10 ^a	14,33 ^b	13,02 ^e	12,63 ^c	12,56 ^b

CT 2.2-TĐ2-62,25 mgAVG/1	14,43 ^d	14,10 ^c	13,60 ^c	12,76 ^c	12,50 ^b
CT 2.3-TĐ2-31,125 mgAVG/1	14,96 ^b	14,20 ^b	13,33 ^c	13,16 ^b	12,30 ^b
CT 3.1-TĐ3-124,5 mg AVG/1	14,73 ^c	14,60 ^a	13,16 ^d	12,83 ^c	12,43 ^b
CT 3.2-TĐ3-62,25 mgAVG/1	14,36 ^e	14,10 ^c	13,00 ^d	12,63 ^c	12,26 ^c
CT 3.3-TĐ3-31,125 mgAVG/1	14,13 ^e	13,80 ^d	13,76 ^c	12,63 ^c	11,73 ^d
CT 4.1-TĐ4-124,5 mg AVG/1	14,56 ^d	13,46 ^e	12,70 ^e	12,46 ^c	11,70 ^d
CT 4.2-TĐ4-62,25 mgAVG/1	13,70 ^c	13,83 ^d	12,80 ^e	11,90 ^d	11,46 ^d
CT 4.3-TĐ4-31,125 mgAVG/1	14,60 ^c	12,90 ^e	12,80 ^e	11,73 ^d	10,86 ^e
CV (%)	9,8	5,9	8,3	11,2	15,3
F	*	*	*	*	*

Ghi chú: Ô bôi màu có số là ô chỉ thời điểm cam có hàm lượng nước ép cao nhất; ô bôi màu không có số là mẫu không tiếp tục theo dõi.

Kết quả cho thấy, TSS ở cam mẫu ĐC đã khá thấp, chỉ đạt 12,03% tại thời điểm 15 ngày sau thu hoạch dự kiến, chứng tỏ cam đã chín ở thời điểm trước đó. Kiểm tra ở thời điểm tiếp theo, TSS của cam ở mẫu ĐC tiếp tục suy giảm kết hợp mất nước mạnh (hàm lượng nước ép chỉ còn 38,7% ở thời điểm 30 ngày sau thu hoạch) khẳng định thêm bằng chứng cam đã quá chín.

Trong khi đó, cam tại các mẫu có sử dụng chế phẩm AVG hoặc Retain (ĐC2) có hàm lượng TSS khá tốt, đạt 13 - 16% trong suốt quá trình nghiên cứu đến ngày thứ 50 sau thu hoạch đối chứng. Như vậy, biến đổi các chỉ số TSS phản ánh khá phù hợp với biến đổi hàm lượng nước ép và kết quả nghiên cứu chứng tỏ sau thời điểm quả đạt hàm lượng nước ép cao nhất, TSS của quả cũng đạt cao nhất và suy giảm sau đó, nhưng xử lý chế phẩm AVG đã cho trì hoãn suy giảm TSS tốt hơn so với cam không xử lý chế phẩm. Tuy nhiên, để cam thu hoạch đạt hiệu quả kinh tế cao nhất, cam cần thu hoạch tại thời điểm chín với hàm lượng nước cao nhất và TSS cao nhất và công thức xử lý chế phẩm AVG cho trì hoãn sự chín của quả dài nhất được xác định là CT 1.1, cho thời điểm thu hoạch tối ưu tại 260 ngày sau đậu quả, tương đương với đạt 45 ngày sau thu hoạch cam không xử lý chế phẩm (đối chứng). Cam tại các công

thức khác cho khả năng trì hoãn chín kém hơn. Trong đó, CT 1.2 đạt 40 ngày sau thu hoạch, CT 2.1; CT 2.2; CT 3.1; CT 3.2 đạt 30 ngày sau thu hoạch và còn lại là ĐC 2; CT 1.3; CT 2.3; CT 3.2; CT 3.3; CT 4.1; CT 4.2; CT 4.3 chỉ đạt 15 ngày sau thu hoạch ĐC.

3.3. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến biến đổi hàm lượng axit tổng số

Ngoài phân tích theo dõi ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến khả năng trì hoãn biến đổi hàm lượng nước ép của cam, để khẳng định thêm tác dụng của chế phẩm đến khả năng trì hoãn sự chín của cam, nghiên cứu theo dõi biến đổi của hàm lượng axit tổng số của cam. Axit tổng số là chỉ tiêu quan trọng trong xác định độ chín của cam bên cạnh các chỉ tiêu về hàm lượng nước ép [13, 14] và hàm lượng chất khô tổng số TSS. Theo các kết quả nghiên cứu khi theo dõi biến đổi chỉ tiêu hàm lượng axit trong quá trình sinh trưởng và phát triển [15], hàm lượng axit tổng số tăng nhanh trong giai đoạn đầu và suy giảm khi quá chín. Để xác định thời điểm chín của cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp trong nghiên cứu ứng dụng chế phẩm AVG, chỉ tiêu axit tổng số được phân tích từ ngày xử lý đầu tiên và kết thúc khi chỉ tiêu này có dấu hiệu chững lại hoặc suy giảm. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến hàm lượng axit tổng số của cam (%)

Công thức	Sau thu hoạch ĐC 1, ngày				
	15 ngày	30 ngày	40 ngày	45 ngày	50 ngày
ĐC 1-TĐ1- Nước lã	0,47 ^c	0,45 ^f			
ĐC 2-TĐ4- 124,5 mgAVG/l	0,55 ^b	0,54 ^b	0,49 ^c	0,41 ^c	0,32 ^e
CT 1.1-TĐ1-124,5 mg AVG/l	0,57 ^b	0,54 ^b	0,52 ^b	0,51 ^a	0,38 ^b
CT 1.2-TĐ1-62,25 mgAVG/l	0,55 ^b	0,51 ^d	0,46 ^d	0,41 ^c	0,39 ^b
CT 1.3-TĐ1-31,125 mgAVG/l	0,64 ^a	0,56 ^a	0,50 ^a	0,43 ^c	0,39 ^b
CT 2.1-TĐ2-124,5 mg AVG/l	0,54 ^b	0,54 ^b	0,43 ^f	0,33 ^f	0,35 ^c
CT 2.2-TĐ2-62,25 mgAVG/l	0,53 ^b	0,51 ^d	0,47 ^c	0,43 ^c	0,34 ^d
CT 2.3-TĐ2-31,125 mgAVG/l	0,53 ^b	0,52 ^c	0,46 ^d	0,44 ^b	0,41 ^a
CT 3.1-TĐ3-124,5 mg AVG/l	0,61 ^a	0,54 ^b	0,45 ^e	0,42 ^c	0,36 ^c
CT 3.2-TĐ3-62,25 mgAVG/l	0,57 ^b	0,50 ^d	0,48 ^c	0,43 ^c	0,32 ^e
CT 3.3-TĐ3-31,125 mgAVG/l	0,55 ^b	0,53 ^b	0,48 ^c	0,45 ^b	0,38 ^b
CT 4.1-TĐ4-124,5 mg AVG/l	0,57 ^b	0,51 ^d	0,46 ^c	0,41 ^c	0,37 ^b
CT 4.2-TĐ4-62,25 mgAVG/l	0,49 ^c	0,48 ^c	0,45 ^c	0,39 ^d	0,34 ^c
CT 4.3-TĐ4-31,125 mgAVG/l	0,55 ^b	0,44 ^f	0,42 ^f	0,37 ^e	0,35 ^c
CV (%)	7,7	8,3	14,0	16,2	11,4
F	*	*	*	*	*

Kết quả cho thấy, với cam ở công thức ĐC không sử dụng chế phẩm (ĐC 1), hàm lượng axit tổng số thể hiện đang ở giai đoạn suy giảm, chỉ còn giá trị < 0,5% tại các thời điểm phân tích từ 15 ngày sau thu hoạch và sự biến đổi này cũng phù hợp với nghiên cứu của Ladaniya và Singh (2000) [15]. Biến đổi chỉ tiêu này như vậy cam ở công thức ĐC đã chín ở thời điểm trước đó. Kết quả này là khá phù hợp với kết quả theo dõi biến đổi hàm lượng nước ép và hàm lượng TSS trong các phân tích trước đó ở mẫu cam ĐC. Cam ở các công thức CT 3.3; CT 4.1; CT 4.2 và CT 4.3, chỉ tiêu axit tổng số đạt cao nhất ở thời điểm 15 ngày sau thu hoạch (246 ngày sau ra hoa). Cam ở các công thức ĐC 2 (Retain); CT 1.2; CT 1.3; CT 2.2; CT 2.3; CT 3.1, CT 3.2 ở 25 ngày sau thu hoạch (256 ngày sau đậu quả), CT 2.1 đạt cao nhất ở 40 ngày sau thu hoạch (255 ngày sau đậu quả) và cuối cùng, công thức đạt chỉ tiêu axit tổng số cao muộn nhất là CT 1.1, đạt 0,51% ở 45 ngày sau thu hoạch (260 ngày sau đậu quả). Ở thời điểm 50 ngày sau thu hoạch, hầu

hết các mẫu cam chỉ tiêu axit tổng số đều thấp hơn 0,5%, điều này chứng tỏ cam chỉ có thể duy trì chỉ số axit tốt nhất là ở CT 1.1 với 45 ngày sau thu hoạch, các công thức xử lý khác cam đều thấp hơn.

Từ các kết quả nghiên cứu trên, dựa trên kết quả theo dõi biến đổi hàm lượng nước ép, hàm lượng chất khô tổng số (TSS), hàm lượng axit tổng số, nghiên cứu xác định duy nhất công thức xử lý chế phẩm CT1.1 cho thời gian trì hoãn sự chín, kéo dài thời gian thu hoạch cam 45 ngày so với thu hoạch ĐC 1 với các chỉ tiêu đạt lần lượt là 51,5%; 14%; 0,51%, đạt yêu cầu chất lượng của cam so với thời điểm thu hoạch chính thức (ĐC 1). Các công thức xử lý khác đều cho thấy khả năng kéo dài thời gian thu hoạch, đặc biệt duy trì chỉ tiêu TSS ổn định 35 - 45 ngày sau thu hoạch, nhưng xét tổng hợp cả 3 chỉ tiêu là hàm lượng nước ép, hàm lượng chất khô tổng số (TSS) và hàm lượng axit tổng số thì thời hạn thu hoạch ngắn hơn. Kết quả này cũng cho thấy, đối với cây cam xoàn trồng tại

tính Đồng Tháp 9 năm tuổi, xử lý sớm tại thời điểm 187 ngày sau đậu quả và nồng độ hoạt chất AVG 124,5 mg/l cho kết quả trì hoãn sự chín của cam tốt nhất và khả năng này trì hoãn giảm dần khi nồng độ giảm và thời điểm xử lý muộn hơn. Đặc biệt xử lý tại thời điểm 4 cho khả năng trì hoãn chín của cam gần như không đáng kể, chỉ khoảng 15 ngày sau thu hoạch mặc dù các chất lượng cảm quan về độ bóng quả và độ chắc quả được cải thiện đáng kể như các nghiên cứu dưới đây.

3.4. Ảnh hưởng của chế phẩm AVG đến các chỉ tiêu cảm quan

Ngoài các chỉ tiêu về hàm lượng nước ép, TSS và axit tổng số là các chỉ tiêu chính quyết định giá trị sử dụng của quả. Trong thương mại cam xoàn, màu sắc vỏ quả, màu sắc tép quả và độ cứng quả là các giá trị quan trọng, nâng cao giá cả của cam. Nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý chế phẩm AVG đến biến đổi độ cứng của cam tại thời điểm thu hoạch, kết quả được trình bày ở bảng 5.

Kết quả cho thấy, hầu hết các mẫu quả được xử lý chế phẩm đều cho độ cứng cao hơn quả ở

mẫu ĐC tại thời điểm thu hoạch, với mẫu ĐC là $12,80 \pm 0,89 \text{ kg/cm}^2$ trong khi các mẫu thí nghiệm sử dụng chế phẩm AVG và Retain đạt từ $12,96 \pm 0,62 \text{ kg/cm}^2$ đến $14,70 \pm 0,89 \text{ kg/cm}^2$ tại thời điểm thu hoạch. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu của Nguyễn Thị Minh Nguyệt (2013) [6] khi nghiên cứu ứng dụng chế phẩm Retain chứa hoạt chất AVG trên các cây có múi như: Cam, quýt.

Ngoài đánh giá các chỉ tiêu cảm quan, các chỉ tiêu về an toàn thực phẩm như: Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, hàm lượng kim loại nặng, vi sinh vật của cam cũng đã được phân tích, đánh giá. Kết quả cho thấy, trong khuôn khổ nghiên cứu, cam sau thu hoạch đạt các chỉ tiêu về an toàn thực phẩm như: Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, kim loại nặng và vi sinh vật theo các quy định của Việt Nam thời điểm hiện tại và đặc biệt, không phát hiện dư lượng AVG áp dụng tại thời điểm 45 ngày sau thu hoạch ĐC, điều này có thể do liều lượng áp dụng thấp (ppm), thời gian thu hoạch kéo dài khiến AVG không còn tồn tại trong quả.

Bảng 5. Độ cứng cam thời điểm thu hoạch

Công thức	Độ cứng quả (kg/cm ²)
ĐC 1-TĐ1- Nước lã	12,80 ^c
ĐC 2-TĐ4- 124,5 mgAVG/l	13,93 ^b
CT 1.1-TĐ1-124,5 mg AVG/l	14,70 ^a
CT 1.2-TĐ1-62,25 mgAVG/l	13,70 ^b
CT 1.3-TĐ1-31,125 mgAVG/l	13,46 ^d
CT 2.1-TĐ2-124,5 mg AVG/l	13,86 ^b
CT 2.2-TĐ2-62,25 mgAVG/l	13,76 ^b
CT 2.3-TĐ2-31,125 mgAVG/l	13,26 ^d
CT 3.1-TĐ3-124,5 mg AVG/l	13,10 ^d
CT 3.2-TĐ3-62,25 mgAVG/l	13,66 ^c
CT 3.3-TĐ3-31,125 mgAVG/l	12,96 ^c
CT 4.1-TĐ4-124,5 mg AVG/l	13,03 ^d
CT 4.2-TĐ4-62,25 mgAVG/l	13,13 ^d
CT 4.3-TĐ4-31,125 mgAVG/l	13,23 ^d
CV (%)	8,3
F	*



Hình 1. Cam xoàn tại thời điểm thu hoạch (a: ĐC; b: CT 1.1)

4. KẾT LUẬN

Xử lý chế phẩm sinh học AVG cho thấy, hiệu quả để kéo thời gian thu hoạch mà vẫn duy trì được chất lượng dinh dưỡng và cảm quan của cam xoàn trồng tại tỉnh Đồng Tháp. Kết quả thực nghiệm cho thấy, ở nồng độ AVG 124,5 mg/l tại thời điểm 4 tuần trước thu hoạch thông thường (187 ngày sau đậu quả) cho khả năng trì hoãn quá trình chín quả 45 ngày, tương ứng các chỉ tiêu đánh giá chất lượng tương đương ĐC tại thời điểm thu hoạch với hàm lượng nước ép 51,5%, TSS 14,3%, axit tổng số 0,51%, độ cứng quả 14,7 kg/cm². Trong quá trình trưởng thành của quả, hàm lượng nước ép, hàm lượng chất khô tổng số, hàm lượng axit tổng số tăng dần, đạt đỉnh và suy giảm khi quá chín.

Sử dụng chế phẩm AVG cho độ cứng quả cao hơn và không ảnh hưởng đến các chỉ tiêu khác về cảm quan của quả trong các công thức nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trung tâm Thông tin công nghiệp và Thương mại (Bộ Công thương) (2024). Phân tích tình hình cung cầu và dự báo mặt hàng trái cây có múi, tháng 9 năm 2024.

2. Tổng cục Thống kê (2025). Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội quý IV và năm 2024.

3. Martínez-Romero, D., Bailén, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P., Castillo, S., Valero, D. (2007). Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. <https://www.researchgate.net/publication/6184795>.

4. Melike, Ç., Fatma, K. (2011). Effects of aminoethoxyvinylglycine on harvest time and fruit quality of 'monroe' peaches. *Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Sciences*. 17, 177 - 189.

5. Schupp, J. R. , Greene, D. W. (2004). Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples. I. concentration and timing of dilute applications of AVG. *HortScience*, 39(5), 1030 - 1035.

6. Nguyễn Thị Minh Nguyệt (2013). Công nghệ xử lý chế phẩm sinh học Retain trong giai đoạn cận thu hoạch, nhằm kéo dài thời gian bảo quản trên cây cho một số loại trái cây. Tiến bộ kỹ thuật, Quyết định số 1566/QĐ-CB ngày 30/9/2013 của Cục Chế biến, Thương mại nông lâm thủy sản và Nghề muối.

7. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011 - Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.

8. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4411:1987 - Đồ hộp - Phương pháp xác định khối lượng tịnh và tỷ lệ theo khối lượng các thành phần trong đồ hộp.

9. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5483:2007 - Sản phẩm rau, quả - Xác định độ axit chuẩn độ được.

10. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7771:2007 - Sản phẩm rau, quả - Xác định chất rắn hòa tan - Phương pháp khúc xạ.

11. Amin, M. N., Hossain, M. M., Rahim, M. A., Uddin, M. B. (2015). Determination of optimum maturity stage of banana. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 40(2): 189 - 204.

12. Lado, J., Rodrigo, M. J., Zacarías, L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review*, 2, 2.
13. Ladanyia, M. S. (2008). *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. Academic Press elsevier.com.
14. Mukhim, C., Nath, A., Deka, B. C., Swer, T. L. (2015). Changes in physico-chemical properties of Assam lemon (*Citrus limon* Burm.) at different stages of fruit growth and development. *The Bioscan*, 10(2), 535 – 537.
15. Ladaniya, M. S., Singh, S. (2000). Maturity indices for acid lime (*Citrus aurantifolia*) cultivar 'Kagzi' grown in central India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 70(5): 292 - 295.

**RESEARCH ON SOME TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF TREATMENT AVG
(Aminoethoxy Vinyl Glycine) PRODUCT TO EXTEND THE HARVEST TIME
OF ORANGES IN DONG THAP PROVINCE**

Nguyen Van Nguyen¹, Pham Anh Tuan¹, Nguyen Tien Nam¹

¹*Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Postharvest Technology*

Abstract

The purpose of this study was to experiment test the effects of concentrations and times treatment of AVG product on the ability to delay the ripening process of oranges were grown in Dong Thap province, from this extended harvest time of them. The study was experimented on orange plants with 3 concentrations of AVG product: 124.5 mg/l, 62.25 mg/l, 31.125 mg/l and at 4 times period: 4, 3, 2, 1 week before normal harvest time, corresponding to 187, 194, 201 and 208 days after fruit set (DAFS). Experimental results showed that at AVG product concentration of 124.5 mg/l and 4 weeks before normal harvest (187 days after fruit set), it was able to delay fruit ripening over 45 days, corresponding to quality assessment indicators equivalent to the control at normal harvest time with juice content of 51.5%, TSS of 14.3%, total acidity of 0.51%, fruit firmness of 14.7 kg/cm².

Keywords: *AVG product, aminoethoxy vinylglycine, Dong Thap orange, delay ripening.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 18/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 26/7/2025

Ngày duyệt đăng: 8/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BAO GÓI MAP ĐẾN CHẤT LƯỢNG QUẢ CHANH LEO TÍM

Vũ Thị Nga^{1,*}, Nguyễn Thị Hạnh², Nguyễn Thị Tú Quỳnh¹,
Nguyễn Hồng Dũng², Lê Thị Hiền¹, Nguyễn Mạnh Hiếu¹

¹Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

² Học viện Nông nghiệp Việt Nam

* Email: vungasth47@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của 4 loại bao bì (Bao bì LDPE (Low Density Polyethylene) và OPP (Oriented Polypropylene) của Công ty TNHH Sản xuất và Thương mại Ngũ Long, bao bì MAP của Viện Hóa học (MAP Viện hóa), bao bì MAP Aura pack của Công ty BelleGreenWise của Nhật Bản (MAP Nhật Bản)) đến biến đổi thành phần khí: O₂, CO₂, ethylene trong bao bì và sự biến đổi chất lượng quả chanh leo tím ở điều kiện bảo quản lạnh (7 ± 1°C) trong 28 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bao bì MAP Viện hóa được đánh giá là phù hợp nhất trong bảo quản lạnh quả chanh leo tím, với khả năng nhanh chóng thiết lập môi trường khí cân bằng chỉ sau 1 - 4 ngày bảo quản, với nồng độ khí O₂ 7,3 - 9,2%, CO₂ 6,5 - 8,3% và ethylene 31 - 43 ppm. Sau 28 ngày bảo quản, mẫu chanh leo trong bao bì MAP Viện hóa cho hiệu quả bảo quản tốt nhất với tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp nhất (0,63%), vitamin C 39,01 mg/100 g, hàm lượng chất khô hoà tan tổng số - TSS (15,60°Bx) và chất lượng cảm quan cao nhất (18,0 điểm). Bao bì OPP và LDPE duy trì chất lượng khá, trong khi MAP Nhật Bản gây ra hô hấp yếm khí do O₂ thấp (< 1,5%) và CO₂ cao (~30%), làm giảm chất lượng rõ rệt. Mẫu đối chứng không bao gói có chất lượng suy giảm nhanh, tỷ lệ hao hụt khối lượng cao nhất (8,96%) và chất lượng cảm quan rất kém (5,0 điểm) ở ngày cuối bảo quản.

Từ khóa: Quả chanh leo tím, bao gói khí điều biến, vật liệu bao gói, bảo quản lạnh.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims.) là loại quả nhiệt đới có giá trị kinh tế cao, được trồng phổ biến tại Việt Nam, đặc biệt ở các tỉnh: Gia Lai, Sơn La, Lâm Đồng và Đắk Lắk, với diện tích trên 9.000 ha, chiếm hơn 86% tổng diện tích cả nước [1]. Quả chanh leo sau thu hoạch có đặc điểm hô hấp đột biến, thuộc nhóm quả sản sinh lượng ethylene cao nhất với cường độ sinh ethylene ở đỉnh hô hấp đạt 160 - 370 μ l C₂H₄/kg.h ở 20°C. Cường độ hô hấp của quả ở 5°C, 10°C, 20°C lần lượt là 15 - 30; 20 - 40; 45 - 100 ml CO₂/kg.h [2]. Do đó, quả chanh leo bị mất nước, nhăn và suy giảm chất lượng nhanh chóng sau thu hoạch, gây khó khăn cho quá trình bảo quản và vận chuyển [3].

Phương pháp bao gói khí điều biến (Modified atmosphere packaging - MAP) là phương pháp bảo quản hiệu quả được áp dụng cho các sản phẩm

nông sản tươi. Bao gói MAP với kỹ thuật sử dụng vật liệu bao gói dạng màng polymer thích hợp, có khả năng tạo ra được môi trường vi khí hậu với nồng độ khí oxy thấp và nồng độ khí cacbonic cao dựa trên nguyên tắc bán thấm khí của bao bì kết hợp với quá trình hô hấp của các loại sản phẩm (thường là rau quả tươi). Nhờ đó làm giảm sự phát triển của vi sinh vật gây thối hỏng, ức chế quá trình hô hấp, làm giảm khả năng sản sinh ethylen và những biến đổi sinh hóa, hóa học và hoạt tính của enzyme, từ đó duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm. MAP bao gồm 2 loại chính: MAP thụ động và MAP chủ động. MAP thụ động dựa trên sự cân bằng tự nhiên giữa quá trình hô hấp của sản phẩm và tính thấm khí của bao bì, tạo ra môi trường khí quyển cân bằng bên trong bao bì. Trong khi đó, MAP chủ động sử dụng hỗn hợp khí được điều chỉnh phù hợp với từng loại sản

phẩm và được chủ động nạp vào trong bao bì ngay tại thời điểm đóng gói [4, 5].

Một số nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh hiệu quả của MAP trong bảo quản quả chanh leo. Yumbya và cs (2014) [3] nghiên cứu tác động của bao gói MAP lên chất lượng và thời gian bảo quản quả chanh leo tím. Kết quả cho thấy, bao bì MAP activebag® làm chậm quá trình hô hấp và sản sinh ethylene, giảm hao hụt khối lượng dưới 7% so với 26% ở mẫu không bao gói, kéo dài thời gian bảo quản ít nhất 14 ngày. Bao bì polyethylene tuy kéo dài thời gian bảo quản nhưng làm tăng tỉ lệ thối hỏng rõ rệt sau 14 ngày.

Maniwaru và cs (2015) [6] nghiên cứu sự biến đổi chất lượng sau thu hoạch của quả chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims) dưới điều kiện bao gói MAP với 3 loại vật liệu bao bì khác nhau. Kết quả cho thấy, nồng độ oxy trong bao bì giảm đáng kể và duy trì ở mức cân bằng khoảng 3 - 8%, trong khi nồng độ khí cacbonic tăng lên khoảng 10 - 20% do quá trình hô hấp của quả và đặc tính thấm khí của màng bao bì. Trạng thái cân bằng khí được thiết lập trong vòng 7 - 14 ngày sau khi đóng gói. Bao bì MAP giúp giảm đáng kể tỷ lệ hao hụt khối lượng và làm chậm quá trình nhân vỏ, duy trì chất lượng quả.

Theo Rinaldi và cs (2019) [7], đánh giá ảnh hưởng của các bao bì (khay xếp bọc màng PVC dày 10 μ m, màng HDPE dày 30 μ m, phủ sáp carnauba và không sử dụng bao bì) lên chất lượng quả chanh dây vàng *Passiflora alata* trong quá trình bảo quản ở điều kiện phòng (25°C, 70%RH) và lạnh (10°C, RH 90%). Kết quả cho thấy, ở điều kiện bảo quản lạnh, chanh dây bao gói trong khay xếp bọc PVC dày 10 μ m cho chất lượng tốt nhất sau 14 ngày bảo quản. Ở điều kiện phòng, chanh dây có hạn sử dụng 7 ngày và không nên sử dụng bao bì hoặc màng carnauba.

Tại Việt Nam, việc ứng dụng MAP trong bảo quản quả chanh leo còn hạn chế, chưa có nhiều nghiên cứu sâu về ảnh hưởng của các loại bao bì khác nhau đến thành phần khí trong bao bì và chất lượng quả trong điều kiện bảo quản lạnh. Do đó, nghiên cứu ảnh hưởng của bao gói MAP đến chất lượng quả chanh leo tím là cần thiết nhằm đánh giá tác động của 4 loại bao bì phổ biến (LDPE,

OPP, MAP Viện hóa và MAP Nhật Bản) đến biến đổi khí O₂, CO₂, ethylene và chất lượng quả chanh leo tím bảo quản ở nhiệt độ lạnh 7 \pm 1°C trong 28 ngày, từ đó lựa chọn loại bao bì phù hợp nhất để bao gói bảo quản MAP thụ động cho bảo quản quả chanh leo tím sau thu hoạch.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims.) được trồng tại tỉnh Đắk Lắk, độ tuổi 65 - 70 ngày sau khi đậu quả. Quả được thu hái vào sáng sớm, đóng thùng xốp có đá gel lạnh, vận chuyển về phòng thí nghiệm tại Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch bằng đường hàng không và được xử lý thí nghiệm sau 24 - 30 giờ thu hái. Lựa chọn những quả chín đồng đều (80 - 90% vỏ quả chuyển màu tím), quả tươi, kích thước đồng đều, không nấm bệnh, khuyết tật.

Vật liệu nghiên cứu: Bao bì LDPE (Low Density Polyethylene) và OPP (Oriented Polypropylene) của Công ty TNHH Sản xuất và Thương mại Ngũ Long, bao bì MAP Viện hóa, bao bì MAP Aura pack của Công ty BelleGreenWise của Nhật Bản (MAP Nhật Bản), với độ dày 0,02 - 0,03 mm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu quả tươi tại vườn theo TCVN 9017:2011 [8].

2.2.2. Phương pháp sơ chế và xử lý nguyên liệu.

Chanh leo sau thu hoạch được cắt sát cuống, lựa chọn những quả đồng đều về màu sắc, kích thước, không sâu, bệnh thối hỏng. Nhúng quả chanh leo trong dung dịch chlorin 200 ppm trong 3 phút. Quả sau xử lý được để khô tự nhiên, chờ bố trí thí nghiệm.

2.2.3. Phương pháp thực nghiệm

Tiến hành khảo sát với 4 loại vật liệu bao gói gồm: LDPE, OPP, MAP Viện hóa và MAP Nhật Bản với cùng độ dày 0,02 - 0,03 mm, kích thước bao bì 18 x 18 cm, mỗi thí nghiệm gồm 8 gói chanh leo được đóng gói hàn kín, khối lượng 200 - 220 g/gói. Sau bao gói, chanh leo được đặt trong thùng carton, bảo quản ở nhiệt độ 7 \pm 1°C và độ

ẩm 80 - 90%. Mẫu đối chứng là mẫu chanh leo không bao gói, đặt trong thùng carton và bảo quản ở cùng điều kiện nhiệt độ và độ ẩm. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: Biến đổi thành phần O₂ (%), CO₂ (%), khí ethylene (ppm) bên trong bao bì; biến đổi chất lượng dịch quả chanh leo bao gồm: Độ cứng (kgf), tỷ lệ hao hụt khối lượng (%), TSS (°Bx), hàm lượng vitamin C (mg/100 g), hàm lượng axit hữu cơ tổng số (%) và chất lượng cảm quan (điểm). Theo dõi và lấy mẫu phân tích chất lượng trong thời gian 28 ngày, tần suất 7 ngày/lần. Theo dõi biến đổi thành phần khí 1 ngày/lần trong 7 ngày đầu và 7 ngày 1 lần trong 21 ngày tiếp theo. Các thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp.

2.2.4. Phương pháp phân tích và đánh giá chất lượng

- Đánh giá chất lượng cảm quan: Bằng phương pháp lập hội đồng chuyên gia chấm điểm dựa trên nguyên tắc của TCVN 3215-79 [9], với 4 chỉ tiêu gồm: Màu sắc, mùi, vị và trạng thái quả chanh leo. Các chỉ tiêu được đánh giá riêng rẽ theo thang 5 điểm, điểm cao nhất là 5, điểm thấp nhất là 0, tương ứng hệ số quan trọng: Màu sắc (1,2), mùi (0,8), vị (0,8) và trạng thái (1,2). Mức xếp loại theo tổng điểm gồm 6 cấp độ đánh giá: Tốt (18,6 - 20), khá (15,2 - 18,5), trung bình (11,2 - 15,1), kém (7,2 - 11,1), rất kém (4,0 - 7,1) và hỏng (0 - 3,9).

- Xác định TSS (°Bx): Sử dụng khúc xạ kế Atago, Model PAL-α (Nhật Bản), phạm vi đo 0 - 81°Bx, độ chính xác 0,1°Bx.

- Xác định độ cứng (kgf): Sử dụng máy đo độ cứng Algo, Model HF- 20 (Đài Loan). Phạm vi đo 200 N, độ chính xác 0,1 N, đầu đo 2 mm. Nguyên tắc đo độ cứng bằng phương pháp đâm xuyên tại một điểm ở vị trí đường kính lớn nhất của quả, chiều sâu đâm xuyên 5 mm. Giá trị hiện trên máy

là độ cứng của quả.

- Xác định hàm lượng axit (%) theo TCVN 5483:2007 [10].

- Xác định hàm lượng vitamin C (mg/100 g) theo phương pháp chuẩn độ với Iod 0,01N

- Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng (%): Cân khối lượng quả trước khi đưa vào bảo quản, cân lại khối lượng quả sau một thời gian bảo quản. Tỷ lệ hao hụt khối lượng (%) = (khối lượng quả trước khi đưa vào bảo quản - khối lượng quả sau thời gian bảo quản) * 100% / khối lượng quả trước khi đưa vào bảo quản

- Xác định nồng độ các thành phần khí O₂ (%), CO₂ (%), C₂H₄ (ppm) trong bao bì: Sử dụng thiết bị đo nồng độ khí O₂ (%) và CO₂ (%) của hãng Illinois Instrument, Model 6600 (Mỹ); thiết bị đo khí ethylene của hãng Felix, Model F950 (Mỹ).

2.2.5. Thiết bị sử dụng

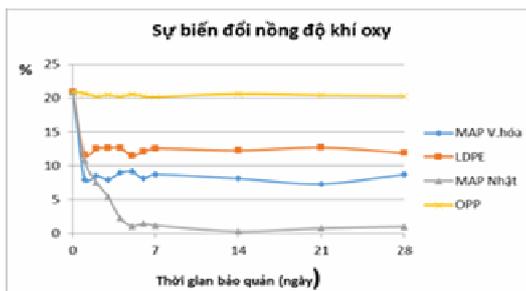
Kho lạnh 0 - 25 °C, RH 80 - 90%. Cân phân tích Ohaus, thang đo 420 ± 0,001 g. Thiết bị đo nồng độ khí O₂ (%) và CO₂ (%) của hãng Illinois Instrument, Model 6600 (Mỹ). Thiết bị đo khí ethylene của hãng Felix, Model F950 (Mỹ).

2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu

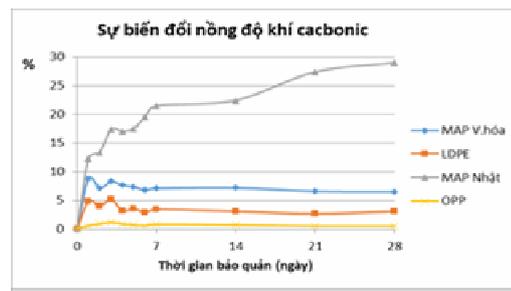
Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA nhằm đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) giữa các nghiệm thức. Khi có sự khác biệt, kiểm định hậu nghiệm Tukey HSD được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình. Tất cả các phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm SPSS phiên bản 18.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

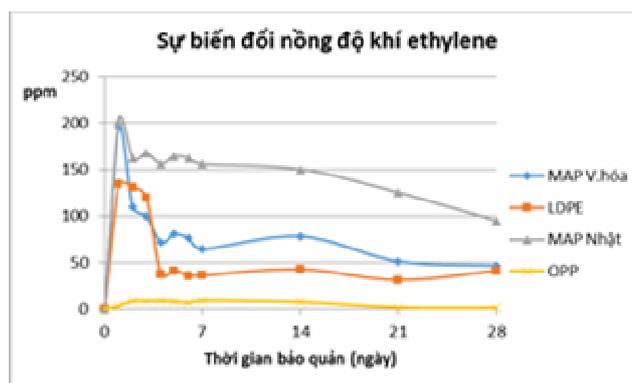
3.1. Kết quả ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến sự biến đổi thành phần khí bên trong bao bì



(A)



(B)



(C)

Hình 1. Sự biến đổi thành phần khí bên trong bao bì chanh leo.
(A): Khí oxy; (B): Khí cacbonic; (C): Khí ethylene

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các vật liệu bao gói: LDPE, OPP, MAP Viện hóa và MAP Nhật Bản có cùng độ dày (0,02 - 0,03 mm), cùng khối lượng quả chanh leo (200 - 220 g) và cùng diện tích trao đổi khí (324 cm²) đến sự biến đổi thành phần khí: O₂, CO₂ và C₂H₄ bên trong bao bì chanh leo được biểu diễn tại hình 1.

Trong quá trình bảo quản sau thu hoạch, rau quả tươi tiêu thụ oxy và thải ra khí cacbonic, dẫn đến sự giảm nồng độ khí oxy và tăng nồng độ khí cacbonic trong không gian bao gói. Tuy nhiên, đặc tính thấm khí khác nhau của từng loại vật liệu bao gói ảnh hưởng đến việc thiết lập trạng thái khí quyển điều biến cân bằng bên trong túi. Kết quả (Hình 1A) cho thấy, bao bì LDPE và MAP Viện hóa nhanh chóng đạt trạng thái khí điều biến cân bằng trong vòng 1 - 2 ngày, với nồng độ khí oxy cân bằng lần lượt là 11,5 - 12,7% và 7,3 - 9,2%. Trong khi đó, bao bì MAP Nhật Bản có nồng độ khí oxy giảm liên tục từ 20,9% xuống khoảng 2,3% sau 4 ngày và duy trì ở mức rất thấp 0,3 - 1,5% trong suốt thời gian bảo quản. Ngược lại, bao bì OPP duy trì nồng độ O₂ ở mức cao tương tự không khí tự nhiên (20,1 - 20,7%) xuyên suốt quá trình bảo quản.

Tương ứng với biến động nồng độ khí oxy, nồng độ khí cacbonic (Hình 1B) tăng dần trong các bao bì MAP bị động và đạt cân bằng sau 1 - 3 ngày: Bao bì LDPE 2,7 - 5,2%, màng MAP Viện hóa 6,5 - 8,3%. Bao bì OPP luôn duy trì nồng độ khí cacbonic ở mức thấp (0,5 - 1,2%), trong khi màng MAP Nhật Bản có khả năng thấm khí cacbonic

kém, khiến nồng độ khí cacbonic tăng liên tục và đạt gần 30% tại ngày cuối bảo quản

Ethylene là hoocmon thực vật tự nhiên, được tạo ra trong quá trình chín của quả, đặc biệt là các quả hô hấp đột biến như chanh leo. Tương tự như khí oxy và cacbonic, một số vật liệu bao gói cũng có khả năng thấm thấu khí ethylene qua màng bao bì. Hình 1C cho thấy: Nồng độ khí ethylene trong bao bì OPP luôn ở mức rất thấp (1,2 - 8,3 ppm). Mặt khác, nồng độ khí ethylene trong bao bì LDPE, MAP Viện hóa và MAP Nhật Bản tăng mạnh trong 1 - 2 ngày đầu bảo quản, với giá trị cao nhất lần lượt là: 134 ppm, 195 ppm và 202 ppm. Trong thời gian bảo quản tiếp theo, bao bì LDPE và MAP Viện hóa có nồng độ khí ethylene trong bao bì giảm dần và duy trì giá trị 31 - 43 ppm trong thời gian 4 - 28 ngày bảo quản lạnh. Bao bì MAP Nhật Bản có nồng độ khí ethylene giảm liên tục và đạt khoảng 95 ppm sau 28 ngày bảo quản, cao hơn nhiều so với nồng độ khí ethylene trong các bao bì còn lại.

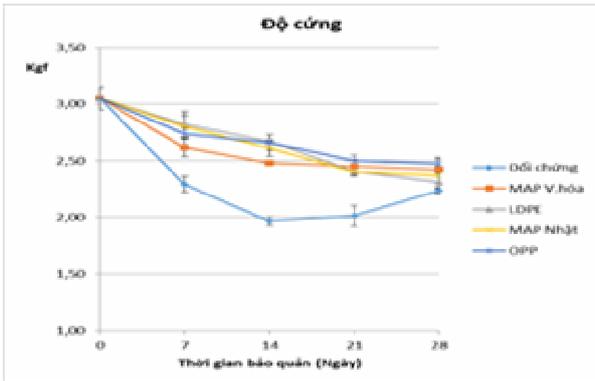
Hiện nay, nghiên cứu về bảo quản bao gói MAP trên thế giới còn rất hạn chế, chưa có nghiên cứu về nồng độ khí oxy và cacbonic tối ưu phù hợp cho bảo quản quả chanh leo. Theo Maniwaru và cs (2015) [6], màng MAP-2 đạt trạng thái khí điều biến cân bằng trong bao bì chanh leo tương ứng 15,0% oxy và 4,8% cacbonic sau khoảng 7 ngày bảo quản ở 10°C cho kết quả tốt nhất trong việc duy trì chất lượng quả, thành phần khí và kéo dài thời hạn bảo quản quả lên đến 51 ngày. Tuy nhiên, bao bì MAP-2 cũng gây ra mùi khó chịu ở thịt quả.

Tổng hợp kết quả phân tích thành phần khí oxy, cacbonic và ethylene trong 4 loại vật liệu bao bì thì màng MAP Viện hoá và LDPE có thể nhanh chóng tạo ra môi trường khí quyển điều biến cân bằng sau vài ngày bảo quản, góp phần duy trì chất lượng quả trong suốt thời gian bảo quản lạnh.

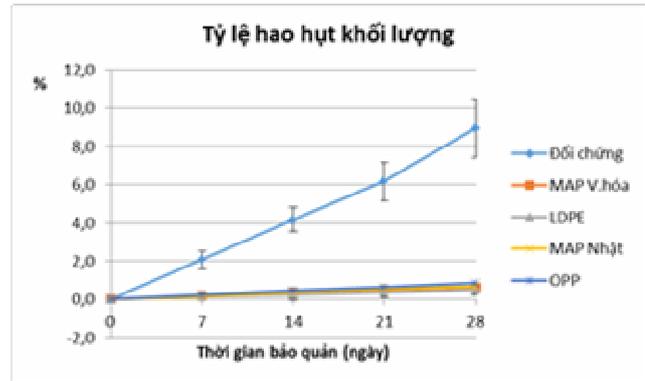
3.2. Kết quả ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến sự biến đổi chất lượng quả chanh leo

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của 4 loại vật liệu bao gói và mẫu đối chứng không bao gói đến chất lượng quả chanh leo trong thời gian bảo quản lạnh ở $7 \pm 1^\circ\text{C}$ được thể hiện ở hình 2, 3 và 4.

3.2.1. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng cơ lý



(A) Độ cứng



(B) Tỷ lệ hao hụt khối lượng

Hình 2. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng cơ lý quả chanh leo

- Độ cứng

Kết quả nghiên cứu hình 2A cho thấy, độ cứng của quả chanh leo ở mẫu đối chứng không bao gói giảm mạnh từ 3,05 kgf ở ngày đầu xuống còn 1,97 kgf vào ngày thứ 14, sau đó tăng nhẹ lên 2,02 kgf vào ngày thứ 21 và 2,24 vào ngày bảo quản thứ 28. Sự tăng nhẹ này được cho là do hiện tượng nhăn vỏ gây ra bởi quá trình mất nước mạnh ở quả không được bao gói, làm cho lớp vỏ trở nên cứng hơn, dai hơn. Ở các mẫu có sử dụng bao bì độ cứng giảm nhẹ theo thời gian bảo quản. Mặc dù mẫu OPP có giá trị độ cứng cao nhất trong giai đoạn bảo quản, nhưng sự khác biệt giữa các mẫu là không có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, vào ngày theo dõi cuối cùng, độ cứng của quả ở bao bì OPP đạt 2,47 kgf, trong khi mẫu MAP Viện hóa đạt 2,31 kgf.

Sự ảnh hưởng của loại màng bao gói đến độ cứng của quả chanh leo cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Rinaldi và cs (2014) [3], khi kết hợp bảo quản bằng màng bao và nhiệt độ lạnh (10°C). Theo báo cáo, độ cứng chanh leo giảm dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các công thức, trong đó các mẫu được bao gói bằng màng PVC 10 μm và HDPE 30 μm cho thấy, mức độ giảm chậm hơn, với độ cứng

lần lượt là giảm xuống còn 14,35 N (PVC) và 11,94 N (HDPE) sau 14 ngày bảo quản.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc kết hợp bao gói phù hợp với điều kiện bảo quản lạnh có thể làm chậm quá trình mềm hóa, giúp duy trì độ cứng của quả trong suốt thời gian lưu trữ.

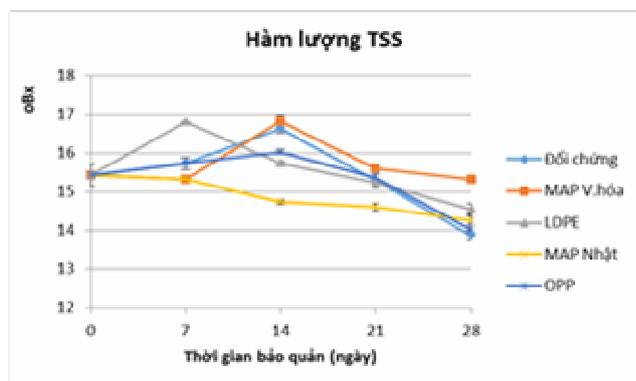
- Hao hụt khối lượng

Đồ thị hình 2B cho thấy, tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên của quả chanh leo tăng dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các công thức. Đặc biệt, mẫu đối chứng không bao gói có tỷ lệ hao hụt cao nhất, đạt 8,96% vào ngày cuối. Trong khi đó, các mẫu có bao bì cho thấy mức hao hụt thấp hơn đáng kể: Bao bì MAP Viện hóa 0,63%, LDPE 0,51%, MAP Nhật Bản 0,70% và OPP là 0,87%.

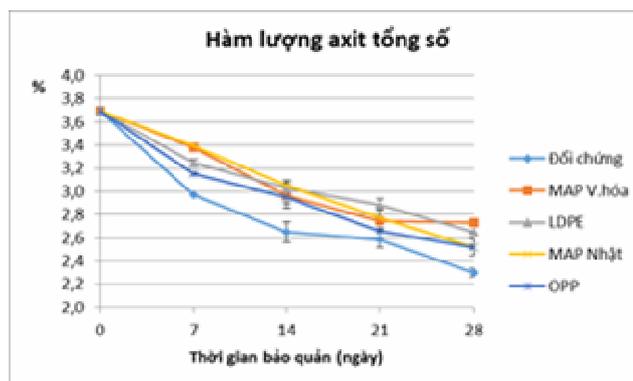
Sự hao hụt khối lượng chủ yếu do quá trình hô hấp tiếp tục diễn ra trong thời gian bảo quản, dẫn đến mất nước, tiêu hao chất dinh dưỡng và làm giảm khối lượng tự nhiên của quả. Mặc dù phân tích thống kê cho thấy, không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các mẫu có bao gói, nhưng sự chênh lệch rõ ràng giữa nhóm có và không có bao bì khẳng định vai trò của vật liệu đóng gói. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Yumbya và cs (2014) [3], cho thấy

trái cây không bao gói có thể mất đến 23% khối lượng sau bảo quản, trong khi bao gói MAP chỉ làm giảm khoảng 5,7%, chứng minh hiệu quả của phương pháp này trong việc hạn chế hao hụt khối lượng.

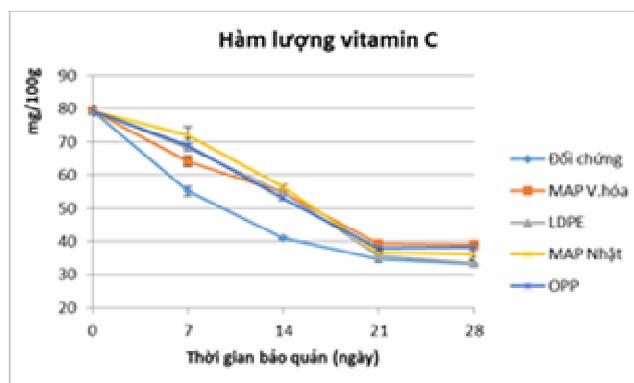
3.2.1. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng hóa lý



(A)



(B)



(C)

Hình 3. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng hóa lý quả chanh leo.

A. Hàm lượng TSS; B. Hàm lượng axit tổng số; C. Hàm lượng vitamin C

- Hàm lượng TSS

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng TSS của quả chanh leo ở hầu hết các công thức xử lý (ngoại trừ mẫu sử dụng bao bì MAP Nhật Bản) đều có xu hướng tăng nhẹ trong giai đoạn đầu, sau đó giảm dần trong suốt thời gian bảo quản. Sự biến động này được cho là bắt nguồn từ đặc tính hô hấp đột biến của chanh leo - một loại quả vẫn tiếp tục chín sinh lý sau thu hoạch. Trong 1 - 2 tuần đầu bảo quản, quá trình chín sinh lý quả tiếp tục diễn ra, thúc đẩy sự thủy phân polysaccharide và tích lũy đường hòa tan, làm gia tăng hàm lượng TSS. Tuy nhiên, sau khi đạt đỉnh, do quả hô hấp mạnh, sử dụng đường làm nguyên liệu trao đổi chất, cùng với sự suy thoái mô tế bào làm hàm lượng TSS giảm dần. Mặc dù TSS biến đổi theo thời gian bảo quản, mức độ dao

động giữa các thời điểm theo dõi là không đáng kể (Hình 3A).

Trong số các công thức, bao bì MAP Viện hóa cho thấy, hiệu quả tốt nhất trong việc duy trì hàm lượng TSS, với giá trị TSS tăng từ 15,43°Bx ở thời điểm ban đầu lên 15,60°Bx vào ngày cuối cùng của quá trình bảo quản. Ngược lại, mẫu sử dụng bao bì MAP Nhật Bản ghi nhận sự suy giảm liên tục về TSS trong suốt 28 ngày bảo quản, với giá trị giảm còn 14,03°Bx ở thời điểm kết thúc. Ở mẫu sử dụng bao bì MAP Nhật Bản, nồng độ khí oxy duy trì ở mức thấp (< 2%) và khí cacbonic ở mức cao (20 - 30%) đã làm hạn chế quá trình chín sinh lý của quả, đồng thời thúc đẩy hô hấp yếm khí. Trong điều kiện này, đường hòa tan bị phân giải nhưng không được bổ sung quá trình chín, dẫn đến sự suy giảm liên tục của TSS trong suốt thời gian bảo quản.

Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Yumbya và cs (2014) [3], trong đó TSS của chanh leo không được bao gói đạt giá trị cực đại vào ngày theo dõi thứ 3 (14,8°Bx) và giảm mạnh xuống còn 11,7°Bx vào ngày thứ 9. Những số liệu này góp phần khẳng định vai trò của công nghệ bao gói MAP trong việc làm chậm quá trình chín và duy trì chất lượng cảm quan của quả chanh leo trong suốt quá trình bảo quản.

- Hàm lượng axit hữu cơ tổng số

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng axit hữu cơ tổng số của quả chanh leo có xu hướng giảm dần trong suốt quá trình bảo quản và mức độ suy giảm tỷ lệ thuận với thời gian bảo quản (Hình 3B). Sự giảm dần này là do các axit hữu cơ như malic và citric được sử dụng làm nguyên liệu cho quá trình hô hấp của quả. Phân tích thống kê cho thấy, mẫu sử dụng bao bì MAP Viện hóa duy trì hàm lượng axit hữu cơ tổng số cao hơn so với các công thức còn lại trong suốt thời gian nghiên cứu. Cụ thể, hàm lượng axit hữu cơ tổng số của mẫu này giảm từ 3,69% ở thời điểm ban đầu xuống còn 2,73% vào ngày bảo quản cuối cùng.

Đối với mẫu sử dụng bao bì OPP, hàm lượng axit giảm còn 2,52%, và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu bao bì MAP Viện hóa ($p \leq 0,05$). Kết quả này có sự khác biệt nhất định so với nghiên cứu của Rinaldi và cs (2017) [7], trong đó báo cáo rằng hàm lượng axit hữu cơ tổng số ở quả chanh leo vàng *Passiflora alata* không bao gói bảo quản ở nhiệt độ thường có xu hướng tăng nhẹ vào thời điểm cuối bảo quản. Sự khác biệt giữa các nghiên cứu có thể xuất phát từ yếu tố giống chanh

leo, độ chín ban đầu của quả, cũng như điều kiện và thời gian bảo quản khác nhau

- Hàm lượng vitamin C

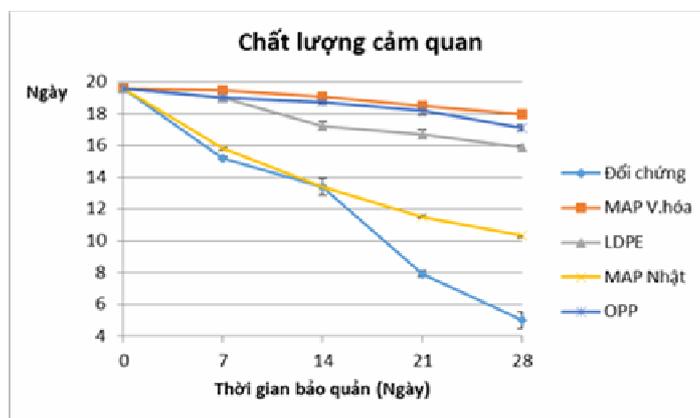
Hàm lượng vitamin C ban đầu trong nguyên liệu chanh leo được xác định là 79,37 mg/100 g. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng vitamin C giảm đáng kể ở tất cả các mẫu thí nghiệm sau 21 ngày bảo quản và có xu hướng ổn định hơn vào giai đoạn cuối của quá trình bảo quản. Trong đó, mẫu đối chứng ghi nhận mức suy giảm vitamin C nhanh và mạnh nhất, chỉ còn 33,15 mg/100 g sau 21 ngày.

Ngược lại, các mẫu sử dụng bao bì MAP của Viện Hóa học và Bao bì OPP duy trì hàm lượng vitamin C cao hơn so với các công thức còn lại, với giá trị tương ứng là 39,01 mg/100 g và 38,72 mg/100 g sau 28 ngày bảo quản. Phân tích thống kê cho thấy, không có sự khác biệt có ý nghĩa ($p > 0,05$) giữa 2 loại bao bì này về khả năng duy trì hàm lượng vitamin C trong suốt thời gian bảo quản.

Hàm lượng vitamin C trong quả chanh leo giảm dần theo thời gian bảo quản do sự oxy hóa dưới tác động của oxy, ánh sáng và quá trình hô hấp. Các bao bì MAP đã tạo ra môi trường có nồng độ oxy thấp, hạn chế quá trình oxy hóa vitamin C và hô hấp, nhờ đó duy trì hàm lượng vitamin C tốt hơn.

3.2.2. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng cảm quan

Sự biến đổi chất lượng cảm quan quả chanh leo trong suốt thời gian bảo quản được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng cảm quan quả chanh leo

Mẫu quả chanh leo ban đầu có chất lượng cảm quan tốt (19,6 điểm), quả tươi chắc, vỏ quả màu hồng tím, căng bóng, thịt quả màu vàng tươi, vị ngọt chua và hương thơm đặc trưng của giống chanh leo tím. Trong quá trình bảo quản, chất lượng cảm quan giảm dần theo thời gian. Sau 28 ngày, mẫu sử dụng bao bì MAP Viện hóa duy trì chất lượng tốt nhất với 18,0 điểm. Tiếp theo là mẫu bao gói OPP (17,1 điểm) và LDPE (15,9 điểm), đều đạt mức đánh giá khá. Bao bì MAP Nhật Bản ghi nhận điểm cảm quan thấp (10,3 điểm), trong khi mẫu đối chứng (không bao gói) chỉ đạt 5,0 điểm.

Vào ngày bảo quản cuối cùng, mẫu sử dụng MAP Nhật Bản xuất hiện hiện tượng hô hấp yếm khí, gây mùi vị lạ, trong khi đó mẫu đối chứng có biểu hiện mốc cứng, vỏ quả nhăn nheo do hao hụt khối lượng và mất hương vị đặc trưng của chanh leo.

Kết quả đánh giá chung cho thấy: Bao bì MAP Viện hóa cho hiệu quả bảo quản cảm quan cao nhất, tiếp theo là OPP và LDPE. Bao bì MAP Nhật Bản không phù hợp để bao gói chanh leo do tạo môi trường khí CO₂ cao và O₂ thấp, dẫn đến hô hấp yếm khí và làm giảm chất lượng cảm quan của quả.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng vật liệu bao gói thích hợp có ảnh hưởng rõ rệt đến khả năng bảo quản lạnh quả chanh leo tím. Trong số các loại bao bì khảo sát, bao bì MAP Viện hóa là vật liệu bao gói tối ưu, giúp thiết lập môi trường khí quyển điều biến cân bằng nhanh chóng sau 1 - 4 ngày với nồng độ O₂ duy trì ở mức 7,3 - 9,2%, CO₂ ở 6,5 - 8,3% và ethylene 31 - 43 ppm. Bao bì này duy trì chất lượng lý - hóa ổn định suốt 28 ngày bảo quản lạnh, với tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp nhất chỉ 0,63%, hàm lượng vitamin C còn 39,01 mg/100 g, hàm lượng chất khô hòa tan tổng số ổn định ở 15,60°Bx và chất lượng cảm quan đạt điểm cao nhất (18,0 điểm).

LỜI CẢM ƠN

"Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Chương trình Tiêu chuẩn và Chất lượng (GQSP) tại Việt Nam do Tổ chức Phát triển Công nghiệp Liên Hợp Quốc (UNIDO) phối hợp với Bộ

Nông nghiệp và Môi trường (đơn vị chủ trì là Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch) thực hiện, và được tài trợ bởi Chính phủ Thụy Sĩ thông qua Tổng cục Kinh tế Liên bang Thụy Sĩ (SECO). Tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu của các tổ chức trên trong quá trình thực hiện và hoàn thiện nghiên cứu này"

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Trồng trọt (2020). Thúc đẩy phát triển sản xuất chanh leo bền vững. Hội nghị thúc đẩy phát triển sản xuất chanh leo bền vững, ngày 3/7/2020 tại thành phố Pleiku, tỉnh Gia Lai.
2. Robert E. Paull and Chen C. C. (2014). Passion Fruit: Postharvest Quality-Maintenance Guidelines. Fruits, Nuts, Beverage Crops September 2014 F_N-44.
3. Yumbya, P., Ambuko, J., Shibairo, S. I., Owino, W. (2014). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the shelf life and postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Journal of Post-Harvest Technology*. 2(1): 25 - 36.
4. Mangaraj, S., Goswami, T. K. (2009). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life- a review. *Fresh Produce*, 3(1), 1 - 31.
5. Opara, U. L., Caleb, O. J., Belay, Z. A. (2019). Modified atmosphere packaging for food preservation. In Food quality and shelf life (pp. 235 - 259). Academic Press.
6. Maniwaru, P., Boonyakiat, D., Poonlarp, P. B., Natwichai, J. and Nakano, K (2015). Changes of postharvest quality in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) under modified atmosphere packaging conditions. *International Food Research Journal*, 22(4): 1596 - 1606.
7. Rinaldi, M. M., Dianese, A. D. C., Costa, A. M., Sussel, A. A. B., Faleiro, F. G., Junqueira, N. T. V. (2017). Effect of different packaging materials on the shelf life of passion fruits during ambient and low temperature storage. *Journal of Postharvest Technology*, 5(1), 7 - 16.
8. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.

9. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215 - 79. Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm

10. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5483:2007. Sản phẩm rau, quả - Xác định độ axit chuẩn độ được.

EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING (MAP) ON THE QUALITY OF PURPLE PASSION FRUIT

Vu Thi Nga¹, Nguyen Thi Hanh², Nguyen Thi Tu Quynh¹,

Nguyen Hong Dung², Le Thi Hien¹, Nguyen Manh Hieu¹

¹ *Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology*

² *Vietnam National University of Agriculture*

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of four types of packaging materials (LDPE, OPP, MAP from the Institute of Chemistry, and Japanese MAP) on the changes in gas composition (O₂, CO₂, ethylene) inside the packaging and the quality of purple passion fruit under cold storage conditions ($7 \pm 1^\circ\text{C}$) over a period of 28 days. The results showed that the MAP packaging developed by the Institute of Chemistry was the most suitable for cold storage of purple passion fruit. It quickly established a balanced gas atmosphere within 1 - 4 days, with oxygen levels of 7.3 - 9.2%, carbon dioxide levels of 6.5 - 8.3%, and ethylene concentrations of 31 - 43 ppm. After 28 days of storage, fruit packaged with this material exhibited the best preservation performance, with the lowest weight loss (0.63%), vitamin C content of 39.01 mg/100 g, stable TSS (15.60°Bx), and the highest sensory quality score (18.0 points). OPP and LDPE packaging maintained relatively good quality, while the Japanese MAP film led to anaerobic respiration due to low oxygen (< 1.5%) and high CO₂ (about 30%), significantly reducing fruit quality. The unpackaged control sample deteriorated rapidly, with the highest weight loss (8.96%) and the lowest sensory score (5.0 points) by the end of the storage period.

Keywords: *Purple passion fruit, modified atmosphere packaging (MAP), packaging materials, cold storage.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 8/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

ẢNH HƯỞNG CỦA MÀNG PHỦ CHITOSAN KẾT HỢP CURCUMIN - REMOVED TURMERIC OLEORESIN ĐẾN NẤM GÂY BỆNH TRÊN CHUỐI TIÊU HỒNG SAU THU HOẠCH

Nguyễn Mai Hương¹, Cao Sĩ Kiên², Nguyễn Thị Hạnh²

Đỗ Thu Trang¹, Nguyễn Mạnh Hiếu¹

¹ Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

² Học viện Nông nghiệp Việt Nam

* Email: nmhieus3@mae.gov.vn,

TÓM TẮT

Bệnh thán thư do nấm *Colletotrichum musae* là nguyên nhân chính gây tổn thất sau thu hoạch ở chuối tiêu hồng (*Musa acuminata*). Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của màng phủ sinh học từ chitosan kết hợp với Curcumin-removed turmeric oleoresin (CRTO) - phụ phẩm thu được sau quá trình tách curcumin khỏi tinh dầu nghệ (*Curcuma longa* L.) trong việc kiểm soát bệnh và duy trì chất lượng quả. Tác nhân gây bệnh được phân lập từ mẫu chuối nhiễm và định danh chính xác bằng phương pháp hình thái kết hợp giải trình tự ADN vùng ITS. Hiệu quả kháng nấm của màng phủ được đánh giá *in vitro* và *in vivo* thông qua các chỉ tiêu hóa lý và tỷ lệ bệnh trên quả được bảo quản trong 30 ngày ở 13°C. Kết quả cho thấy, tổ hợp 0,5% chitosan và 0,5% CRTO có khả năng ức chế sự phát triển của *C. musae* trên 95% (*in vitro*). Trên thực tế, màng phủ này đã làm giảm đáng kể tỷ lệ hư hỏng của quả, từ 32,4% ở lô đối chứng xuống còn 14,3% ở lô xử lý. Đồng thời, phương pháp xử lý cũng hạn chế hiệu quả sự hao hụt khối lượng (7,56% so với 10,12%) và làm chậm các biến đổi về hàm lượng chất rắn hòa tan (22,33°Brix), đường tổng (17,28%), tinh bột (0,53%) và tanin (0,06%) so với lô đối chứng. Các kết quả trên khẳng định màng phủ chitosan - CRTO là một giải pháp sinh học hiệu quả, có tiềm năng ứng dụng lớn trong việc kéo dài thời gian bảo quản và duy trì giá trị thương phẩm cho chuối tiêu hồng.

Từ khóa: Chuối tiêu hồng, *Colletotrichum musae*, chitosan, CRTO.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuối tiêu hồng (*Musa acuminata*) là giống chuối bản địa có giá trị kinh tế cao tại Việt Nam, được trồng phổ biến ở các tỉnh như: Hưng Yên, Thanh Hóa, Gia Lai và Lào Cai. Giống chuối này nổi bật nhờ năng suất cao, hương vị thơm ngon và khả năng thích nghi với nhiều điều kiện sinh thái khác nhau. Tổng diện tích trồng chuối năm 2024 tại Việt Nam đạt trên 160,9 ngàn ha, sản lượng 2.640,2 ngàn tấn [1]. Đặc biệt, trong năm 2023, xuất khẩu chuối của Việt Nam đạt 380 triệu USD, đứng thứ 4 toàn cầu và chiếm 5,32% thị phần thế giới [2]. Tuy nhiên, bệnh hại sau thu hoạch vẫn là yếu tố chính ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng và thời gian bảo quản của quả chuối. Các bệnh như: Thán thư, thối cuống, đốm đen thường do các loài

nấm như: *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. và *Lasiodiplodia* spp. gây ra, phát triển mạnh trong điều kiện nóng ẩm, đặc biệt dễ lan qua các vết thương cơ học [3].

Trước những hạn chế về hiệu quả và an toàn của các biện pháp bảo quản hóa học truyền thống, màng phủ sinh học có nguồn gốc tự nhiên như chitosan đang được nghiên cứu như một giải pháp thay thế tiềm năng. Chitosan là polysaccharide có khả năng tạo màng bán thấm, giúp điều hòa hô hấp, giảm thoát nước và ức chế vi sinh vật gây hại [4]. Khi kết hợp Chitosan với CRTO hiệu quả kháng nấm có thể được tăng cường. Các nghiên cứu gần đây cho thấy, lớp phủ chitosan kết hợp tinh dầu có khả năng kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng trái cây tốt hơn so với xử lý đơn

lê [5, 6]. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của màng phủ chitosan kết hợp CRTO trong kiểm soát nấm gây bệnh và duy trì chất lượng chuối tiêu hồng sau thu hoạch.

Trước những hạn chế về an toàn của hóa chất bảo quản, việc tìm kiếm các giải pháp bền vững như màng phủ ăn được đang là yêu cầu cấp thiết trong nông nghiệp. Màng chitosan, có nguồn gốc tự nhiên, đã chứng tỏ hiệu quả trong việc kéo dài thời gian bảo quản nông sản nhờ khả năng tạo ra một lớp rào cản bán thấm giúp giảm hô hấp, hạn chế mất nước và ức chế vi sinh vật [7]. Hiệu quả này được tăng cường đáng kể khi kết hợp với CRTO, một tác nhân có hoạt tính kháng nấm mạnh mẽ. Các nghiên cứu trước đã ghi nhận CRTO dạng nano - nhũ tương có nồng độ ức chế 50% (IC₅₀) rất thấp (0,11 mg/mL) đối với nấm gây bệnh thán thư (*C. gloeosporioides*) trên quả vải thiều [8]. Lớp phủ chitosan kết hợp tinh dầu có khả năng kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng trái cây tốt hơn so với xử lý đơn lẻ [5, 6]. Sử dụng màng phủ 2,0% chitosan kết hợp CRTO đã bảo quản thành công quả chôm chôm trong 15 ngày [9]. Mặc dù tiềm năng đã được khẳng định, hiệu lực của hệ thống màng phủ này trên đối tượng chuối tiêu hồng vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng của màng phủ chitosan - CRTO trong việc kiểm soát nấm bệnh và duy trì chất lượng sau thu hoạch của chuối tiêu hồng

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và hóa chất

Quả chuối tiêu hồng (Musa AAA, nhóm Cavendish) thu hái tại thôn Duyên Linh, xã Đông Ninh, huyện Khoái Châu, tỉnh Hưng Yên (nay là thôn Duyên Linh, xã Châu Ninh, tỉnh Hưng Yên). Mẫu được chọn ở độ chín kỹ thuật 85 ngày sau khi trở hoa theo tiêu chuẩn thu hoạch cho chuối xuất khẩu [5].

Curcumin-removed turmeric oleoresin (CRTO) do Viện Hóa học Công nghiệp Việt Nam cung cấp, với tổng hàm lượng curcuminoid 35,18 mg/g. Chitosan (CTO - MV01, độ deacetyl hóa

85%) do Công ty Cổ phần Việt Nam food cung cấp, được pha trong dung dịch axetic 1% và điều chỉnh pH về 5,0 trước sử dụng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phân lập chủng nấm gây bệnh

Các mẫu quả chuối đã thu thập (mô tả trong mục 2.1) được bao gói vô trùng, rửa bằng nước cất vô trùng, làm khô tự nhiên và bảo quản ở 28°C. Sau 3 - 5 ngày, các quả xuất hiện triệu chứng bệnh được chọn để phân lập. Mảnh mô (5 x 5 mm²) lấy từ ranh giới giữa vùng bệnh và mô khỏe được cấy lên môi trường PDA và ủ ở 26 ± 2°C trong 5 - 7 ngày. Khuẩn lạc phát triển được cấy chuyển đầu ngọn để thu nhận chủng đơn.

2.2.2. Thí nghiệm gây nhiễm nấm gây bệnh trên quả chuối

Thí nghiệm gây nhiễm được thực hiện trên các quả chuối đã thu thập theo mô tả tại mục 2.1.1. Sau khi khử trùng bề mặt, mỗi quả được tạo vết thương kích thước 5 x 5 mm² và đặt miếng thạch PDA chứa khuẩn lạc nấm (7 ngày tuổi) lên vùng tổn thương. Mỗi chủng nấm được thử nghiệm trên 5 quả, có đối chứng âm (không cấy nấm). Mẫu được ủ ở 26 ± 2°C trong 3 - 5 ngày. Các chủng gây hoại tử lan rộng và xâm nhập sâu vào mô được xem là có khả năng gây bệnh [10].

2.2.3. Định danh chủng nấm bằng phương pháp sinh học phân tử

ADN của các chủng nấm được tách chiết bằng phương pháp CTAB cải tiến theo Doyle (1990) [11], sau đó sử dụng làm khuôn cho phản ứng PCR với cặp mồi ITS1/ITS4. Sản phẩm khuếch đại được điện di, tinh sạch và giải trình tự. Trình tự ITS thu được xử lý bằng BioEdit v7.2 và so sánh với cơ sở dữ liệu GenBank bằng công cụ BLASTn để xác định loài. Cây phát sinh loài được xây dựng bằng phương pháp Maximum Likelihood với 1.000 bootstrap trên MEGA11 nhằm xác định mối quan hệ tiến hóa giữa các chủng phân lập và các loài có liên quan [12].

2.2.4. Thử nghiệm kháng nấm bằng phương pháp khuếch tán đĩa thạch

Khuẩn lạc nấm 7 ngày tuổi được đục (Ø 5 mm) và cấy lên môi trường PDA có bổ sung chitosan

(0,25 - 0,75%), CRTO (0,5 - 1,5%) và các tổ hợp tương ứng. Mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần, ủ ở $26 \pm 2^\circ\text{C}$ trong 7 ngày. Vùng ức chế được đo bằng phần mềm Fiji/ImageJ. Hiệu quả kháng nấm (%) được tính theo công thức của Pandey (2017) [13] dựa trên diện tích khuẩn lạc. Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) xác định theo Wiegand và cs (2008) [14]. Các mức nồng độ lựa chọn dựa trên nghiên cứu trước về hiệu lực kháng nấm của chitosan (0,1 - 1%) và CRTO (0,5 - 2%) [15], [8].

2.2.5. Phân tích chỉ số hóa lý sau xử lý màng chitosan - CRTO

Thí nghiệm được thực hiện trên các nhánh chuối 5 quả (14 nhánh/công thức). Công thức đối chứng (CT1) không xử lý. Công thức xử lý (CT2) được nhúng trong dung dịch chitosan - CRTO trong 3 phút rồi làm khô bằng quạt gió ở 25°C . Toàn bộ mẫu được bảo quản ở 13°C , RH 85 - 90% trong 30 ngày và được theo dõi 5 ngày/lần. Các chỉ tiêu hao hụt khối lượng và tỷ lệ hỏng được đánh giá trên cả nhánh; các chỉ tiêu hóa sinh được phân tích trên mẫu quả đại diện.

Hao hụt khối lượng được xác định bằng cách so sánh khối lượng quả trước và sau bảo quản.

Chất rắn hòa tan tổng số (TSS) được đo bằng khúc xạ kế điện tử, kết quả biểu thị bằng độ Brix ($^\circ\text{Brix}$).

Tannin tổng số được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch KmnO_4 trong môi trường axit, sử dụng indigo carmine làm chỉ thị [16].

Đường tổng số được xác định theo phương pháp Lane-Eynon bằng chuẩn độ với dung dịch Fehling trong môi trường đun nóng [17].

Tinh bột được xác định theo phương pháp thủy phân axit với HCl 6N, sau đó chuẩn độ bằng thuốc thử Fehling [18].

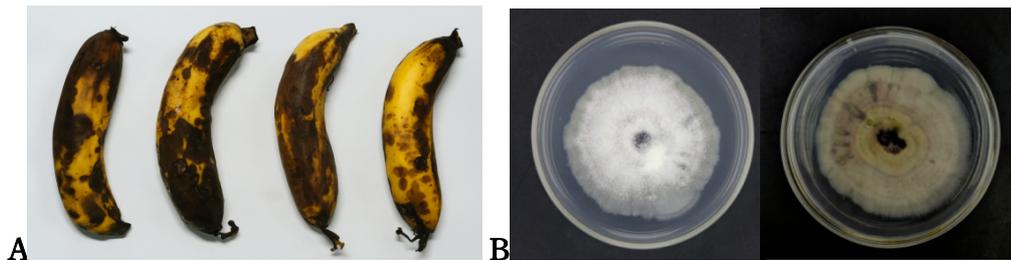
Tỷ lệ hư hỏng được tính dựa trên tỷ lệ số quả hư so với tổng số quả ban đầu trong mỗi lô thí nghiệm.

Dữ liệu được phân tích phương sai một yếu tố (One - way ANOVA), kiểm định Tukey ở mức ý nghĩa 5% bằng phần mềm Microsoft Excel và SPSS 20.

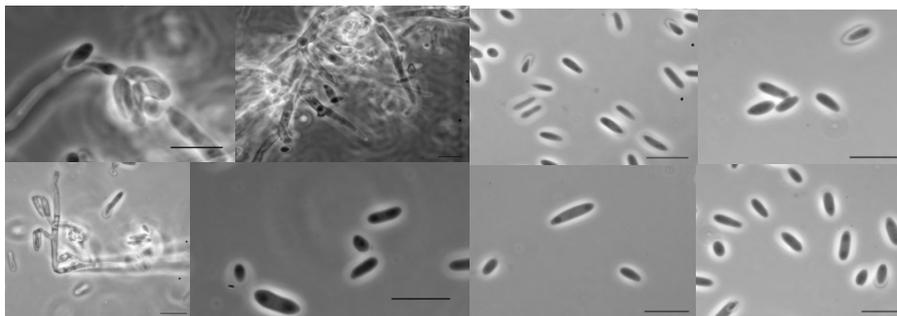
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân lập chủng nấm gây bệnh

Chuối được chuẩn bị theo mô tả tại mục 2.1 và ủ chín sinh lý trong 3 - 5 ngày. Những quả có đốm nâu đen, hoại tử lõm và nhăn được chọn để phân lập nấm. Mô bệnh điển hình (Hình 1A) được sử dụng để xác định tác nhân gây hại.



Hình 1. (A) Chuối tiêu hỏng khi xuất hiện mầm bệnh sau 5 ngày ở 28°C , (B) Đĩa thạch được phân lập sau 7 ngày nuôi cấy



Hình 2. Sợi nấm và bào tử được quan sát dưới kính hiển vi (100x)

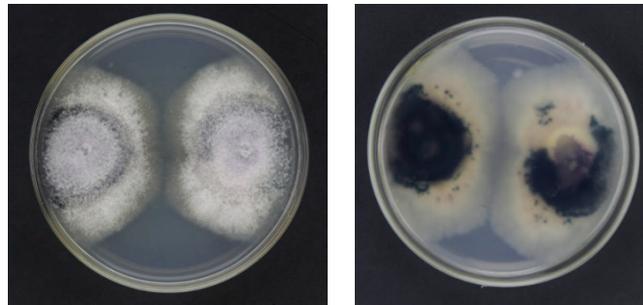
Chủng nấm phân lập từ mô bệnh phát triển điển hình trên môi trường PDA. Sau 3 ngày, khuẩn lạc màu trắng sợi mịn; đến ngày thứ 7 chuyển xám nhạt, trung tâm hồng, mặt sau có vòng đồng tâm (Hình 1B). Dưới kính hiển vi (100x, hình 2), sợi

nấm có vách ngăn rõ, bào tử đơn bào, không vách ngăn, hình trụ hơi cong, kích thước 10,75 - 13,00 x 3,00 - 4,00 μm .

3.2. Kết quả gây nhiễm nhân tạo



Hình 3. Mẫu chuối sau khi tái lây nhiễm chủng nấm nghi ngờ *Collectotrichum* sp. Trong đó, ĐC là mẫu đối chứng; 1 - 5 là mẫu chuối đã gây nhiễm tác nhân nấm

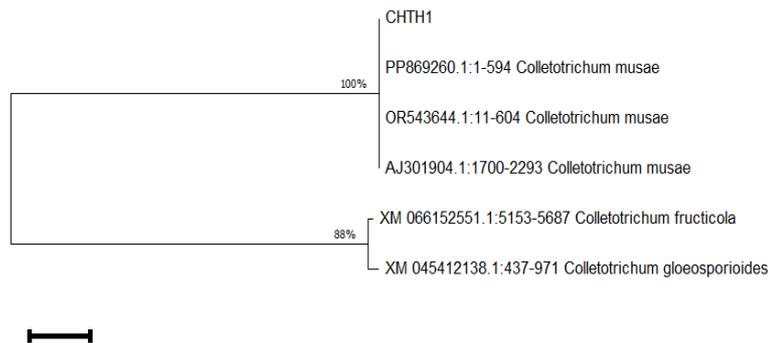


Hình 4. Nấm tái phân lập từ mẫu gây nhiễm nhân tạo

Hình 3 cho thấy, chủng nấm gây bệnh phân lập có khả năng gây bệnh rõ rệt trên quả chuối trong điều kiện phòng. Sau 5 ngày, các mẫu xử lý xuất hiện vết bệnh điển hình như: Thối nhũn, lõm mô và chuyển màu nâu đen, trong khi mẫu đối chứng không có biểu hiện bệnh. Nấm được tái

phân lập từ mô bệnh có đặc điểm khuẩn lạc và hình thái bào tử trùng khớp với chủng ban đầu (Hình 4), xác nhận khả năng gây bệnh của chủng *Collectotrichum* sp. theo các tiêu chuẩn của Koch.

3.3. Định danh chủng nấm bằng phương pháp sinh học phân tử



Hình 5. Cây phát sinh chủng loài (Neighbor - Joining) dựa trên vùng ITS cho thấy chủng nấm CHTH1 nằm cùng nhánh với các chủng *Collectotrichum musae*, với mức độ hỗ trợ bootstrap cao

Trình tự vùng gen ITS (~600 bp), khuếch đại bằng cặp mồi ITS1/ITS4, cho kết quả BLASTn trùng khớp 99,83% (E - value = 0.0) với các chủng *Collectotrichum musae* (PP869260.1, OR543644.1,

AJ301904.1). Cây phát sinh loài xây dựng theo phương pháp Neighbor - Joining (1.000 bootstrap, MEGA11) cho thấy chủng CHTH1 nằm cùng nhánh với *C. musae*, phân biệt rõ với *C. fructicola*

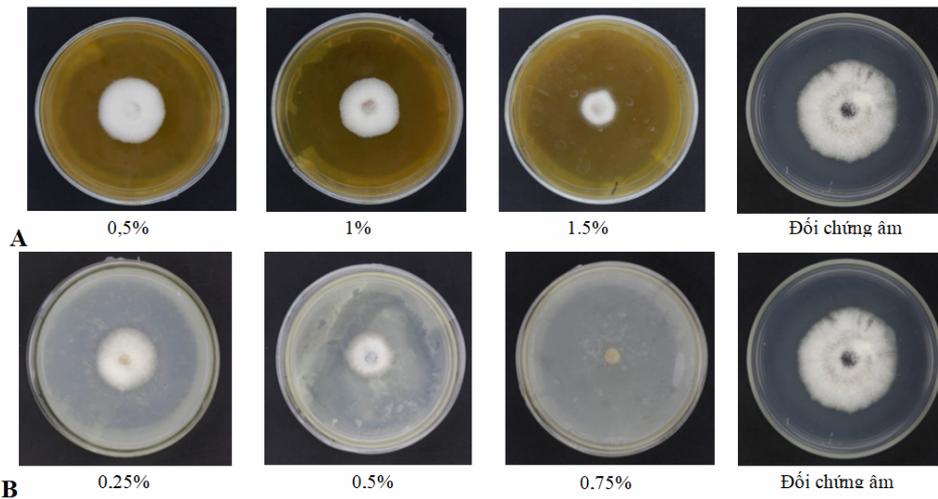
và *C. gloeosporioides*, được hỗ trợ bởi bootstrap 100% [19].

Kết quả phân tích trình tự ITS kết hợp cây phát sinh chủng loài đã xác định chủng nấm phân lập từ quả chuối tiêu hồng là *Colletotrichum musae*. Chủng này có độ tương đồng trình tự 99,83% với các chủng *C. musae* trên GenBank và nằm cùng nhánh với *C. musae* trên cây phát sinh loài (bootstrap 100%). Đây là loài nấm gây bệnh thán thư phổ biến trên chuối tại Việt Nam, đặc biệt ở các tỉnh phía Bắc và miền Trung [20].

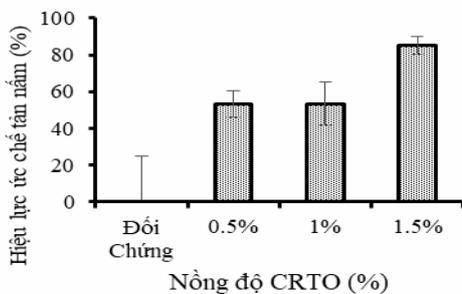
3.4. Xác định hoạt tính kháng nấm của CRTO và chitosan bằng phương pháp khuếch tán đĩa thạch

Kết quả nghiên cứu cho thấy, CRTO ức chế sự phát triển của *Colletotrichum musae* theo xu hướng phụ thuộc nồng độ. Ở nồng độ 0,5%, hiệu lực ức chế chỉ đạt mức trung bình (42,7%), trong

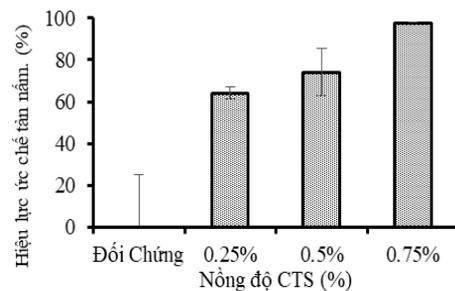
khi tại 1,5%, sợi khí sinh bị ức chế rõ, khuẩn lạc phát triển yếu và hiệu quả ức chế đạt gần 90% – được xem là nồng độ hiệu quả tối thiểu (MEC) (Hình 6A, 7). Hoạt tính này có thể liên quan đến khả năng phá vỡ màng tế bào và ức chế tổng hợp ergosterol của các hợp chất curcuminoids và turmerone trong CRTO [21]. Tuy nhiên, do hiệu quả tại nồng độ thấp chưa tối ưu, việc phối hợp với chitosan được xem là giải pháp tăng cường hiệu lực mà không cần tăng liều CRTO. Hiệu ứng hiệp đồng này đã được ghi nhận trong nghiên cứu của Zahid và cs (2021) [22], tương đồng với kết quả nghiên cứu của Ameen và cs (2020) [23] về tác động của tinh dầu nghệ đối với *C. gloeosporioides*. Sự khác biệt giữa các nghiên cứu có thể do đặc điểm loài nấm hoặc sự biến động trong thành phần hoạt chất của CRTO.



Hình 6. (A) Sự phát triển của *Colletotrichum musae* ở môi trường có bổ sung CRTO với các nồng độ khác nhau so với đối chứng; sự phát triển của *Colletotrichum musae* ở môi trường có bổ sung chitosan với nồng độ khác nhau so với đối chứng



Hình 7. Hiệu lực ức chế *Colletotrichum musae* của CRTO ở các nồng độ khác nhau



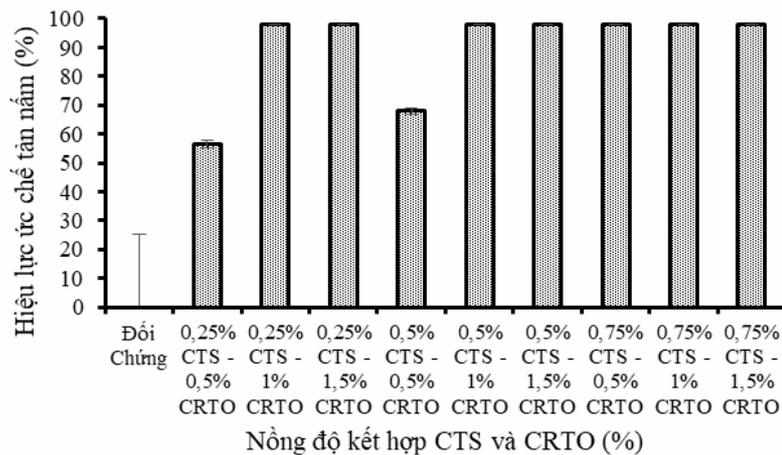
Hình 8. Hiệu lực ức chế *Colletotrichum musae* của chitosan ở các nồng độ khác nhau

Hình 6B cho thấy, chitosan phân tử thấp (55 kDa) có hiệu lực ức chế *Colletotrichum musae* rõ rệt. Tại nồng độ 0,25%, sợi nấm bị kìm hãm; 0,5% làm giảm rõ đường kính khuẩn lạc; 0,75% gần như ức chế hoàn toàn sự phát triển, được xác định là nồng độ ức chế tối thiểu (MIC). Hình 8 cho thấy, hiệu lực tăng từ khoảng 60% (0,25%) lên gần 100% (0,75%). Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Bautista-Baños và cs (2003) [24], cho rằng chitosan gây phá vỡ màng tế bào và ức chế sự hình thành bào tử.

Mặc dù hiệu quả cao, chitosan và CRTO vẫn tồn tại hạn chế riêng: CRTO dễ bay hơi, chitosan kém phân tán và nhạy cảm với pH. Sự kết hợp giữa hai chất có thể tạo hiệu ứng hiệp lực, khi chitosan đóng vai trò màng dẫn truyền và bảo vệ CRTO, góp phần nâng cao hiệu quả và kéo dài thời gian

tiếp xúc. Hiệu quả này đã được xác nhận trong các nghiên cứu sử dụng màng bao chitosan-tinh dầu [25, 26].

Hình 9 cho thấy, tổ hợp chitosan và CRTO mang lại hiệu quả ức chế *Colletotrichum musae* rất cao, đặc biệt ở hai công thức: 0,5% chitosan + 0,5% CRTO và 0,25% chitosan + 1,5% CRTO, đều đạt mức ức chế gần như tuyệt đối. Tuy nhiên, công thức 0,5% chitosan + 0,5% CRTO được đánh giá là tối ưu nhờ tạo thành lớp màng bền, đàn hồi tốt và khả năng bao phủ hiệu quả. Mặc dù nồng độ CRTO 1,5% vẫn hiệu quả sinh học cao, nhưng tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng cảm quan và độc tính tích lũy [8]. Sử dụng CRTO ở mức 0,5% giúp giảm chi phí và đảm bảo an toàn, đồng thời giữ hiệu lực khi kết hợp với chitosan ổn định [22].



Hình 9. Hiệu lực ức chế tán nấm khi kết hợp CRTO và Chitosan theo các nồng độ khác nhau

Chitosan và CRTO đều có khả năng kháng nấm riêng biệt, với cơ chế tác động khác nhau: Chitosan gây rối loạn màng tế bào và chức năng nội bào [3, 4], trong khi CRTO chứa curcuminoid và turmerone có thể phá hủy cấu trúc màng và ức chế enzyme nấm [27]. Tác dụng hiệp lực giữa 2 chất được củng cố bởi vai trò dẫn truyền của chitosan đối với các hợp chất kỵ nước trong tinh dầu.

Tại Việt Nam, chitosan đã được sử dụng trong bảo quản nông sản kết hợp với các tinh dầu như sả, quế, trà trà [14] Việc ứng dụng CRTO - một phụ phẩm giàu hoạt tính sinh học, giá thành thấp - trong tổ hợp màng phủ là hướng tiếp cận mới, thân

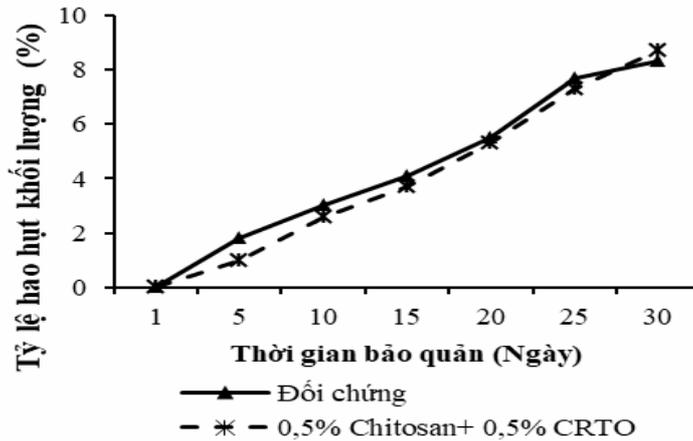
thiện môi trường, phù hợp xu hướng giảm sử dụng hóa chất trong nông nghiệp [22, 27]. Tổ hợp 0,5% chitosan + 0,5% CRTO được xác định là tối ưu về hiệu quả sinh học, chi phí và an toàn sử dụng [28].

3.5. Ảnh hưởng của lớp phủ chitosan - CRTO đến các chỉ tiêu hóa lý của chuỗi tiêu hồng sau thu hoạch

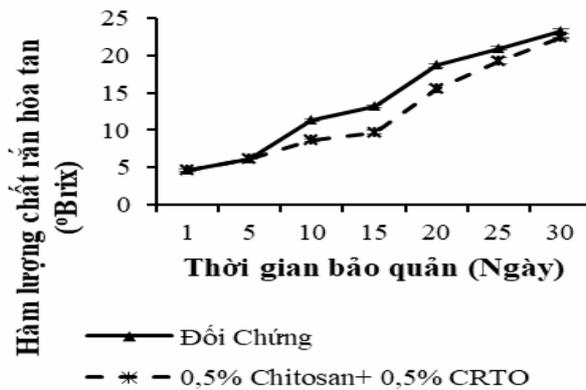
Kết quả nghiên cứu cho thấy, màng sinh học kết hợp giữa chitosan 0,5% và tinh dầu nghệ (CRTO) 0,5% giúp cải thiện rõ rệt hiệu quả bảo quản chuỗi trong quá trình lưu trữ. Kết quả ở hình 10 cho thấy, tỷ lệ hao hụt khối lượng tăng theo thời gian ở cả hai mẫu, tuy nhiên mẫu phủ màng có mức hao hụt thấp hơn đáng kể, chỉ 7,56% sau 30

ngày, trong khi mẫu đối chứng đạt 10,12%. Màng chitosan đóng vai trò như hàng rào bán thấm, làm giảm thoát hơi nước, điều chỉnh trao đổi khí và hạn chế hô hấp, trong khi CRTO, một hợp chất giàu curcumin và turmerone, có khả năng kháng khuẩn và chống oxy hóa, góp phần làm chậm quá trình chín và hư hỏng [29]. So với các hệ màng khác như Pectin - Chitosan hay Pectin - Alginate [9], tổ

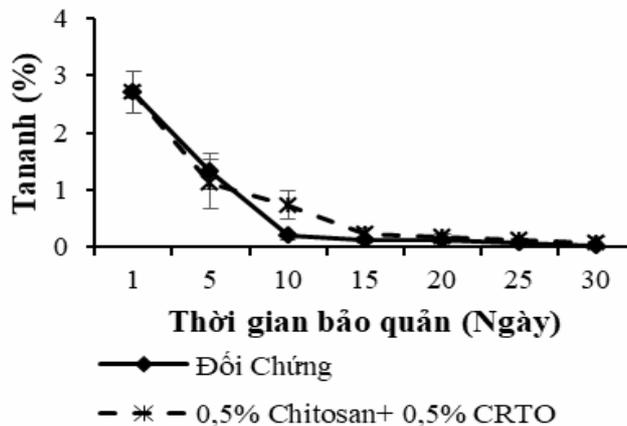
hợp CTS + CRTO cho thấy ưu thế vượt trội về hiệu quả và thời gian bảo quản. TSS của chuối tăng theo thời gian, nhưng mức tăng ở mẫu phủ màng thấp hơn (22,33°Brix) so với đối chứng (23,23°Brix), phản ánh vai trò điều hòa sinh lý của màng trong việc làm chậm quá trình thủy phân tinh bột thành đường.



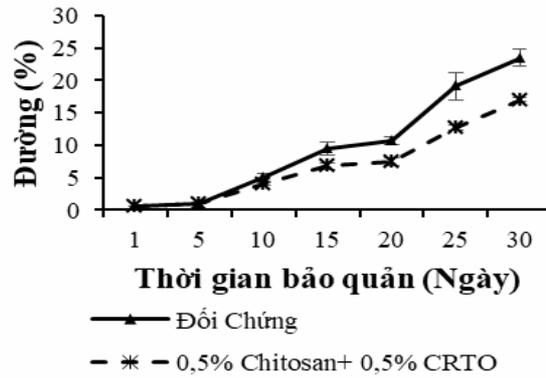
Hình 10. Tỷ lệ hao hụt khối lượng chuối tiêu hồng sau xử lý bằng chitosan - CRTO (13°C)



Hình 11. Hàm lượng chất rắn hòa tan của chuối tiêu hồng sau xử lý Chitosan - CRTO (13°C)



Hình 12. Hàm lượng tanin của chuối tiêu hồng sau xử lý chitosan-CRTO (13°C)



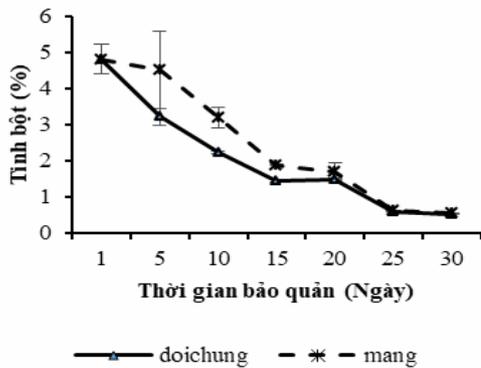
Hình 13. Hàm lượng đường tổng số của chuối tiêu hồng sau xử lý chitosan-CRTO (13°C)

Ngoài khả năng kiểm soát tổn thất khối lượng và tốc độ chín, màng phủ chitosan kết hợp CRTO còn cho thấy hiệu quả trong việc duy trì các hợp chất ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan như: Tanin và đường tổng số. Hàm lượng tanin (Hình 12) giảm dần trong quá trình bảo quản, tuy nhiên tốc độ suy giảm ở mẫu xử lý chậm hơn đáng kể so với đối chứng (0,06% so với 0,01%) cho thấy, màng sinh học có khả năng làm chậm quá trình oxy hóa polyphenol, một phần nhờ vào đặc tính bán thấm của chitosan và khả năng chống oxy hóa của CRTO [30, 31].

Hàm lượng đường tổng số (Hình 13) tăng nhanh ở mẫu đối chứng, phản ánh quá trình phân

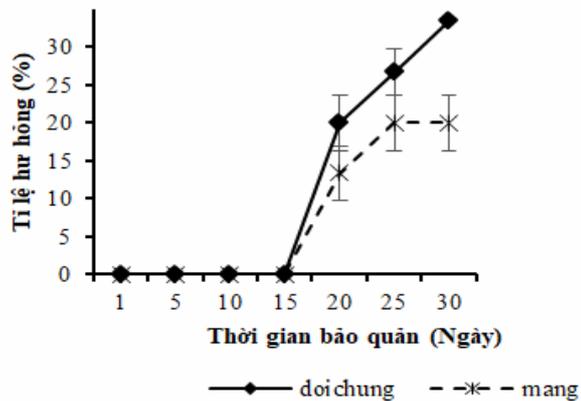
giải tinh bột và chuyển hóa trong giai đoạn chín. Ngược lại, sự gia tăng hàm lượng đường ở mẫu xử lý được kiểm soát tốt hơn (17,28% sau 30 ngày), cho thấy lớp màng chitosan giúp điều chỉnh môi trường khí vi mô quanh bề mặt quả. Các hợp chất hoạt tính trong CRTO như: ar-turmerone và zingiberene có thể góp phần ức chế enzyme liên quan đến chuyển hóa đường và bảo vệ cấu trúc mô quả [32].

Sự phối hợp giữa chitosan và CRTO tạo lớp màng bán thấm, giúp điều hòa trao đổi khí và làm chậm các biến đổi sinh lý trong quả, từ đó kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng.



Hình 14. Hàm lượng tinh bột của chuối tiêu hồng trong quá trình bảo quản (13°C)

Hàm lượng tinh bột trong chuối giảm rõ rệt theo thời gian bảo quản (Hình 14), phản ánh quá trình chín sinh lý. Dù mức giảm ở cả hai mẫu là tương đương (từ 4,81% xuống khoảng 0,51 - 0,53% sau 30 ngày), mẫu phủ màng chitosan + CRTO vẫn cho thấy tác dụng làm chậm nhẹ quá trình chuyển hóa tinh bột thành đường. Lớp màng bán thấm của



Hình 15. Tỷ lệ hư hỏng của chuối tiêu hồng sau bảo quản (13°C)

chitosan giúp giảm trao đổi khí và thoát hơi nước, còn CRTO góp phần ức chế enzyme phân giải tinh bột nhờ hoạt tính chống oxy hóa [33, 34]

Tỷ lệ hư hỏng (Hình 15) là chỉ tiêu quan trọng trong bảo quản, phản ánh khả năng thương mại của sản phẩm. Trong suốt quá trình bảo quản, mẫu chitosan + CRTO cho thấy, mức độ hư hỏng thấp

hơn rõ rệt, chủ yếu giới hạn ở cuống quả, trong khi mẫu đối chứng bị mốc lan rộng hơn. Tuy nhiên, hiệu quả chưa tối ưu, cho thấy cần nghiên cứu thêm về tỷ lệ phối trộn để nâng cao khả năng ức chế vi sinh vật. Tổ hợp CTS + CRTO không chỉ đóng vai trò là hàng rào vật lý, mà còn bổ sung khả năng kháng khuẩn, chống oxy hóa, tạo nền tảng cho một hướng bảo quản sinh học an toàn và bền vững.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân lập và định danh *Colletotrichum musae* là tác nhân gây thán thư chuối, dựa trên hình thái và gen ITS. Cả chitosan và CRTO đều có khả năng ức chế *C. musae*, trong đó tổ hợp 0,5% chitosan + 0,5% CRTO cho hiệu quả cao nhất. Xử lý chuối bằng tổ hợp này giúp duy trì chất lượng, hạn chế hư hỏng và kéo dài thời gian bảo quản. Kết quả chứng minh tiềm năng ứng dụng của chitosan + CRTO trong bảo quản sinh học chuối sau thu hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Thống kê (2024). *Niên giám Thống kê 2024*. Nxb Thống kê.
2. FAO (2025). *Banana Market Review - Preliminary Results 2024*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223 - 253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.03.022>.
4. Bautista - Baños, S., Hernández - Lauzardo, A. N., Velázquez - del Valle, M. G., Hernández - López, M., Ait Barka, E., Bosquez - Molina, E., Wilson, C. L. (2014). *Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities*. *Crop Protection*, 30(1), 1 - 9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.010>.
5. Nguyễn Đức Hạnh, Hoàng Thị Lệ Hằng, Nguyễn Thị Thu Hương, Hoàng Thị Tuyết Mai (2020). Nghiên cứu biện pháp chống thối hỏng và hấp thụ ethylene trong bao gói vận chuyển, bảo quản chuối tiêu hồng. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, (3), 180 - 187.
6. Shao, Y., Li, X., Wang, H., Chen, X. (2015). *Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of fruits: A review*. *Food Chemistry*, 181, 28 - 35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsci.09.007>.
7. Elsabee, M. Z. & Abdou, E. S. (2013). *Chitosan based edible films and coatings: A review*. *Materials Science and Engineering: C*, 28(8), 1392 - 1401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>.
8. Bui, Van Cuong, Le, The Tam, Nguyen, Tuyen Hong, Pham, Nam Thi, Vu, Hoang Dinh, Nguyen, Xuan Canh, De Tran, Quang, Hoang, Thai, Le Dang, Quang and Lam, Tran Dai (2021). Curcumin-removed turmeric oleoresin nano-emulsion as a novel botanical fungicide to control anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in litchi. *Green Processing and Synthesis*, 10(1), 729 - 741. DOI: <https://doi.org/10.1515/gps-2021-0071>.
9. Nguyễn Phước Minh (2020). Ảnh hưởng của lớp phủ chitosan kết hợp với tinh dầu nghệ đến chất lượng và thời gian bảo quản quả chôm chôm. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thực phẩm*, 14(2), 85 - 92.
10. Santos, Maysa C., Luis O. Viteri, Sabrina H. Araujo, Dalmarcia C. Mourão, Marcos P. Câmara, Ana G. Amaral, Eugênio E. Oliveira, and Gil Rodrigues dos Santos (2025). *Molecular Characterization and Pathogenicity of Colletotrichum on Banana Fruits: Wound Effects on Virulence and Cross-Infection*. *Microbiology Research*, 16(1), 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/microbiolres16010004>.
11. Doyle, J. J. (1990). *Isolation of plant DNA from fresh tissue*. *Focus*, 12, 13 - 15.
12. Tamura K, Stecher G, Kumar S. (2021). MEGA11: *Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11*. *Mol Biol Evol*, 38(7), 3022 - 3027. DOI: <http://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.
13. Pandey, A. K., Kumar, P. & Singh, P. (2017). *Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives*. In A. K. Haghi, H. C. Choi, B. S. Ramaswamy & N. Thakur (Eds.), *Natural Products and Drug Discovery*, Springer., 561 - 586. DOI: <http://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>.

14. Wiegand, I., Hilpert, K. & Hancock, R. E. (2008). *Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances*. *Nature Protocols*, 3(2), 163 - 175. DOI: <http://doi.org/10.1038/nprot.2007.521>.
15. Rabea E I, Badawy M E T, Stevens C V, Smagghe G, Steurbaut W. (2003) *Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action*. *Biomacromolecules*, 4(6), 1457 - 1465. DOI: <http://doi.org.10.1021/bm034130m>.
16. Okwu, D. E. & Njoku, G. C. (2009). Quantitative determination of tannin content in foods. *International Journal of Chemical Sciences*, 7(1), 71 - 76.
17. Ranganna, S. (1986). *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products* (2nd ed.), Tata McGraw - Hill.
18. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis (17th ed.)*. Association of Official Analytical Chemists.
19. Hemida, K. A., El-Kafrawy, A. F., Abd-El-Ghany, T. M., Mohamed, M. A. (2024). Morphological, molecular biology and pathological identification of *Colletotrichum musae* causing root-rot disease in grapevine in Egypt. *Egyptian Journal of Plant Pathology*, 52(2), 133 - 146. <https://doi.org/10.1097/PGP.0000000000000202>.
20. Trần Thị Ngọc, Đặng Thị Hà và cộng sự (2021). Phân lập và định danh các loài *Colletotrichum* gây bệnh thán thư trên chuối tại một số tỉnh phía Bắc. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 21(5), 93 - 99.
21. Praditya, D., Kirchoff, L., Bruning, J., Rachmawati, H., Steinmann, E. & Steinmann, J. (2019). Anti - infective properties of the golden spice curcumin. *Frontiers in Microbiology*, 10, 912. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00912>.
22. Zahid, N., Ali, A., Manickam, S., Siddiqui, Y. (2021). Application of chitosan-based coatings and nanoformulations for postharvest disease management: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 1901 - 1911.
23. Ameen, F., AlNadhari, S., Al - Homaidi, E., Alkahtani, M. D. F. (2020). Antifungal activity of turmeric essential oil against pathogenic fungi *in vitro*. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 984 - 987.
24. Bautista-Baños S, Hernández-López M, Bosquez-Molina E, Wilson CL. (2003). Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection*, 22(9), 1087 - 1092. DOI: [http://doi.org.10.1016/S0261-2194\(03\)00117-0](http://doi.org.10.1016/S0261-2194(03)00117-0).
25. Ojagh S.M, Rezaei M, Razavi S.H, Hosseini S.M.H. (2010) Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120(1), 193 - 198. DOI: <http://doi.org.10.1016/j.foodchem.2009.10.006>.
26. Xing Y, Li X, Xu Q, Yun J, Lu Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 124, 1443 - 1450. DOI: <http://doi.org.10.1016/j.foodchem.2010.07.105>.
27. Odetayo MO, Olatunde OO, Adegoke GO (2022). Effect of essential oil incorporated chitosan coating on shelf-life and quality of tropical fruits. *J Food Preserv*, 46(8): e16750.
28. Soppelsa, O., Costa, C., Dalla Rosa, M. & Meneguzzo, F. (2023). Edible coatings containing essential oils: A natural strategy to extend shelf - life and maintain quality of fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 198, 112280.
29. Romanazzi G, Sanzani SM, Bi Y, Tian S, Gutiérrez-Martínez P, Alkan N. (2016). Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 82 - 94. DOI: <http://doi.org.10.1016/j.postharvbio.2016.08.003>.
30. Yuan G, Chen X, Li D. (2022). *Synergistic effects of chitosan and essential oils on microbial inhibition and preservation of fresh produce*. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100869.
31. Soppelsa, O., Costa, C., Dalla Rosa, M., & Meneguzzo, F. (2023). Edible coatings containing

essential oils: A natural strategy to extend shelf-life and maintain quality of fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 198, 112280.

32. Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, Yoga Latha L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *Afr J Tradit Complement Altern Med*. 8(1), 1 - 10. DOI: <http://doi.org.10.4314/ajtcam.v8i1.60483>.

33. Shao Y, Li X, Wang H, Chen X. (2015). Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of fruits: A review. *Food Chemistry*, 181: 28 - 35.

34. Patil, S. B., Naik, S. G., & Desai, P. K. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of *Curcuma longa* extract and their application in food preservation. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1245 - 1252.

**EFFECT OF CHITOSAN COATING COMBINED WITH CURCUMIN - REMOVED
TURMERIC OLEORESIN ON POSTHARVEST PATHOGENIC FUNGI
IN CAVENDISH BANANA (*Musa acuminata*)**

Nguyen Mai Huong¹, Cao Si Kien²,

Nguyen Thi Hanh², Do Thu Trang, Nguyen Manh Hieu¹

¹*Institute of Agricultural Engineering & Technology After Harvest*

²*Vietnam National University of Agriculture*

Abstract

Post-harvest anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum musae*, is the primary cause of losses in Cavendish banana (*Musa acuminata*). This study was conducted to evaluate the effectiveness of a biodegradable coating made from chitosan combined with Curcumin-removed turmeric oleoresin (CRTO) - a byproduct from the curcumin extraction process of turmeric (*Curcuma longa* L.) in controlling the disease and maintaining fruit quality. The pathogenic agent was isolated from infected banana samples and accurately identified using morphological methods combined with DNA sequencing of the ITS region. The antifungal efficacy of the coating was assessed *in vitro* and *in vivo* through physicochemical parameters and disease incidence on fruit stored for 30 days at 13°C. The results showed that a combination of 0.5% chitosan and 0.5% CRTO could inhibit the growth of *C. musae* by over 95% (*in vitro*). In practice, this coating significantly reduced fruit spoilage from 32.4% in the control group to 14.3% in the treated group. Additionally, the treatment effectively limited weight loss (7.56% compared to 10.12%) and slowed down changes in total soluble solids (22.33°Brix), total sugar content (17.28%), starch (0.53%), tannin (0.06%) compared to the control. These findings confirm that the chitosan-CRTO coating is an effective biological solution with great potential for extending the shelf life and maintaining the commercial value of Cavendish banana.

Keywords: *Cavendish banana, Colletotrichum musae, chitosan, CRTO.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 11/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 29/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI ĐIỂM XỬ LÝ HEXANAL GIAI ĐOẠN CẬN THU HOẠCH ĐẾN THỜI GIAN THU HÁI VÀ CHẤT LƯỢNG QUẢ XOÀI ỨC (*Mangifera indica* L.)

Nguyễn Thị Minh Nguyệt^{1*}, Vũ Thị Nga¹, Tạ Phương Thảo¹

¹ Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

* Email: ntmnguyet@mae.gov.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu xác định thời điểm xử lý chế phẩm hexanal giai đoạn cận thu hoạch đến thời gian thu hái và chất lượng của quả xoài ỨC (*Mangifera indica* L.) tại thời điểm thu hái. Kết quả cho thấy, việc xử lý hexanal ở nồng độ 0,04% vào thời điểm 79 ± 2 ngày sau đậu quả có hiệu quả rõ rệt trong việc làm chậm quá trình chín sinh lý của quả, kéo dài thời gian thu hoạch thêm 30 ngày so với đối chứng với khối lượng quả 907 ± 2 g, kích thước $11,5 \pm 1 \times 13,1 \pm 2$ cm và độ cứng quả đạt $81,0 \pm 1$ kg/cm². Đồng thời, tỷ lệ rụng quả được giảm đáng kể, còn khoảng 41,8% so với lô không xử lý. Các chỉ tiêu chất lượng tại thời điểm thu hoạch cho thấy, quả được xử lý hexanal vẫn duy trì được độ cứng tốt, hàm lượng chất rắn hòa tan (TSS) đạt 9,26°Bx, hàm lượng đường tổng số là 5,17% và hàm lượng vitamin C đạt 25,14 mg/100 g khối lượng tươi. Kết quả nghiên cứu chỉ ra tiềm năng ứng dụng của hexanal trong quy trình canh tác xoài, góp phần chủ động điều tiết thời vụ thu hoạch, giảm thất thoát sau thu hoạch và nâng cao chất lượng thương phẩm của quả.

Từ khóa: Xoài ỨC, hexanal, xử lý cận thu hoạch, thời gian thu hoạch, chất lượng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Việt Nam, xoài là loại cây ăn quả có giá trị dinh dưỡng và đem lại hiệu quả kinh tế cao. Cây xoài được trồng trên nhiều vùng sinh thái khác nhau với sản lượng năm 2024 ước đạt 1.051 nghìn tấn, tăng 3,6% so với năm 2023 [1]. Tuy nhiên, tổn thất sau thu hoạch đối với quả xoài từ giai đoạn thu hái đến phân phối thị trường ước tính dao động từ 30 - 35% [2]. Từ thực trạng này, cần sớm có giải pháp lựa chọn ra công nghệ nhằm giúp người nông dân chủ động trong sản xuất, giảm tổn thất giai đoạn thu hoạch, cũng như kéo dài thời gian, duy trì chất lượng quả xoài sau thu hái.

Trong giai đoạn quả trưởng thành và chín của rau, quả, quá trình đồng hóa gần như dừng lại, thay vào đó là các phản ứng sinh hóa diễn ra theo con đường dị hóa [3]. Để có thể làm chậm quá trình già chín, duy trì chất lượng rau, quả sau thu hái, đồng nghĩa là phải làm chậm lại quá trình dị hóa trong tế bào thực vật. Gần đây, các nghiên cứu mới hầu hết tập trung vào ức chế enzym phospholipase D (PLD), một enzym điều khiển

quá trình chuyển hoá lipit gây suy giảm màng tế bào thực vật trong quá trình dị hoá khi quả già và chín [4]. Các enzyme PLD trực tiếp tham gia vào việc truyền tín hiệu hoặc gián tiếp bằng cách tạo ra PA trong một loạt các quá trình sinh lý và tế bào, như: Sự phân hủy, lão hóa, bài tiết, sắp xếp tế bào...

Hexanal (C₆H₁₂O) là một alkylaldehyde, đã được chứng minh là chất ức chế thành công đối với enzyme PLD, giúp hạn chế được cường độ hô hấp và sản sinh ethylen, làm chậm quá trình chín và già hoá ở rau, quả, qua đó kéo dài hạn sử dụng của quả. Hexanal cũng được công nhận là một chất phụ gia thực phẩm theo tiêu chuẩn châu Âu (EU Regulation 1223/2009) [5].

Hiệu quả của hexanal trong xử lý cận thu hoạch đã được chứng minh thành công trong việc duy trì chất lượng cũng như làm chậm chín và kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch trên trái cây như: Nhúng xoài trong hexanal nồng độ 0,02% giúp kéo dài thời gian bảo quản sau thu hái ở điều kiện thường là 24 - 25 ngày, điều kiện lạnh là 36 - 40 ngày [5, 6]; xử lý 2% hexanal lên quả xoài tại

thời điểm 15 và 30 ngày trước thu hái, sau thu hái tiếp tục nhúng xoài trong 2% hexanal với thời gian 2 phút và bảo quản ở điều kiện nhiệt độ thường đã làm tăng thời gian bảo quản từ 5 ngày lên 10 ngày (điều kiện thường) và 12 ngày lên 20 ngày (điều kiện mát) [7]. Bên cạnh đó, hoạt tính kháng vi sinh vật gây bệnh cho hoa, quả giai đoạn sau thu hái cũng đã được thử nghiệm và có hiệu quả ức chế vượt trội trên các chủng nấm gây bệnh như: *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Monilinia fructicola* [8].

Giống xoài Úc R2E2 được trồng tại tỉnh Khánh Hoà sẽ được thu hái khi đạt độ chín sinh lý (độ tuổi 4) với độ chuyển màu vỏ đạt 50 - 70% [9]; khoảng thời gian thu hái dao động từ 95 - 105 ngày (kể từ ngày đậu quả), khi đó tổng số chất rắn hoà tan của quả đạt dao động từ 9 - 10°Brix, khối lượng trung bình đạt từ 640 - 900 g.

Thời gian thu hoạch ngắn khiến xoài thường phải được thu hoạch nhanh và đồng loạt. Vào mùa vụ thu hái thì các xưởng sơ chế thường bị quá tải, khó kiểm soát nhiệt độ, rửa mủ, phân loại, đóng gói dẫn đến rủi ro thối, rỉ mủ. Việc thu hoạch xoài ở ạt cũng dẫn đến việc giá thị trường dễ biến động, các nhà sơ chế sẽ khó chủ động lịch giao hàng. Bên cạnh đó, trường hợp trái để lâu trên cây thường bị nứt quả và sâu, bệnh, đồng thời độ cứng của quả giảm sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng của quả xoài sau thu hoạch, giảm thời gian bảo quản và vận chuyển phân phối sản phẩm trên thị trường.

Từ thực tế trên, nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của xử lý hexanal được xử lý giai đoạn cận thu hoạch đến chất lượng quả, thời gian thu hái đối với quả xoài Úc (*Mangifera indica* L.) tại huyện Cam Lâm, tỉnh Khánh Hoà.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu: Quả xoài Úc (*Mangifera indica* L.), giống R2E2, cây đồng đều có độ tuổi 6 năm tuổi, trồng tại Hợp tác xã Cam Thành Bắc, xã Cam Lâm, tỉnh Khánh Hoà.

Địa điểm nghiên cứu: Xử lý trên đồng ruộng tại vườn xoài của Hợp tác xã Cam Thành Bắc.

Phân tích đánh giá chất lượng tại Bộ môn Nghiên cứu bảo quản nông sản thực phẩm, Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch. Xoài được thu hoạch theo các độ tuổi của các công thức thí nghiệm, để cuống dài 10 - 15 cm, bọc xốp lưới, đóng thùng carton khoảng 15 - 20 kg, vận chuyển bằng máy bay về phòng thí nghiệm, thời gian từ lúc thu hái đến khi đưa vào xử lý không quá 24 giờ.

Hoá chất: Hexanal (Sigma Aldrich, độ tinh khiết $\geq 99\%$).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm trên đồng ruộng

- Bố trí thí nghiệm: Độ chín thu hoạch thông thường là khi quả đạt độ chín sinh lý ở độ tuổi 4, khoảng 100 ± 5 ngày kể từ ngày đậu quả: Quả căng tròn, cứng, vỏ quả màu xanh sáng ứng hồng (màu vỏ chuyển màu đạt 50 - 70%). Các công thức phun xử lý chế phẩm hexanal trên cây được bố trí theo khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh RCBD với nồng độ 0,04% tại các độ tuổi quả xoài tương ứng là: 58, 65, 72, 79 ngày. Mẫu không phun chế phẩm hexanal, chỉ phun nước lã, được chọn làm công thức đối chứng. Sử dụng máy phun cầm tay để phun chế phẩm hexanal ướt đều tán lá và quả của cây. Các thí nghiệm được bố trí trên diện hẹp với 21 công thức được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, mỗi công thức 5 cây, 3 lần nhắc lại. Giữa các công thức thí nghiệm có 1 hàng cây phân cách [10].

- Các chỉ tiêu theo dõi:

+ Đánh giá sự sinh trưởng, phát triển của quả dựa trên: Khối lượng quả (g), đường kính lớn nhất và chiều dọc quả (mm), độ cứng (kg/cm^2), màu sắc vỏ quả (L, a, b, ΔE), tỷ lệ rụng quả (%) tại các thời điểm: 93 ± 2 ngày, 100 ± 2 ngày, 107 ± 2 ngày, 114 ± 2 ngày và 122 ± 2 ngày sau đậu quả.

+ Chỉ tiêu chất lượng quả: Hàm lượng đường (%), hàm lượng chất khô hòa tan tổng số TSS (°Brix), vitamin C ($\text{mg}/100 \text{g}$).

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu quả tươi

Lấy mẫu trên đồng ruộng theo TCVN 9017:2011 [11].

Lấy mẫu quả tươi sau thu hái theo TCVN 5102:1990 [12].

2.2.3. Phương pháp phân tích và đánh giá chất lượng

- Xác định hàm lượng TSS (°Brix): Sử dụng khúc xạ kế Atago, model PAL- α (Nhật Bản).
- Xác định hàm lượng đường tổng số bằng phương pháp Lane-Eynon.
- Xác định hàm lượng vitamin C bằng phương pháp chuẩn độ Iod.
- Xác định độ cứng bằng máy đo độ cứng (penetrometer) xuyên tâm.
- Xác định khối lượng quả bằng phương pháp cân khối lượng của quả.
- Xác định kích thước của quả bằng thước đo palme có độ chính xác 0,01 mm.

- Tỷ lệ rụng quả = số lượng quả rụng*100%/tổng số lượng quả ban đầu.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA và kiểm định Turkey (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các lần lặp lại trong cùng thí nghiệm. Các phân tích thống kê sử dụng phần mềm SPSS 16.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của hexanal đến sự phát triển (kích thước và khối lượng) của quả

Thí nghiệm được tiến hành phun chế phẩm hexanal với nồng độ 0,04% giai đoạn trước thu hoạch tại các độ tuổi của quả xoài là: 58, 65, 72, 79 ngày. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở bảng 1 và 2.

Bảng 1. Ảnh hưởng của hexanal đến sự phát triển khối lượng của quả xoài

Thời điểm xử lý (kể từ ngày đậu quả)	Khối lượng quả xoài tại các ngày tuổi (g/quả)				
	93 ngày	100 ngày	107 ngày	114 ngày	122 ngày
Đối chứng (không xử lý)	861,6 ^a	905,2 ^b	-	-	-
58 ngày tuổi	873,9 ^a	905,2 ^b	-	-	-
65 ngày tuổi	877,7 ^a	904,1 ^b	-	-	-
72 ngày tuổi	865,5 ^a	903,7 ^b	-	-	-
79 ngày tuổi	863,2 ^a	880,5 ^a	908,3	907,3	908,1

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, quả đã đạt độ chín.

Bảng 2. Ảnh hưởng của hexanal đến sự phát triển kích thước của quả xoài

Thời điểm xử lý (kể từ ngày đậu quả)	Kích thước quả xoài tại các ngày tuổi (cm)									
	93 ngày		100 ngày		107 ngày		114 ngày		122 ngày	
	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
Đối chứng (không xử lý)	11,1 ^a	12,9 ^a	11,5 ^a	13,1 ^a	-	-	-	-	-	-
58 ngày tuổi	11,1 ^a	12,8 ^a	11,3 ^a	13,2 ^a	-	-	-	-	-	-
65 ngày tuổi	11,1 ^a	13,0 ^a	11,5 ^a	13,1 ^a	-	-	-	-	-	-
72 ngày tuổi	11,0 ^a	13,0 ^a	11,4 ^a	13,0 ^a	-	-	-	-	-	-
79 ngày tuổi	11,1 ^a	12,9 ^a	11,5 ^a	13,1 ^a	11,5	13,0	11,5	13,1	11,5	13,1

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, quả đã đạt độ chín.

Kết quả theo dõi sự tăng trưởng hình thái (khối lượng và kích thước) quả xoài tại các độ tuổi 93, 100, 107, 114, 122 ngày (kể từ ngày đậu quả) cho thấy, việc xử lý hexanal giai đoạn cận thu hoạch ở các thời điểm khác nhau có ảnh hưởng nhất định đến động thái phát triển khối lượng quả (Bảng 1) và không có sự ảnh hưởng của hexanal đến sự phát triển kích thước của quả (Bảng 2). Ở lô đối chứng (không xử lý), khối lượng quả tăng từ $861,6 \pm 2$ g (93 ngày tuổi) lên $905,2 \pm 2$ g (100 ngày tuổi); tương ứng kích thước của quả tăng từ $11,1 \times 12,9$ cm tại thời điểm 77 ngày tuổi lên $11,5 \times 13,1$ cm tại 92 ngày tuổi. Tương tự, các công thức xử lý hexanal tại 58, 65, 72 ngày tuổi cũng cho thấy, xu hướng tăng nhẹ về khối lượng và kích thước của quả ở giai đoạn từ 93 - 100 ngày tuổi, nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các công thức này so với đối chứng ($\alpha < 0,05$). Điều này cho thấy, xử lý hexanal quá sớm trước thời điểm chín sinh lý có thể không phát huy hiệu quả rõ rệt trong việc cải thiện sinh trưởng quả.

Công thức xử lý hexanal tại thời điểm 79 ngày tuổi là công thức duy nhất được theo dõi liên tục đến thời điểm 122 ngày tuổi. Ở công thức này, khối lượng quả tiếp tục tăng từ 880,5 g (ngày 93), lên 908,3 g (ngày 107), sau đó duy trì ổn định ở mức trên 907 g đến thời điểm 122 ngày tuổi. Kết quả cho thấy, hexanal đã làm chậm quá trình già hóa tế bào và kéo dài giai đoạn tích lũy sinh khối, đặc biệt là ở giai đoạn tiền chín của quả xoài.

Các kết quả trên phù hợp với giả thuyết về cơ chế tác động của hexanal trong việc ức chế hoạt động của enzyme PLD, giúp duy trì tính toàn vẹn của màng tế bào và kéo dài chức năng sinh lý của mô quả [13, 14]. Điều này có thể đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tích lũy chất khô và nước vào quả kéo dài hơn so với đối chứng. Ngoài ra, các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, hexanal có thể làm giảm độ nhạy cảm với ethylene trong giai đoạn chín, từ đó làm chậm lại quá trình phân giải chất dự trữ và lão hóa tế bào [15].

3.2. Ảnh hưởng của thời điểm xử lý hexanal đến chỉ tiêu độ cứng của quả

Bảng 3. Ảnh hưởng của xử lý hexanal giai đoạn cận thu hoạch đến độ cứng của quả xoài

Thời điểm xử lý (kể từ ngày đậu quả)	Độ cứng quả xoài tại các ngày tuổi (kg/cm ²)				
	93 ngày	100 ngày	107 ngày	114 ngày	122 ngày
Đối chứng (không xử lý)	94,5 ^a	84,4 ^a	-	-	-
58 ngày tuổi	95,3 ^a	85,1 ^a	-	-	-
65 ngày tuổi	95,0 ^a	84,3 ^a	-	-	-
72 ngày tuổi	95,1 ^a	85,6 ^a	-	-	-
79 ngày tuổi	95,4 ^a	94,3 ^b	92,6	90,0	81,0

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, quả đã đạt độ chín.

Độ cứng quả là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh tình trạng mô tế bào và mức độ chín sinh lý của quả. Kết quả theo dõi độ cứng quả xoài tại các mốc: 93, 100, 107, 114, 122 ngày tuổi được thể hiện trong bảng 3. Ở các thời điểm xử lý sớm (58, 65, 72 ngày tuổi), không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ cứng giữa các công thức và lô đối chứng trong giai đoạn 93 - 100 ngày tuổi ($\alpha < 0,05$). Cụ thể, giá trị độ cứng dao động từ 94,3 - 95,4 kg/cm² (93 ngày tuổi) và từ 84,3 - 85,6 kg/cm² (100 ngày tuổi).

Tuy nhiên, tại công thức xử lý ở 79 ngày tuổi, độ cứng quả tại 93 ngày tuổi đạt 94,3 kg/cm², cao hơn rõ rệt so với đối chứng (84,4 kg/cm²) và các công thức còn lại, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($\alpha < 0,05$). Sau đó, độ cứng giảm dần là 92,6; 90,0; 81,0 kg/cm² tương ứng theo thời gian độ tuổi quả là 107, 114, 122 ngày tuổi. Điều này cho thấy, xử lý hexanal tại thời điểm 79 ngày tuổi giúp duy trì độ cứng mô quả lâu hơn, vốn là một đặc trưng sinh lý nổi bật trong quá trình chín và lão hóa của quả xoài. Cơ chế chính được cho là do

hexanal có khả năng ức chế enzyme PLD - enzyme xúc tác sự phân hủy phospholipid cấu trúc của màng sinh học, từ đó duy trì tính toàn vẹn màng tế bào và ngăn cản sự mất nước và cấu trúc turgor của mô [13, 14]. Ngoài ra, hexanal cũng được báo cáo là chất điều tiết có khả năng ức chế ethylene nội sinh, làm chậm hoạt động của các enzyme liên quan đến làm mềm quả như polygalacturonase và pectin methyl esterase [15]. Kết quả này phù hợp với xu hướng đã quan sát ở chỉ tiêu khối lượng và kích thước quả, củng cố thêm nhận định rằng, giai đoạn 79 ngày tuổi là thời điểm tối ưu để xử lý hexanal nhằm kiểm soát hiệu

quả tiến trình sinh trưởng - chín - lão hóa của quả xoài Úc R2E2.

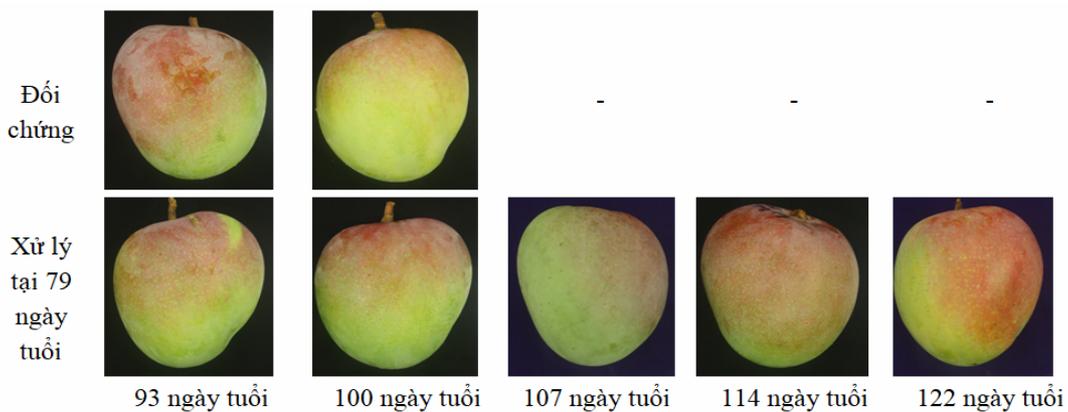
3.3. Ảnh hưởng của hexanal đến sự biến đổi màu sắc vỏ quả xoài

Màu sắc vỏ quả là thông số chỉ báo cho trạng thái chín sinh lý của quả. Trong nghiên cứu này, chỉ số ΔE (delta E) được sử dụng để đánh giá sự thay đổi tổng hợp màu sắc vỏ quả qua độ tuổi của quả xoài, từ đó phản ánh tác động của xử lý hexanal đến quá trình chuyển màu của quả xoài trong giai đoạn phát triển và chín. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của hexanal đến màu sắc vỏ quả

Thời điểm xử lý (ngày)	Biến đổi màu vỏ quả tại thời điểm (ΔE)									
	93 ± 2 ngày			100 ± 2 ngày				107 ± 2 ngày	114 ± 2 ngày	122 ± 2 ngày
	L	a	b	L	a	b	ΔE	ΔE	ΔE	ΔE
Đối chứng	56,59 ^a	-11,49 ^a	25,27 ^a	68,97 ^c	-6,92 ^b	29,72 ^b	13,93 ^c	-	-	-
58	56,15 ^a	-11,32 ^a	26,17 ^a	68,83 ^c	-7,27 ^a	30,13 ^b	13,89 ^c	-	-	-
65	55,62 ^a	-10,99 ^a	26,08 ^a	67,40 ^c	-7,55 ^a	30,68 ^b	13,11 ^c	-	-	-
72	55,58 ^a	-10,67 ^a	25,88 ^a	60,32 ^b	-6,94 ^a	30,28 ^b	7,47 ^b	-	-	-
79	55,56 ^a	-11,85 ^a	25,52 ^a	56,41 ^a	-10,03 ^b	26,11 ^a	2,09 ^a	2,55	3,98	28,15

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, quả đã đạt độ chín.



Hình 1. Màu sắc vỏ quả xoài Úc được xử lý hexanal giai đoạn cận thu hoạch

Tại thời điểm 100 ngày tuổi, tất cả các công thức (kể cả đối chứng) đều cho thấy, sự gia tăng chỉ số L^* (độ sáng) và giảm chỉ số âm a^* (chuyển từ xanh sang đỏ), kèm theo tăng b^* (vàng hóa),

thể hiện tiến trình chín tự nhiên của quả. Đáng chú ý, khi quả xoài vào độ tuổi 100 ngày thì ΔE của công thức xử lý tại 79 ngày tuổi cho giá trị ΔE thấp nhất (2,09), thấp hơn đáng kể so với đối chứng (13,93) và các công thức xử lý sớm hơn (7,47 - 13,89). Giá trị ΔE của công thức xử lý tại 79 ngày tuổi tiếp tục duy trì ở mức thấp tại các thời điểm 107 ngày (2,55), 114 ngày (3,98) và chỉ đến 122 ngày tuổi mới tăng mạnh (28,15) (Bảng 4, hình 1).

Sự duy trì màu xanh vỏ quả được lý giải là do hexanal có khả năng ức chế quá trình phân hủy chlorophyll (diệp lục) và làm chậm sự tích lũy carotenoid - các sắc tố tạo màu vàng đặc trưng trong quá trình chín quả. Cơ chế tác động này có liên quan đến ức chế hoạt động của enzyme PLD, bảo vệ cấu trúc màng bào quan - nơi diễn ra quá trình thoái hóa sắc tố [14]. Ngoài ra, hexanal cũng ức chế ethylene nội sinh, hormone đóng vai trò trung tâm trong điều hòa quá trình chín, bao gồm chuyển đổi màu vỏ [15].

3.4. Ảnh hưởng của hexanal đến tỷ lệ rụng quả trên cây đến thời điểm thu hái

Rụng quả sinh lý là vấn đề thường gặp ở xoài trong giai đoạn phát triển quả non và giai đoạn gần thu hoạch, gây thiệt hại nghiêm trọng đến năng suất. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ rụng quả được theo dõi tại các thời điểm 93, 100, 107, 114, 122 ngày tuổi nhằm đánh giá hiệu quả của việc xử lý hexanal tại các mốc khác nhau trong giai đoạn sinh trưởng (Bảng 5).

Kết quả cho thấy, ở các thời điểm 93 và 100 ngày tuổi, công thức xử lý hexanal đều có tỷ lệ rụng quả thấp hơn đáng kể so với đối chứng ($\alpha < 0,05$). Đặc biệt, công thức xử lý xoài khi quả đạt độ tuổi 79 ngày cho kết quả tốt nhất, với tỷ lệ rụng chỉ 1,45% (ở 93 ngày tuổi) và 2,64% (ở 100 ngày tuổi), thấp hơn gần 13 lần so với đối chứng tại 100 ngày tuổi (31,95%). Trong khi đó, các công thức xử lý sớm hơn (58, 65, 72 ngày tuổi) cũng làm giảm rụng quả so với đối chứng, nhưng mức giảm ít hơn và có xu hướng giảm dần theo độ trễ của thời điểm xử lý. Từ 107 ngày tuổi trở đi, chỉ có công thức xử lý tại 79 ngày tuổi được theo dõi tiếp và tiếp tục cho thấy tỷ lệ rụng quả tăng chậm: 3,57% (107 ngày), 5,46% (114 ngày) và chỉ 18,59% đến 122 ngày tuổi, giảm gần 50% so với tỷ lệ rụng của đối chứng tại 92 ngày tuổi.

Kết quả này cho thấy, xử lý hexanal gần thời điểm chín sinh lý (79 ngày tuổi) là hiệu quả nhất trong việc giảm rụng quả kéo dài suốt giai đoạn phát triển và chín. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, rụng quả sinh lý có liên quan đến sự suy giảm chức năng vùng cuống quả (abscission zone), thường chịu ảnh hưởng bởi sự tích tụ ethylene và hoạt động của enzyme PLD [14, 15]. Hexanal có khả năng ức chế hoạt động của enzyme PLD, làm chậm quá trình thoái hóa màng tế bào và giữ vững liên kết mô ở cuống quả, từ đó trì hoãn hoặc ức chế sự hình thành vùng rụng [14]. Ngoài ra, hexanal còn có tác dụng ức chế ethylene sinh lý, giảm phản ứng stress của cây trong điều kiện ngoại cảnh bất lợi (gió, mưa, thiếu nước...) - các yếu tố góp phần làm tăng rụng quả.

Bảng 5. Ảnh hưởng của hexanal đến tỷ lệ rụng quả trên cây đến thời điểm thu hái

Thời điểm xử lý (ngày)	Tỷ lệ rụng quả (%)				
	93 ± 2 ngày	100 ± 2 ngày	107 ± 2 ngày	114 ± 2 ngày	122 ± 2 ngày
ĐC	5,97 ^c	31,95 ^d	-	-	-
58	3,78 ^b	27,80 ^c	-	-	-
65	3,64 ^b	26,55 ^c	-	-	-
72	2,47 ^{ab}	17,31 ^b	-	-	-
79	1,45 ^a	2,64 ^a	3,57 ^a	5,46 ^a	18,59 ^a

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, quả đã đạt độ chín.

3.5. Ảnh hưởng của hexanal đến chất lượng quả xoài thời điểm thu hái

Chất lượng quả xoài được xác định bởi tổ hợp các chỉ tiêu hóa sinh như: TSS, hàm lượng đường tổng số và vitamin C, vốn ảnh hưởng trực tiếp đến cảm quan, giá trị dinh dưỡng của quả. Các kết quả thu được tại thời điểm thu hái 100 và 122 ngày tuổi cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của xử lý hexanal đến tiến trình chuyển hóa chất khô và chống ô xy hóa trong quả (Bảng 6).

Tại thời điểm 100 ngày tuổi, các mẫu xoài trên công thức đối chứng và có xử lý hexanal được thu

hái. Kết quả cho thấy, mẫu đối chứng đạt TSS và hàm lượng đường có giá trị cao nhất (9,58°Brix, 5,87%), tiếp theo là các nghiệm thức xử lý tại 58, 65, 72 ngày tuổi; hàm lượng vitamin C trong mẫu đối chứng (19,6 mg/100 g) là thấp hơn so với các mẫu xoài được xử lý hexanal. Thông qua các chỉ số TSS, đường tổng số và vitamin C đã thấy rõ, hexanal tuy không ảnh hưởng đến độ cứng, khối lượng và kích thước của quả xoài ở các công thức xử lý tại thời điểm từ 58 - 72 ngày nhưng đã có tác động đến sinh hoá của quả xoài.

Bảng 6. Ảnh hưởng của xử lý hexanal đến chất lượng quả xoài tại thời điểm thu hái

Thời điểm xử lý (ngày)	Chỉ tiêu chất lượng					
	100 ± 2 ngày			122 ± 2 ngày		
	TSS (°Brix)	Đường tổng số (%)	Vitamin C (mg/100 g)	TSS (°Brix)	Đường tổng số (%)	Vitamin C (mg/100 g)
Đối chứng	9,58 ^d	5,87 ^c	19,60 ^a	-	-	-
58	9,08 ^c	5,15 ^b	25,43 ^b	-	-	-
65	9,02 ^c	5,17 ^b	25,55 ^b	-	-	-
72	8,77 ^b	5,21 ^b	25,40 ^b	-	-	-
79	8,01 ^a	4,85 ^a	33,58 ^c	9,26	5,17	25,14

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha < 0,05$. -: Không thu thập số liệu, đã được thu hái; TSS: Chất khô hoà tan tổng số.

Mẫu xoài được xử lý tại độ tuổi 79 ngày được tiếp tục theo dõi đến ngày tuổi thứ 122 thì thu hái. Tại thời điểm thu hái, giá trị dinh dưỡng trong xoài đạt TSS là 9,26°Brix, đường đạt 5,17% và hàm lượng vitamin C đạt 25,14 mg/100 g. Kết quả này cho thấy, hexanal có tác dụng làm chậm chín và chuyển hóa carbohydrate, thông qua cơ chế ức chế hoạt động enzyme PLD - vốn liên quan đến quá trình thoái hóa màng tế bào, phát sinh tín hiệu nội bào thúc đẩy chín quả. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Jincy và cs (2017) [6], theo đó hexanal làm giảm hoạt tính PLD, từ đó điều hòa mức peroxide lipid và hoạt độ các enzyme chống ô xy hóa như: SOD, CAT, APX, giúp duy trì sự ổn

định của mô quả và hạn chế chuyển hóa nhanh tinh bột thành đường hòa tan. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của Preethi và cs (2018) [8] cũng nhận định rằng, hexanal có thể kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng cảm quan của quả xoài trong thời gian dài bằng cách trì hoãn chín và làm chậm biến đổi sinh hóa như mất vitamin C và sự phân giải pectin.

4. KẾT LUẬN

Xử lý hexanal nồng độ 0,04% trước thu hoạch trên quả xoài vào thời điểm quả đạt 79 ± 2 ngày tuổi có hiệu quả rõ rệt trong việc làm chậm quá trình chín, giảm tỷ lệ rụng quả và duy trì chất lượng sau thu hoạch. Tại thời điểm thu hái, keto

dài thời gian thu hái thêm 30 ngày so với đối chứng, khối lượng quả đạt 907 ± 2 g, kích thước $11,5 \pm 1 \times 13,1 \pm 2$ cm và độ cứng $81,0 \pm 1$ kg/cm². Tỷ lệ rụng quả cũng giảm rõ rệt, chỉ còn khoảng 41,8% so với lô đối chứng; với TSS đạt 9,26°Brix, đường tổng số 5,17% và vitamin C đạt 25,14 mg/100 g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Trồng trọt (2024). *Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ năm 2024 và kế hoạch năm 2025*.
2. CEL Consulting (2018). Food losses in Vietnam – The shocking reality. Truy cập từ: <https://www.cel-consulting.com/post/2018/08/10/food-losses-in-vietnam-the-shocking-reality>. Truy cập ngày 23/7/2020.
3. Lichtenthaler, H. K. (1999). The 1-deoxy-D-xylulose 5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 47 - 65. Doi: 10.1146/annurev.arplant.50.1.47.
4. Paliyath, G. & Subramanian, J. (2008). Phospholipase D inhibition technology for enhancing shelf life and quality. In: Paliyath, G., Murr, D. P., Handa, A. K., Lurie, S. (Eds.). *Postharvest biology and technology of fruits, vegetables and flowers*, 1st ed. Wiley- Blackwell, USA. 240 – 245.
5. Karthika, S., Kumar, N. B., Gunasekaran, N. K. & Subramanian, K. S. (2015). Enhancement preservation of fruits using nanotechnology: Biosafety of hexanal. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India and University of Guelph, Canada.
6. Jincy, M., Djanaguiraman, M., Jeyakumar, P., Subramanian, K. S., Jayasankar, S. & Paliyath, G. (2017). Inhibition of phospholipase D enzyme activity through hexanal leads to delayed mango (*Mangifera indica* L.) fruit ripening through changes in oxidants and antioxidant enzymes activity. *Scientia Horticulturae*, 218, 316 - 325.
7. Baltazari, A., Mtui, H., Chove, L., Msogoya, T., Kudra, A., Tryphone, G., ... & Mwatawala, M. (2020). Evaluation of post-harvest losses and shelf life of fresh mango (*Mangifera indica* L.) in Eastern zone of Tanzania. *International Journal of Fruit Science*, 20(4), 855 - 870.
8. Preethi, P., Soorianathasundaram, K., Sadasakthi, A., Subramanian, K. S., Paliyath, G. & Subramanian, J. (2018). Influence of hexanal formulation on storage life and post-harvest quality of mango fruits. *Journal of Environmental Biology*, 39(6), 1006 - 1014.
9. Kaur, S., Arora, N. K., Gill, K. B. S., Sharma, S. and Gill, M. I. S. (2019). Hexanal formulation reduces rachis browning and postharvest losses in table grapes cv. 'Flame Seedless.' *Scientia Horticulturae*, 248(1): 265 - 273.
10. Đỗ Thị Ngọc Oanh, Hoàng Văn Phụ (2012). *Giáo trình phương pháp thí nghiệm đồng ruộng*. Nxb Nông nghiệp.
11. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5102:1990. Rau quả tươi - Lấy mẫu.
13. Paliyath, G., Tiwari, K., Yuan, H., Whitaker, B. D. (2008). Structural deterioration in produce: Phospholipase D, membrane deterioration, and senescence. In: Paliyath, G., Murr, D.P., Handa, A.K., Lurie, S. (Eds.). *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flowers*, 1st ed. Wiley-Blackwell, USA. 195 - 239.
14. Jincy, M., Djanaguiraman, M., Jeyakumar, P., Subramanian K. S., Jayasankar, S., Paliyath, G. (2017). Inhibition of phospholipase D enzyme activity through hexanal leads to delayed mango (*Mangifera indica* L.) fruit ripening through changes in oxidants and antioxidant enzymes activity. *Scientia Horticulturae*, 218, 316 - 325.
15. Agarwal, G., Choudhary, D., Singh, V. P., Arora, A. (2012). Role of ethylene receptors during senescence and ripening in horticultural crops. *Plant Signaling & Behavior*, 7(7), 827 - 846.

**EFFECT OF PREHARVEST HEXANAL APPLICATION TIMING ON HARVEST PERIOD
AND FRUIT QUALITY OF AUSTRALIAN MANGO (*Mangifera indica* L.)**

Nguyen Thi Minh Nguyet¹, Vu Thi Nga¹, Ta Phuong Thao¹

¹*Vietnam Institute of Agriculture Engineering and Post Harvest - Technology*

Abstract

Mango (*Mangifera indica* L.) is a climacteric fruit prone to rapid ripening and high postharvest losses, especially under tropical conditions. Regulation of harvest timing and fruit ripening through natural compounds is a potential strategy to improve fruit quality and reduce postharvest losses. This study aimed to determine the optimal timing for preharvest application of hexanal, a natural inhibitor of phospholipase D, to delay physiological ripening, extend the harvest period and maintain postharvest quality in Australian mango (cv. R2E2). Hexanal was applied as a foliar spray at a concentration of 0.04% at different time points (58, 65, 72 and 79 ± 2 days after fruit set). Fruit samples were collected and analyzed for physical attributes (weight, size, firmness), physiological responses (fruit drop) and biochemical quality indices (TSS, total sugars, vitamin C) at the harvest stage. Hexanal application at 79 ± 2 days after fruit set significantly delayed the physiological ripening process and extended the harvest period by 22 days compared to the untreated control. Treated fruits maintained a weight of 907 ± 2 g, dimensions of 11.5 ± 1 × 13.1 ± 2 cm and firmness of 81.0 ± 1 kg/cm². The fruit falling ratio was significantly reduced to approximately 41.8% of that in the control group. Furthermore, treated fruits retained good internal quality at harvest, with a total soluble solids content of 9.26°Brix, total sugar content of 5.17% and vitamin C content of 25.14 mg/100 g. Overall, the results indicate that pre-harvest application of hexanal allows mango fruits to remain on the tree for an additional 3 - 4 weeks without compromising their quality.

Keywords: *Hexanal, pre-harvest treatment, mango (*Mangifera indica* L.), ripening delay, fruit quality, harvest management.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 11/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA TÚI BAO QUẢ TRÊN CÂY NA DAI (*Annona squamosa* L.) TẠI HUYỆN CHI LĂNG, TỈNH LẠNG SƠN

Lã Mạnh Tuấn¹*, Phạm Cao Thăng¹, Phạm Minh Tuấn¹

¹ Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

* Email: lamanhtuanhy@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xây dựng quy trình công nghệ sản xuất túi bao chuyên dụng cho quả na dai (*Annona squamosa* L.), sử dụng màng LDPE phối trộn với các phụ gia chức năng (HALS, Irganox, Atmer 103, silica, Palmowax và masterbatch). Thí nghiệm bao quả được tiến hành trên giống na dai tại huyện Chi Lăng (tỉnh Lạng Sơn) với 3 công thức xử lý (không bao, bao bằng túi Đài Loan, bao bằng túi bảo quản thử nghiệm do nghiên cứu này sản xuất (túi ĐT), mỗi công thức lặp lại 3 lần với 15 cây/lần. Kết quả cho thấy, thời điểm bao quả là 30 ngày sau đậu quả, giúp giảm tỷ lệ rụng quả từ 26,10% xuống 14,27% và tỷ lệ nhiễm sâu, bệnh từ 40,02% xuống 14,94%. Quả bao túi có kích thước và khối lượng lớn hơn, vỏ sáng đẹp hơn, trong khi thành phần dinh dưỡng không khác biệt đáng kể so với đối chứng. Điều này khẳng định túi bao quả là giải pháp hiệu quả, góp phần bảo vệ quả na và nâng cao giá trị thương phẩm theo hướng canh tác an toàn, bền vững.

Từ khóa: Túi bao quả, na dai, màng LDPE, thời điểm bao quả.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa đặc trưng của Việt Nam, canh tác cây ăn quả, đặc biệt là cây na (*Annona squamosa* L.), thường chịu ảnh hưởng lớn từ sâu, bệnh, côn trùng và các yếu tố thời tiết bất lợi như: Mưa lớn, nắng gắt và gió mạnh. Những tác động này làm giảm năng suất, đồng thời ảnh hưởng đáng kể đến hình thái, màu sắc, chất lượng và giá trị thương phẩm của quả [1, 2]. Với đặc điểm vỏ mỏng, thịt quả mềm, dễ tổn thương cơ học, quả na cần được áp dụng các biện pháp bảo vệ hiệu quả ngay từ giai đoạn quả non. Giống na dai Chi Lăng là đặc sản nổi tiếng của huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn. Năm 2023, diện tích trồng na toàn huyện đạt là 2.046 ha, sản lượng đạt 24.137 tấn [3]. Na dai Chi Lăng được đánh giá cao nhờ thịt quả ngọt, ít hạt, vỏ mỏng, có mùi thơm đặc trưng. Tuy nhiên, trong quá trình canh tác, giống na này gặp khó khăn do sâu, bệnh và điều kiện thời tiết bất lợi, ảnh hưởng đến chất lượng, mẫu mã và khả năng bảo quản sau thu hoạch, từ đó tác động trực tiếp đến khả năng tiêu thụ và giá bán.

Kỹ thuật bao quả bằng túi chuyên dụng đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi như một giải pháp canh tác bền vững, giúp hạn chế sâu bệnh, giảm tổn thất sau thu hoạch, cải thiện đặc tính hình thái và cảm quan của quả [4, 5]. Nhiều nghiên cứu cho thấy, bao quả làm giảm tỷ lệ rụng và côn trùng gây hại, đồng thời nâng cao màu sắc, độ sạch của vỏ và kéo dài thời gian bảo quản [6, 7]. Hiện nay, các vật liệu sử dụng phổ biến để sản xuất túi bao quả gồm giấy kraft, vải không dệt, màng polyetylen (PE) và polypropylene (PP) [8]. Trong đó, màng PE (chủ yếu là LDPE) được đánh giá cao nhờ độ bền cơ học, khả năng truyền sáng và thông khí có thể điều chỉnh thông qua phối trộn với các phụ gia chức năng như chất ổn định quang học (HALS), chất chống oxi hóa (Irganox), chất chống đọng sương (Atmer 103), silica hoặc sáp thực vật như Palmowax [9]. Việc phát triển túi bao từ vật liệu polyme nhiệt dẻo với đặc tính cải tiến đang được nhiều quốc gia quan tâm nhằm giảm sử dụng thuốc bảo vệ thực vật và thúc đẩy sản xuất an toàn, hữu cơ. Các nghiên cứu trước đây cho thấy, túi bao có thể tác động tích cực đến hình thái và

chất lượng quả. Kiran và cs (2020) ghi nhận bao polypropylene không dệt với màu sắc khác nhau ảnh hưởng đến kích thước, khối lượng và độ chín của nho [10]. Wang và cs (2021) chứng minh túi polyethylene dày 20 μm giúp ức chế nâu hóa vỏ quả vải, duy trì chất lượng tốt hơn so với các độ dày khác [11]. Đối với cây na, một số nghiên cứu tại Ấn Độ và Thái Lan cho thấy, màng PE giúp giảm tỷ lệ sâu, bệnh và tăng độ đồng đều quả [12, 13]. Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về công nghệ sản xuất túi phù hợp điều kiện khí hậu nóng ẩm tại miền Bắc Việt Nam còn hạn chế, cần được tiếp tục hoàn thiện.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phát triển công nghệ sản xuất túi bao quả chuyên dụng cho cây na, sử dụng nền vật liệu LDPE phối trộn với các phụ gia chức năng, đồng thời đánh giá hiệu quả ứng dụng trong điều kiện canh tác thực tế tại huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn. Kết quả nghiên cứu dự kiến đóng góp vào việc hoàn thiện quy trình canh tác, giảm tổn thất sau thu hoạch, hạn chế sử dụng hóa chất bảo vệ thực vật, nâng cao chất lượng và giá trị thương phẩm của quả na, hướng tới sản xuất an toàn và bền vững.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và đối tượng nghiên cứu

- Nhựa polyetylen tỷ trọng thấp (LDPE 0,92 g/cm^3), sản phẩm thương mại của Malaysia.

- Chất phụ gia ổn định quang, chống lão hoá do UV: HALS (Tinuvin 783 - Thụy Sĩ).

- Chất phụ gia chống oxi hóa Irganox 1010 (Thụy Sĩ).

- Chất phụ gia chống đọng sương (Atmer 103 - Công ty Cổ phần Nhựa Châu Á).

- Phụ gia trợ gia công Palmowax (Malaysia).

- Giống na dai (*Annona squamosa* L.) trồng tại xã Chi Lăng, huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn, vụ mùa 2023. Thời điểm ra hoa, đậu quả từ tháng 5 đến tháng 6 trong năm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

- Thí nghiệm 1 (*Nghiên cứu lựa chọn phương pháp thổi màng*): Ba phương pháp thổi màng được khảo sát gồm (i) thổi màng trực tiếp (trộn phụ gia

với nhựa LDPE và đùn trực tiếp), (ii) thổi màng từ hạt compound (CP) và (iii) thổi màng từ hạt masterbatch (MB), với hàm lượng phụ gia silica cố định ở mức 5% khối lượng. Các thí nghiệm được thực hiện trên thiết bị thổi màng SJ-45, mỗi phương pháp lặp lại 3 lần, với nhiệt độ các vùng gia nhiệt duy trì cố định ở 170°C. Sau khi thổi, mẫu màng được phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) nhằm đánh giá mức độ phân tán của phụ gia và lựa chọn phương pháp thổi màng phù hợp.

- Thí nghiệm 2 (*Ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật đến chiều dày màng*): Hai thông số công nghệ được khảo sát gồm vận tốc kéo (500, 650, 800 và 950 vòng/phút) và chiều rộng cuộn màng (30, 40, 50 và 60 cm). Các thí nghiệm được thực hiện trên thiết bị thổi màng SJ-45, mỗi điều kiện lặp lại 3 lần, với nhiệt độ các vùng gia nhiệt duy trì cố định ở 170°C.

- Thí nghiệm 3 (*Xác định thời điểm bao quả na*): Ba thời điểm bao quả được khảo sát gồm 30 ngày sau khi đậu quả (T30), 40 ngày sau khi đậu quả (T40) và 50 ngày sau khi đậu quả (T50). Quả na được bao từng quả riêng lẻ. Mỗi công thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần, với 15 cây na cho mỗi lần lặp.

- Thí nghiệm 4 (*Đánh giá ảnh hưởng của túi bao quả trên quả na*): Thí nghiệm được tiến hành tại vườn na với 3 công thức xử lý gồm: ĐC - đối chứng không bọc quả, túi Đài Loan (ĐL - túi bao quả của Đài Loan và túi ĐT. Quả được bao từng quả riêng lẻ. Mỗi công thức được lặp lại 3 lần, với 15 cây na cho mỗi lần lặp.

2.2.2. Phương pháp thổi màng

Thổi màng được thực hiện trên thiết bị SJ-45 (Trung Quốc) đường kính trục 45 mm, tỷ lệ L/D 28, tốc độ trục 10 - 120 vòng/phút, chiều dày sản phẩm 0,004 - 0,08 mm, công suất động cơ chính 7,5 kW, công suất gia nhiệt 12 kW, năng suất 30 - 40 kg/giờ. Thổi màng được thực hiện trên thiết bị SJ-45 (Trung Quốc) với đường kính trục 45 mm, tỷ lệ L/D 28, tốc độ trục 10 - 120 vòng/phút, chiều dày sản phẩm 0,004 - 0,08 mm, công suất động cơ chính 7,5 kW, công suất gia nhiệt 12 kW và năng suất 30 - 40 kg/giờ. Nguyên lý hoạt động của thiết bị dựa

trên quá trình gia nhiệt và đun chảy nhựa LDPE (hoặc hạt phối trộn phụ gia) qua trục vít, sau đó dòng nhựa nóng chảy được thổi phồng bằng khí nén tạo màng mỏng và được cuộn lại thành sản phẩm.

2.2.3. Phương pháp phân tích

+ Xác định độ dày màng: Sử dụng thiết bị đo độ dày màng điện tử QuaNix®1500 - Đức (hoạt động theo nguyên lý cảm ứng điện từ (vòi nền thép) và dòng điện xoáy (vòi nền phi từ), cho phép đo nhanh, không phá hủy và không cần hiệu chuẩn lặp lại).

+ Phân tích SEM sử dụng kính hiển vi điện tử quét - SEM (Jeol JSM 6490 JED, Nhật Bản) với khay coaster (JFC 1200, JEOL, Nhật Bản) để đánh giá mức độ phân tán phụ gia silica trong nền nhựa LDPE.

+ Xác định tỷ lệ rụng quả: Tỷ lệ rụng quả (%) = (Số quả rụng/Tổng số quả bọc túi) x 100.

+ Xác định tỷ lệ quả bị sâu, bệnh: Tỷ lệ quả nhiễm sâu, bệnh = (Số quả nhiễm sâu, bệnh/Tổng số quả bọc túi) x 100.

Quả na bị nhiễm sâu bệnh có đặc điểm: Xuất hiện những đốm nâu, đen hoặc các vết thối hồng; Bề mặt quả có lỗ nhỏ, vết đục của sâu; quả bị biến đổi hình dạng, méo mó, phát triển không đều do ảnh hưởng của sâu non hoặc ấu trùng.

+ Xác định màu sắc quả: Đo độ sáng vỏ quả (chỉ số L) bằng máy đo màu Minota (CR-300)

+ Hàm lượng vitamin C theo TCVN 8977: 2011 [14].

+ Hàm lượng đường tổng số theo TCVN 4594: 1988 [15].

+ Hàm lượng axit tổng số (tính theo axit citric) theo AOAC 942.15. [16].

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

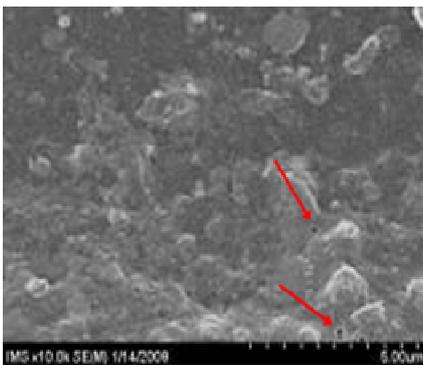
Số liệu thực nghiệm được phân tích theo ANOVA đơn yếu tố và biểu thị là giá trị trung bình. Duncan's test được sử dụng để kiểm định sự khác nhau có ý nghĩa của các giá trị trung bình. Phần mềm SPSS ver 16.0 được sử dụng cho các phân tích đã nêu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

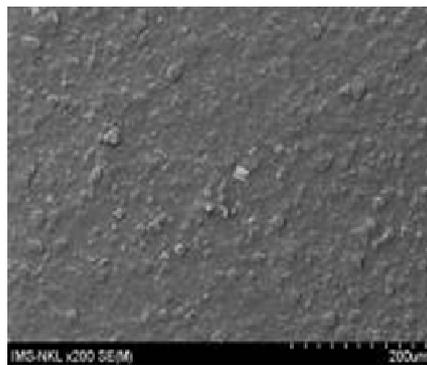
3.1. Xây dựng quy trình công nghệ sản xuất túi bao quả na

3.1.1. Nghiên cứu lựa chọn phương pháp thổi màng

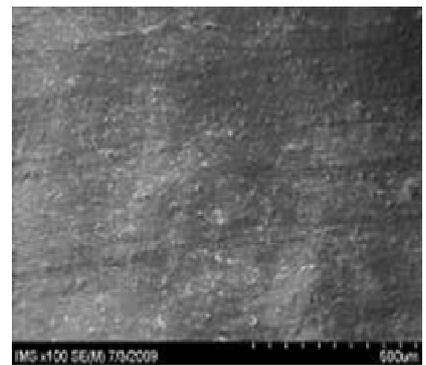
Để lựa chọn phương pháp phù hợp cho chế tạo màng túi bao quả, 3 phương pháp đun thổi được khảo sát gồm: (i) thổi màng trực tiếp, (ii) thổi màng từ hạt compound (CP) và (iii) thổi màng từ hạt masterbatch (MB).



Hình 1. Ảnh SEM của màng được phân tán bằng phương pháp thổi trực tiếp



Hình 2. Ảnh SEM của màng được phân tán bằng phương pháp thổi màng CP



Hình 3. Ảnh SEM của màng được phân tán bằng phương pháp thổi màng MB

Kết quả phân tích ảnh SEM (Hình 1 - 3) cho thấy, sự khác biệt rõ rệt về khả năng phân tán phụ gia silica trong nền nhựa LDPE giữa các phương pháp:

Hình 1 (Thổi trực tiếp) có bề mặt màng không đồng đều, xuất hiện nhiều lỗ rỗng và các vết

không liên tục, phản ánh sự phân tán phụ gia kém, phụ gia chưa đồng nhất trong nền polymer.

Hình 2 (Thổi từ hạt CP) có bề mặt màng đồng đều hơn so với phương pháp trực tiếp, tuy nhiên vẫn xuất hiện một số lỗ rỗng nhỏ và vùng phân bố phụ gia chưa thật sự đồng nhất.

Hình 3 (Thổi từ hạt MB) có bề mặt màng mịn, đồng đều, không xuất hiện lỗ hổng hay hiện tượng kết tụ, chứng tỏ phụ gia silica được phân tán tốt nhất trong nền nhựa LDPE.

Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Treece và cs (2007), khi chỉ ra rằng sử dụng hạt MB giúp đảm bảo sự phân tán đồng đều các thành phần vô cơ trong nền nhựa và hạn chế hiện tượng kết tụ phụ gia [17]. Do đó, phương pháp thổi màng từ hạt masterbatch (MB) được lựa chọn là tối ưu nhất trong nghiên cứu này.

3.1.2. Ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật đến chiều dày màng

Chiều dày của màng LDPE là một yếu tố kỹ thuật quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả bao quả, độ bền cơ học và khả năng sử dụng thực tế của túi bao quả trong điều kiện tự nhiên. Để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ, thí nghiệm được bố trí với 2 thông số chính: Vận tốc kéo và chiều rộng cuộn màng. Kết quả đo chiều dày màng thu được được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1 cho thấy, xu hướng giảm đáng kể chiều dày màng khi tăng đồng thời vận tốc kéo và chiều rộng cuộn màng. Ví dụ, ở cùng vận tốc kéo 650 vòng/phút, tăng chiều rộng cuộn từ 30 - 60 cm làm chiều dày giảm từ 65 μ m xuống 34 μ m. Trong khi đó, giữ nguyên chiều rộng cuộn 40 cm, tăng vận tốc kéo từ 500 vòng/phút lên 950 vòng/phút làm chiều dày giảm từ 67 μ m xuống 35 μ m. Điều này cho thấy, cả 2 thông số đều có tác động rõ rệt đến độ dày thành phẩm.

Sự giảm chiều dày màng có thể lý giải do tăng vận tốc kéo làm dòng nhựa bị kéo giãn mạnh hơn, hình thành lớp màng mỏng hơn, trong khi tăng chiều rộng cuộn làm tăng tốc độ quay của trục cuộn, tăng lực căng bề mặt màng, kéo dãn vật liệu nhiều hơn. Xu hướng này phù hợp với lý thuyết quá trình thổi màng LDPE được ghi nhận trong nghiên cứu trước đây của Badgujar và cs (2024) [18].

Mặt khác, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, màng nhựa sử dụng cho bao quả thường có chiều dày tối ưu trong khoảng 20 - 40 μ m, đáp ứng được các yêu cầu về độ bền cơ học, độ truyền sáng và

thoát hơi nước [19, 20, 21]. Từ kết quả nghiên cứu này cho thấy, với tổ hợp vận tốc kéo 950 vòng/phút và chiều rộng cuộn 40 cm, màng đạt độ dày trung bình 35 \pm 5,0 μ m, nằm trong khoảng tối ưu nêu trên và phù hợp để sản xuất túi bao quả na.

Bảng 1. Ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật đến chiều dày màng

Vận tốc kéo (vòng/phút)	Chiều rộng cuộn màng (cm)	Chiều dày màng (μ m)
500	30	84 \pm 3,6
	40	67 \pm 2,2
	50	53 \pm 1,4
	60	45 \pm 6,4
650	30	65 \pm 1,6
	40	54 \pm 1,7
	50	42 \pm 2,5
	60	34 \pm 2,8
800	30	51 \pm 8,3
	40	45 \pm 5,3
	50	36 \pm 4,8
	60	25 \pm 2,6
950	30	42 \pm 5,9
	40	35 \pm 5,0
	50	22 \pm 2,7
	60	13 \pm 1,8

3.1.3. Quy trình công nghệ sản xuất túi bao quả na

Quy trình sản xuất túi bao quả chuyên dụng cho cây na (*Annona squamosa* L.) được thực hiện bằng phương pháp thổi màng từ nguyên liệu nền là nhựa LDPE phối trộn với các phụ gia chức năng. Sơ đồ quy trình được thể hiện tại hình 4, bao gồm các công đoạn chính như sau:

+ Chuẩn bị nguyên liệu: Nhựa LDPE (275,2 kg), MB màu trắng (40 kg), chất ổn định quang học HALS (0,64 kg), chất chống đọng sương Atmer 103 (3,2 kg), chất chống oxy hóa Irganox (0,12 kg), silica (0,32 kg) và phụ gia trợ gia công Palmowax (3,2 kg). Tất cả được định lượng chính xác theo từng mẻ trước khi phối trộn [22].

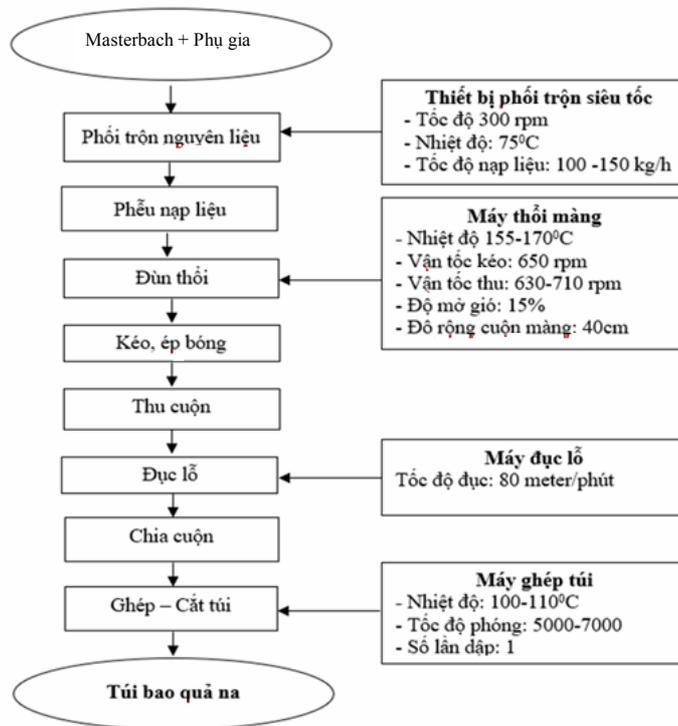
+ Kiểm tra và chuẩn bị thiết bị: Toàn bộ hệ thống máy móc (máy trộn, máy đùn thổi màng, hệ thống gia nhiệt, máy cắt - hàn, thiết bị đục lỗ) được kiểm tra tình trạng kỹ thuật, nguồn điện, khí nén và an toàn vận hành trước khi tiến hành sản xuất.

+ Phối trộn và thổi màng: Nguyên liệu được phối trộn đồng nhất và nạp vào phễu máy đùn. Sau khi gia nhiệt đạt 155 - 170°C (chia 4 vùng nhiệt), quá trình thổi màng được thực hiện với các thông số chính: Tốc độ trục đùn 35 Hz, cuộn màng 40 cm, tốc độ kéo màng 950 vòng/phút, tốc độ thu màng 630 - 710 vòng/phút, độ mở gió 15%, cho sản phẩm màng dày khoảng 35 µm và bề rộng 300 mm. Màng sau khi hình thành được làm nguội bằng khí thổi và cuộn lại.

+ Hàn mép và cắt túi: Màng được đưa vào máy cắt - hàn tạo túi với chiều dài tiêu chuẩn 180mm. Dao hàn vận hành ở 100 - 110°C, tốc độ phóng 5.000 - 7.000 vòng/phút. Mép túi được hàn nhiệt nhằm đảm bảo đường cắt phẳng, chắc, không rách hoặc cháy.

+ Tạo lỗ thông khí: Túi sau khi tạo hình được đục lỗ thông khí bằng laser Aiko với khoảng cách lỗ 5mm, mức năng lượng 15 - 20%.

+ Kiểm tra chất lượng và đóng gói: Túi thành phẩm được kiểm tra và phải đạt các yêu cầu chất lượng như trong bảng 2 trước khi đóng gói và lưu kho.



Hình 4. Sơ đồ quy trình sản xuất túi bao quả na

Bảng 2. Yêu cầu chất lượng sản phẩm túi bao quả na

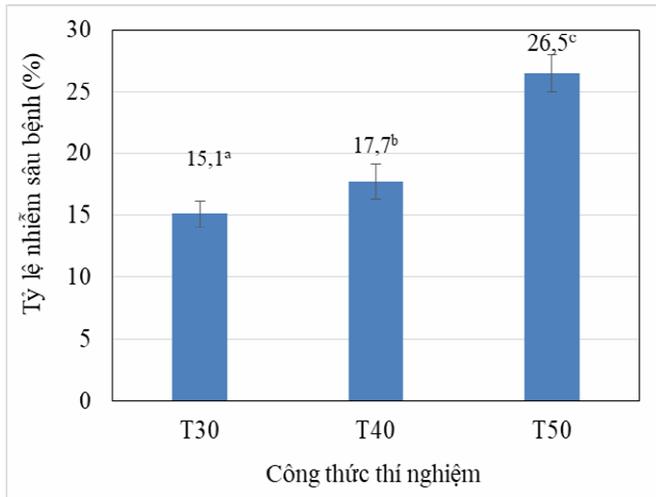
STT	Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Kết quả
1	Trạng thái	-	Túi nhựa dạng màng thổi
2	Màu sắc	-	Màu trắng, cho ánh sáng truyền qua
3	Độ dày	µm	25
4	Kích thước	cm	20 x 25
5	Độ bền nhiệt	°C	408 ± 5
6	Độ bền kéo đứt	MPa	90 ± 2
7	Độ giãn dài	%	405 ± 4

8	Mật độ đục lỗ	mm	5 x 5
9	Kích thước lỗ	µm	12 ± 2
10	Độ truyền sáng	%	80 ± 0,7
11	Độ bền thời tiết	ngày	210 ± 10
12	Hàm lượng Cd	ppm	KPH
13	Hàm lượng Hg	ppm	KPH
14	Hàm lượng Pb	ppm	0,19

3.2. Đánh giá hiệu quả túi bao quả đối với quả na

3.2.1. Xác định thời điểm bao quả na

Trong quá trình phát triển của quả, hiện tượng rụng sinh lý thường xảy ra khi quả còn non, khoảng 20 - 30 ngày sau khi đậu quả [23]. Do đó, nghiên cứu này lựa chọn ba thời điểm tiến hành bao quả, gồm: Sau khi đậu quả 30 ngày (ký hiệu T30), 40 ngày (T40) và 50 ngày (T50).



Hình 5. Tỷ lệ nhiễm sâu, bệnh của quả na ở các thời điểm bao túi

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng đơn vị tính là khác nhau có ý nghĩa với $p < 0,05$

Kết quả thí nghiệm được trình bày tại hình 5 cho thấy, sự khác biệt rõ rệt về tỷ lệ nhiễm sâu, bệnh của quả na tương ứng với 3 thời điểm bao túi khác nhau. Cụ thể, tỷ lệ nhiễm sâu, bệnh ở công thức T30 là thấp nhất, chỉ 15,1%, trong khi T40 là 17,7% và T50 cao nhất, đạt 26,5%. Sự gia tăng tỷ lệ

sâu, bệnh theo thời gian cho thấy rằng việc bao quả càng muộn thì mức độ tổn thương do sâu, bệnh càng cao. Nguyên nhân có thể xuất phát từ đặc điểm sinh lý của quả na, vốn có vỏ mềm và nhiều khe nứt, là môi trường thuận lợi cho côn trùng và nấm bệnh xâm nhập. Việc bao quả sớm có tác dụng như một lớp màng vật lý, giúp cách ly quả khỏi môi trường ngoài, ngăn chặn sự xâm nhập của các đối tượng gây hại như ruồi vàng, sâu đục quả, hoặc bào tử nấm.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Ali và cs (2021), theo đó, biện pháp bao quả từ giai đoạn sớm có thể giúp giảm đến 50 - 70% tỷ lệ tổn thương do sâu, bệnh trên các loại quả nhiệt đới [24]. Vì vậy, thời điểm thích hợp để bao túi quả na là sau đậu quả 30 ngày.

3.2.2. Đánh giá ảnh hưởng của túi bao quả đến đặc điểm hình thái, tỷ lệ rụng quả và chất lượng quả na

+ Ảnh hưởng của túi bao quả đến đặc điểm hình thái của quả

Kết quả xác định một số chỉ tiêu hình thái của quả na được thể hiện trong bảng 3. Theo đó, quả ở công thức ĐC (không bọc) có chiều cao trung bình 6,41 cm, đường kính 6,01 cm và khối lượng trung bình 207,2 g. Trong khi đó, quả na bọc bằng túi Đài Loan (túi ĐL) có chiều cao trung bình 6,82 cm, đường kính 6,47 cm và khối lượng trung bình 238,1 g. Tương tự, quả bọc bằng túi ĐT có chiều cao 6,74 cm, đường kính 6,28 cm và khối lượng 224,4 g. Như vậy, việc bọc quả đã góp phần cải thiện rõ rệt các chỉ tiêu về hình thái của quả na so với đối chứng không bọc.

Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Mondal và cs (2021) trên quả na (*Annona reticulata*), theo đó, việc bọc quả bằng túi vải không dệt giúp tăng chu vi quả từ $26,6 \pm 0,6$ cm (không bọc) lên $30,1 \pm 0,5$ cm (có bọc), đồng thời

khối lượng quả được cải thiện đáng kể so với đối chứng [25]. Điều này khẳng định hiệu quả tích cực của biện pháp bao quả trong việc nâng cao đặc tính hình thái và tiềm năng thương phẩm của quả na.

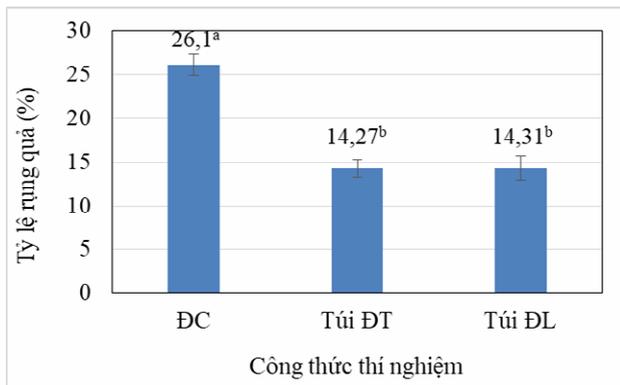
Bảng 3. Một số chỉ tiêu về hình thái của quả na

Chỉ tiêu Công thức	Chiều cao quả (cm)	Đường kính quả (cm)	Khối lượng quả (g)
ĐC	6,41 ^a	6,01 ^a	207,2 ^a
Túi ĐL	6,82 ^b	6,47 ^b	238,1 ^b
Túi ĐT	6,74 ^b	6,28 ^c	224,4 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị có chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

+ Ảnh hưởng của túi bao quả đến tỷ lệ rụng quả

Kết quả thí nghiệm ở hình 6 cho thấy, tỷ lệ rụng quả ở công thức ĐC đạt 26,1%. Việc sử dụng túi bao quả đã giúp giảm tỷ lệ rụng xuống gần một nửa (khoảng 46% so với đối chứng). Hiệu quả này có thể được giải thích bởi vai trò bảo vệ cơ học của túi bao, giúp hạn chế tác động bất lợi từ môi trường bên ngoài như mưa, gió, côn trùng hay va chạm cơ học, đồng thời hạn chế sự mất nước, ổn định vi khí hậu xung quanh quả, từ đó làm giảm hiện tượng rụng quả.



Hình 6. Ảnh hưởng của túi bao quả đến tỷ lệ rụng quả

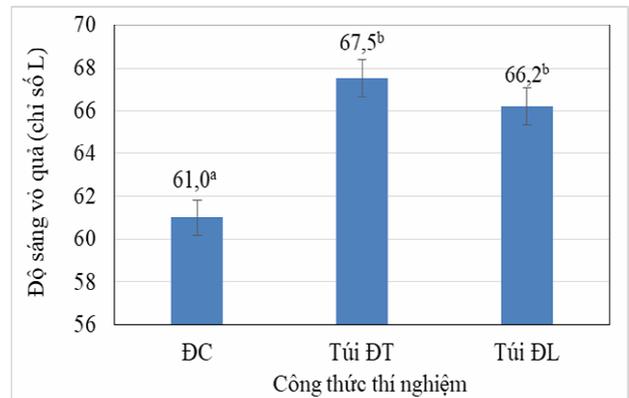
Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng đơn vị tính là khác nhau có ý nghĩa với $p < 0,05$

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Singh và cs (2024), khi sử dụng túi bao quả cho quả vải vàng (sau 15 ngày đậu quả) giúp giảm tỷ lệ

rụng quả xuống còn 9,66%, thấp hơn đáng kể so với nhóm không được bao quả [26].

+ Ảnh hưởng của túi bao quả đến màu sắc vỏ quả

Kết quả thí nghiệm ở hình 7 cho thấy, 2 công thức có bọc quả (túi ĐT và túi ĐL) đều cho vỏ quả có độ sáng cao hơn rõ rệt so với đối chứng không bọc (ĐC). Điều này chứng tỏ việc bọc quả giúp cải thiện chất lượng cảm quan của quả na, giúp bề mặt quả sáng và đồng đều hơn.



Hình 7. Ảnh hưởng của túi bao quả đến màu sắc vỏ quả

(Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng đơn vị tính là khác nhau có ý nghĩa với $p < 0,05$)

Hiệu quả này có thể lý giải do túi bao quả hạn chế tiếp xúc trực tiếp của quả với ánh sáng mặt trời, mưa, bụi bẩn và các tác động cơ học, nhờ đó giảm hiện tượng nám vỏ hoặc xỉn màu. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Zhang và cs (2021), theo đó, kỹ thuật bao quả không chỉ bảo vệ

quả khỏi sâu, bệnh và tổn thương cơ học, mà còn cải thiện màu sắc vỏ, giúp quả đồng đều và hấp dẫn hơn so với nhóm không bao [27].

+ Ảnh hưởng của túi bao quả đến chất lượng quả

Kết quả thí nghiệm ở bảng 4 cho thấy, việc bao túi không làm thay đổi chất lượng của quả, sự chênh lệch ở các công thức là không có ý nghĩa thống kê. Hàm lượng đường tổng số dao động từ 18,15 - 18,62%, hàm lượng vitamin C dao động từ 65,41 - 65,58 (mg/100 g), hàm lượng axit tổng số dao động từ 0,17 - 0,18%.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu chất lượng na sau bao quả

Công thức	Đường tổng số (%)	Vitamin C (mg/100 g)	Axit tổng số (%)
ĐC	18,30 ^a	65,41 ^a	0,18 ^a
Túi ĐL	18,15 ^a	65,46 ^a	0,17 ^a
Túi ĐT	18,62 ^a	65,58 ^a	0,17 ^a

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị có chữ cái khác nhau thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu tổng quan trên một số loại quả như: Táo, nho, cam của Malini và cs (2025), theo đó, biện pháp bao quả thường không làm giảm các chỉ tiêu chất lượng nội tại, đồng thời cải thiện hình thức bên ngoài và độ đồng đều quả [28].

Như vậy, bao quả sau 30 ngày đậu quả không làm suy giảm các đặc tính chất lượng chính của quả na, đồng thời góp phần giảm tỷ lệ nhiễm sâu, bệnh so với đối chứng không bao.

4. KẾT LUẬN

Quy trình công nghệ sản xuất túi bao quả chuyên dụng cho cây na đã được xây dựng, sử dụng vật liệu chính là màng thổi LDPE kết hợp với các phụ gia chức năng như chất ổn định quang (HALS), chất chống oxy hóa (Irganox), phụ gia chống đọng sương (Atmer 103), silica, Palmowax.

Kết quả thử nghiệm bao quả trên giống na dai tại huyện Chi Lăng, tỉnh Lạng Sơn cho thấy, bao quả sau 30 ngày đậu quả giúp giảm đáng kể tỷ lệ rụng quả từ 26,1% xuống 14,27% và tỷ lệ nhiễm sâu

bệnh từ 40,02% xuống 14,94% so với đối chứng không bao, đồng thời cải thiện hình thái quả (chiều cao, đường kính, khối lượng quả) và tăng độ sáng, tính thẩm mỹ của vỏ quả. Các chỉ tiêu hóa sinh (hàm lượng đường tổng, vitamin C, axit tổng số) không có sự khác biệt so với đối chứng không bao quả.

Kết quả này cho thấy, túi bao quả là biện pháp đơn giản, hiệu quả và thân thiện với môi trường, có khả năng nâng cao giá trị thương phẩm và đáp ứng yêu cầu sản xuất na an toàn, bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Dũng, Lê Thị Hoa (2016). Ảnh hưởng của điều kiện khí hậu đến sâu, bệnh hại trên cây ăn quả tại miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 14(3): 112 - 118.
2. Trần Thị Ngọc Lan, Nguyễn Thị Mai Hương (2020). Nghiên cứu ứng dụng biện pháp bao quả trong sản xuất na an toàn. *Tạp chí Bảo vệ Thực vật*, 4: 25 - 30.
3. Cục Thống kê tỉnh Lạng Sơn (2024). *Niên giám thống kê tỉnh Lạng Sơn 2023*. Nxb Thống kê
4. Sharma R.R., Singh D., Singh R. (2014). Fruit bagging - a useful approach for improving fruit quality and reducing pesticide residue. *Asian Journal of Horticulture*, 9(2): 473 - 476.
5. Amarante C. V. T., Steffens C. A., Mafra A. L. (2002). Fruit bagging in apples: A strategy to reduce pesticide residue and improve fruit quality. *Acta Horticulturae*, 594: 195 - 200.
6. Lin L., Zhou C., Yang H. *et al.* (2020). Effect of bagging on appearance and nutritional quality of loquat fruit. *Scientia Horticulturae*, 265: 109248.
7. Wei Y. Z., Hu F. L., Hu G. B. (2011). Effect of bagging on fruit development and quality in guava (*Psidium guajava* L.). *Journal of Fruit Science*, 28(6): 1054 - 1060.
8. Singh S., Pathak R. K. (2013). Effect of different types of bagging material on fruit quality and incidence of fruit fly in guava. *Indian Journal of Horticulture*, 70(3): 427 - 430.
9. Schirmer M. A., Lang G. H., Carbonera F., Maciel M. A. M. (2021). Advances in polymeric

films with functional additives for fruit preservation. *Polymers*, 13(6): 935.

10. Kiran A. S., Kavitha C., Soorianathasundaram K., Sritharan N. (2020). Impact of fruit bagging with different coloured non-woven polypropylene bags on yield attributes in grapes. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 39(4): 359 - 362.

11. Wang W., Li J., Liu Y. *et al.* (2021). Effect of polyethylene bag thickness on litchi pericarp browning and anthocyanin metabolism during cold storage. *Shipin Gongye Keji*, 42(10): 109 - 115.

12. Pattnaik D., Raju P. J. (2012). Effect of different bagging materials on quality of custard apple (*Annona squamosa* L.). *Orissa Journal of Horticulture*, 40(1): 87 - 91.

13. Nuanlaong S., Pichayangkura R., Khunwasi C. (2015). The effects of fruit bagging on quality of sugar apple (*Annona squamosa* L.) under tropical conditions. *International Journal of Agricultural Technology*, 11(7): 1747 - 1756.

14. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8977: 2011: Thực phẩm - Xác định Vitamin C bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

15. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4594:1988. Đồ hộp - Phương pháp xác định đường tổng số, đường khử và tinh bột.

16. AOAC Official Method 942.15: Acidity (Titratable) of Fruit Products.

17. Treece, M. A., Zhang, W., Moffitt, R. D., & Oberhauser, J. P. (2007). Twin-screw extrusion of polypropylene-clay nanocomposites: Influence of masterbatch processing, screw rotation mode, and sequence. *Polymer Engineering & Science*, 47(6), 898 - 911.

18. Badgujar, S., Asthana, S., Kanawade, R., & Panda, S. R. (2024). Blown film extrusion process for polybags: Technical overview and applications. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 14(4)

19. Santosh, D. T., Patil, H. M., & Deshmukh, P. (2017). Banana bunch covers for quality banana production - A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 1275 - 1291

20. Ali, M., Rehman, A., & Khan, S. (2024). Effect of perforated low-density polyethylene films on postharvest quality of avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 206, 112537

21. Paulus, D., Ferreira, S. B., Becker, D. (2021). Preservation and post-harvest quality of okra using low-density polyethylene films. *AIMS Agriculture and Food*, 6(1), 321 - 336

22. Bộ Nông nghiệp và PTNT (2025). Nghiên cứu công nghệ sản xuất sản xuất túi bao quả trên cây, ứng dụng phù hợp với điều kiện canh tác và khí hậu Việt Nam. Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài cấp Bộ.

23. Trần Như Ý, Đào Thanh Vân, Nguyễn Thế Huân (2000). *Giáo trình Cây ăn quả (xuất bản lần thứ 2)*. Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên.

24. Ali, M. M., Anwar, R., Yousef, A. F., Li, B., Luvisi, A., De Bellis, L., Aprile, A., & Chen, F.. (2021). Influence of bagging on the development and quality of fruits. *Plants*, 10(2), 358.

25. Mondal, M.%F., Ahmed, T., Hasan, M.%M., Hassan, K.%D., Ahmed, J.%D., Ahmed, K.%S.%D., & Azam, A. (2021). Fruit bagging of custard apple (*Annona reticulata*) as an eco-friendly protection approach against mealybug (*Phenacoccus solenopsis*) infestation in the North-Eastern Bangladesh. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 723 - 732.

26. Singh, G., Bahadur, V., Mishra, Saket. (2024). Effect of different bagging materials on fruit growth, yield and quality attributes of guava (*Psidium guajava* L.) cv Allahabad Safeda. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(5S), 29 - 32.

27. Zhang, Q., Zhang, C., Wu, T., & Alfei, B. (2021). Influence of bagging on the development and quality of Fruits. *Nutrients*, 13(3), 725.

28. Malini, K., Kumar, A., Mishra, D., Madineni, M., Das, R., Khanra, B., & Mani, A. (2025). The impact of pre-harvest fruit bagging on quality and post-harvest performance: A comprehensive review. *International Journal of Research in Agronomy*, 8(5), 199 - 209

STUDY OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY AND EVALUATION OF FRUIT BAG EFFECTIVENESS FOR SUGAR APPLE (*Annona squamosa* L.) IN CHI LANG DISTRICT, LANG SON PROVINCE

La Manh Tuan¹, Pham Cao Thang¹, Pham Minh Tuan¹

¹ *Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post Harvest Technology*

Abstract

The objective of this study was to develop a technological process for producing specialized fruit bags for sugar apple (*Annona squamosa* L.), using LDPE film blended with functional additives (HALS, Irganox, Atmer 103, silica, Palmowax, and a masterbatch carrier). The bagging experiment was conducted on a sugar apple variety in Chi Lang district (Lang Son province) with three treatments: Unbagged (control), bagged with Taiwanese bags and bagged with experimental bags developed in this study. Each treatment was replicated three times with 15 trees per replicate. Results indicated that bagging at 30 days after fruit set, reducing fruit drop rate from 26.10% to 14.27% and pest/disease infestation rate from 40.02% to 14.94%. Bagged fruits exhibited larger size and weight, brighter skin color, while their nutritional composition did not differ significantly from the control. These findings confirm that fruit bagging is an effective solution for protecting sugar apple and enhancing their market value under safe and sustainable cultivation conditions.

Keywords: *Fruit bags, sugar apple (*Annona squamosa* L.), LDPE film, bagging time.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 01/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 18/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ, THIẾT BỊ SƠ CHẾ, XỬ LÝ, BẢO QUẢN XOÀI, THANH LONG, CHANH DÂY VÀ BƯỞI

Lê Minh Hùng^{1,*}, Trần Thị Kim Oanh¹, Nguyễn Vĩnh Phúc¹,

Lê Thư Lâm¹, Nguyễn Hoài Nam¹, Đào Vĩnh Hưng¹

¹Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

* Email: hungle.siaep@gmail.com

TÓM TẮT

Kết quả nghiên cứu trình bày tổng quan về công nghệ và thiết bị sau thu hoạch nhằm kéo dài thời gian bảo quản, nâng cao chất lượng và giá trị quả tươi, đặc biệt là xoài, thanh long, chanh dây và bưởi được xem là các loại quả chủ lực trong xuất khẩu của Việt Nam. Các thiết bị và công nghệ cho các công đoạn sơ chế, xử lý và bảo quản các loại quả như: Xác định chỉ số thu hoạch, phân loại, rửa, xử lý nước nóng, phủ màng, đóng gói và bảo quản lạnh đã được nghiên cứu và ứng dụng nhằm hạn chế hư hỏng, giảm tổn thất sau thu hoạch. Kết quả nghiên cứu minh họa cho các hệ thống thiết bị và công nghệ sau thu hoạch đối với 4 loại quả trên, đã góp phần cải tiến các quy trình công nghệ xử lý sau thu hoạch để đáp ứng tiêu chuẩn xuất khẩu và phát triển bền vững chuỗi cung ứng trái cây Việt Nam.

Từ khóa: Xoài, thanh long, chanh dây, bưởi, chỉ số thu hoạch, xử lý nước nóng, phủ màng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh nhu cầu tiêu thụ trái cây tươi ngày càng gia tăng và chuỗi cung ứng ngày càng mở rộng, việc kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch đang trở thành một thách thức lớn đối với ngành nông nghiệp và công nghiệp thực phẩm. Để đáp ứng yêu cầu này, nhiều công nghệ tiên tiến đã và đang được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng rộng rãi nhằm duy trì chất lượng, giá trị dinh dưỡng cũng như kéo dài thời gian bảo quản của trái cây. Việc kết hợp thiết bị và công nghệ sau thu hoạch cho trái cây đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm, kéo dài thời gian bảo quản và giảm thiểu tổn thất. Các thiết bị như: Máy rửa, máy phân loại tự động, hệ thống xử lý nhiệt (nước nóng hoặc hơi nước), máy phun màng phủ và thiết bị bảo quản lạnh được tích hợp đồng bộ nhằm đảm bảo quy trình xử lý hiệu quả và tiết kiệm nhân lực. Ngoài ra việc áp dụng công nghệ kiểm soát khí quyển (CA), điều chỉnh khí quyển bằng bao bì MAP và ứng dụng các chất ức chế ethylene như 1-MCP giúp điều chỉnh quá trình hô hấp và làm chậm sự lão hóa của trái cây. Việc

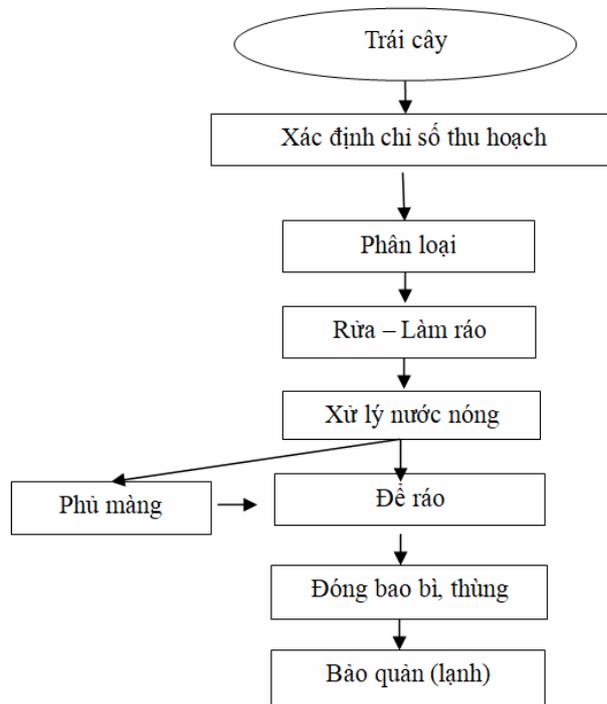
tích hợp các công nghệ trên một cách linh hoạt, phù hợp với từng loại quả cụ thể sẽ góp phần tối ưu hóa hiệu quả bảo quản, giảm chi phí, giảm thiểu thất thoát và nâng cao giá trị sản phẩm và cải thiện sự bền vững trong chuỗi cung ứng trái cây hiện đại.

Việt Nam hiện là một trong những quốc gia sản xuất và xuất khẩu trái cây hàng đầu thế giới, với diện tích và sản lượng lớn của nhiều loại quả chủ lực như: Xoài, thanh long, chanh dây và bưởi. Xoài được trồng trên hơn 115.000 ha, chủ yếu ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đặc biệt tập trung tại các tỉnh như: Đồng Tháp, Tiền Giang, An Giang (nay là tỉnh Đồng Tháp và An Giang), những vùng nguyên liệu chủ lực cung cấp xoài Cát Chu xuất khẩu, cho sản lượng gần 969.000 tấn/năm; Việt Nam đứng thứ 13 thế giới về xuất khẩu xoài, với hơn 40 quốc gia nhập khẩu, giá trị xuất khẩu năm 2021 đạt trên 180 triệu USD, tập trung chủ yếu vào thị trường Trung Quốc (84%) cùng các thị trường Nga, Mỹ, Hàn Quốc, EU, Úc và Nhật Bản [1, 2]. Thanh long có diện tích khoảng 55.000 ha, tập trung tại các tỉnh: Bình

Thuận, Long An và Tiền Giang (nay là tỉnh: Lâm Đồng, Tây Ninh, Đồng Tháp) với sản lượng từ 1,2 - 1,4 triệu tấn mỗi năm; thị trường xuất khẩu lớn nhất là Trung Quốc, chiếm 68% giá trị xuất khẩu, tuy nhiên xuất khẩu thanh long đã giảm từ 1,3 tỷ USD năm 2018 xuống còn khoảng 574 triệu USD năm 2023 [3]. Chanh dây với diện tích cả nước năm 2025 khoảng 10.400 ha, sản lượng đạt khoảng 163.400 tấn, tập trung ở vùng Tây Nguyên và miền Trung, trong đó 80% sản lượng được xuất khẩu sang châu Âu, Trung Quốc và Mỹ; giá trị xuất khẩu năm 2023 vượt 222 triệu USD [4]. Hiện nay, tổng diện tích trồng bưởi trên cả nước đạt trên 100.000 ha, cho sản lượng ước tính khoảng 900.000 tấn/năm. Trong đó, khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) chiếm khoảng 32.000 ha, tương ứng sản lượng khoảng 370.000 tấn, được xác định là một trong những vùng sản xuất bưởi trọng điểm của cả nước. Các giống bưởi đặc sản có giá trị kinh tế cao và tiềm năng xuất khẩu lớn bao gồm: Bưởi Da xanh, bưởi Năm Roi và bưởi Tân Triều [5]. Mặc dù có tiềm năng xuất khẩu lớn, ngành trái cây Việt Nam đang đối mặt

với nhiều thách thức về cạnh tranh quốc tế, tiêu chuẩn chất lượng và biến đổi khí hậu. Do đó, việc nâng cao chất lượng sản phẩm, đa dạng hóa thị trường và ứng dụng công nghệ tiên tiến trong sản xuất và bảo quản là yếu tố then chốt để duy trì và phát triển ngành nông nghiệp [6].

Kết quả nghiên cứu này tập trung vào các nghiên cứu về công nghệ và thiết bị sơ chế, xử lý và bảo quản 4 loại quả, thanh long (vỏ đỏ ruột trắng) trồng ở tỉnh Long An (nay là tỉnh Tây Ninh), xoài (giống Cát Chu) ở tỉnh Đồng Tháp, bưởi (giống bưởi da xanh) ở tỉnh Bến Tre (nay là tỉnh Vĩnh Long) và chanh dây (giống vỏ màu tím) ở tỉnh Gia Lai đã được Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch thực hiện trong thời gian gần đây nhằm góp phần phát triển nghiên cứu khoa học và ứng dụng vào trong sản xuất cho doanh nghiệp đáp ứng được các yêu cầu ngày càng cao của các thị trường quốc tế về chất lượng và tính phát triển bền vững. Quy trình tổng hợp ứng dụng các công nghệ trong bảo quản trái cây sau thu hoạch được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình sơ chế, xử lý và bảo quản trái cây [7]

2. CHỈ SỐ THU HOẠCH QUẢ

Chỉ số thu hoạch quả là các tiêu chí hoặc chỉ số sinh lý, hóa học, hoặc hình thái được sử dụng để xác định thời điểm thu hoạch tối ưu của trái cây

nhằm đảm bảo chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản. Những chỉ số này thường liên quan đến độ chín sinh lý và độ chín thương phẩm của trái cây. Quả có thể chia làm 2 nhóm chính dựa vào hoạt

động hô hấp và sản sinh ethylene trong quá trình chín. Đối với trái cây có đỉnh hô hấp (Climacteric fruits), sau khi đạt độ chín sinh lý, hô hấp tăng đột biến (gọi là đỉnh hô hấp), kèm theo sự sản sinh mạnh ethylene tiếp tục chín sau khi thu hoạch. Có thể thu hoạch trước khi chín hoàn toàn, miễn là đạt độ chín sinh lý. Quả không có đỉnh hô hấp (Non-climacteric fruits), không tiếp tục chín sau khi thu hoạch [7].

Xoài thuộc nhóm quả có đỉnh hô hấp, quả chín nhanh sau khi thu hoạch nên gây khó khăn trong bảo quản và tiêu thụ. Chỉ số thu hoạch quả xoài dựa vào kinh nghiệm của người nông dân đối với các chỉ tiêu màu sắc thịt quả, ngày nở hoa, kích cỡ, hình dạng quả, màu phần trên quả, màu sắc vỏ và thịt quả, độ Brix, độ axit, độ cứng thịt quả. Đối với xoài Cát Chu thu hái ở độ Brix từ 10,5 - 11,5°Bx, không vết nấm, bệnh, côn trùng, sạch, hình dạng đẹp, vỏ xanh sáng đều 95% và láng, không tổn thương cơ giới, vết thâm, đổi màu vàng, cháy nắng, phun hóa chất. Chọn quả chìm khi thả trong nước dựa theo khối lượng riêng của quả xoài. Xoài Cát Chu khi chín già có hình má bầu, vai trái nhô cao trên gân cuống, màu vỏ chuyển từ xanh đậm sang xanh nhạt, 75% mặt cắt dọc thịt quả màu vàng, mũ thay đổi từ chất lỏng nhớt trắng đục sang trong suốt. Hiện nay, đa số nhà vườn đã bao quả nên việc quan sát màu sắc, hình dạng quả khó thực hiện, do đó chỉ số thu hoạch được áp dụng phổ biến là đếm số ngày sau khi ra hoa, xoài Cát Chu được thu hoạch khoảng 105 - 120 ngày sau nở hoa [8].

Đối với quả thanh long, do hạn chế cơ sở vật chất, vốn và trình độ kỹ thuật, nên thương lái chỉ thuê công lao động thu hái thanh long, tập kết và phân loại sơ qua dựa vào hình dáng kích thước bên ngoài: Loại 1 là những quả trên 300 g không bị xù xì, không bị sâu; loại 2 là những quả dưới 300 g, bán lại cho những vựa phân phối tiêu thụ trong nước. Về màu sắc, vỏ quả bắt đầu chuyển đỏ từ ngày thứ 25 và đạt màu đỏ hoàn toàn vào ngày thứ 30 sau khi hoa nở. Thông thường độ chín thu hoạch thanh long ruột trắng là ở thời điểm 30 - 34 ngày sau hoa nở. Độ chín thu hoạch thanh long ruột đỏ ở thời điểm 29 - 32 ngày sau hoa nở. Độ chín thu hoạch thanh long tím hồng ở thời điểm 30

- 33 ngày sau hoa nở [9]. Độ ngọt (độ Brix) có thể đạt tối đa 14,1% vào khoảng ngày thứ 40. Thanh long đạt độ chín thu hoạch khi vỏ dễ bóc, thịt quả có màu trắng hoặc đỏ tùy giống, vị ngọt thanh, không chua và mùi thơm đặc trưng; độ axit thấp góp phần làm tăng vị ngọt và kéo dài khả năng bảo quản. Đối với thị trường xuất khẩu, quả cần đạt yêu cầu về khối lượng, màu sắc đồng đều, không trầy xước, tai lá còn xanh tươi, không có dấu hiệu sâu, bệnh và không chứa tồn dư thuốc bảo vệ thực vật vượt mức cho phép. Trong khi đó, quả thanh long tiêu thụ nội địa thường được thu hoạch muộn hơn để quả phát triển to hơn và có độ ngọt cao hơn, phù hợp với thị hiếu người tiêu dùng trong nước.

Chanh dây là quả có đỉnh hô hấp nên có thể chín tiếp sau thu hoạch. Màu sắc vỏ quả là chỉ tiêu chủ yếu được sử dụng để xác định độ chín thu hoạch của chanh dây. Ngoài ra, chỉ tiêu kích cỡ, hình dạng quả và số ngày sau khi nở hoa cũng được sử dụng để xác định độ chín thu hoạch quả. Thông thường, chanh dây tím được thu hoạch sau khoảng 3 tháng (tương đương 90 ngày) kể từ khi ra hoa hoặc sau 2 tháng (tương đương 61 - 70 ngày) từ ngày đậu quả. Chanh dây tím được thu hoạch khi quả chuyển màu trên 50% [10], khi chín, vỏ quả chuyển sang màu tím đậm hoặc đỏ tươi tùy theo giống, quả có độ mềm nhẹ khi bóp và tỏa ra mùi thơm đặc trưng. Khối lượng trung bình mỗi quả dao động từ 50 - 100 g. Về chất lượng, chanh dây tím đạt chất lượng tốt nhất khi độ Brix khoảng 17 - 18%, trong khi độ axit thấp khoảng 4,1% giúp quả có mùi thơm, vị chua nhẹ và khả năng bảo quản tốt hơn [11, 12]. Đối với thị trường xuất khẩu, quả cần có màu sắc đồng đều, không trầy xước, không sâu, bệnh và không chứa tồn dư thuốc bảo vệ thực vật vượt mức cho phép. Trong khi đó, sản phẩm tiêu thụ nội địa có thể được thu hoạch muộn hơn để tăng kích thước và độ ngọt, phù hợp với thị hiếu người tiêu dùng trong nước.

Chỉ số thu hoạch bưởi thường được xác định dựa trên nhiều yếu tố khác nhau, trong đó phần lớn nông hộ dựa vào kinh nghiệm quan sát kích cỡ và hình dáng quả, còn lại xác định thời điểm thu hoạch dựa trên số ngày kể từ khi ra hoa, thường là khoảng 220 - 230 ngày (tương đương 7 - 8 tháng).

Khối lượng trung bình của quả dao động từ 1,2 - 2,5 kg/quả, với vỏ chuyển từ màu xanh sang xanh ngả vàng khi chín [13]. Quả đạt độ chín khi vỏ mỏng, dễ bóc, múi có màu hồng, vị ngọt thanh, không chua và có mùi thơm đặc trưng; khi dùng tay ấn nhẹ vào đáy quả sẽ cảm nhận được độ lún nhất định. Về tiêu chuẩn chất lượng, độ Brix tối thiểu đạt trên 10% để đáp ứng yêu cầu xuất khẩu sang EU và thị trường quốc tế, trong khi thị trường nội địa chấp nhận mức từ 8,5% trở lên. Độ dày vỏ thường dưới 2 cm. Về thành phần dinh dưỡng, bưởi ở thời điểm 7,5 tháng tuổi có hàm lượng vitamin C cao nhất, đạt 594 mg/100 g, đồng thời có độ axit thấp nhất là 0,59%; so với bưởi 7 tháng tuổi, hàm lượng vitamin C là 588 mg/100 g và độ axit là 0,81% [13].

3. SƠ CHẾ TRÁI CÂY

Quy trình sơ chế và bảo quản trái cây sau thu hoạch thường tuân theo các bước chính: Phân loại, rửa sạch và vệ sinh quả rồi làm khô bề mặt sau đó xử lý nước nóng hoặc nhúng vào dung dịch bảo quản hoặc phủ lớp màng thích hợp nhằm hạn chế mất nước, điều hòa quá trình hô hấp và ức chế sản sinh ethylen, trước khi đưa vào bảo quản lạnh [14].

3.1. Phân loại

Phân loại và phân cỡ quả là một công đoạn hậu thu hoạch quan trọng trong chuỗi giá trị nông sản. Mục tiêu chính là đảm bảo sự đồng đều về kích thước, chất lượng và hình thức của quả để đáp ứng yêu cầu thị trường (tiêu dùng trong nước, xuất khẩu, chế biến...). Quá trình phân loại quả có thể được tiến hành ngay sau khi thu hoạch hoặc tích hợp trong hệ thống làm sạch và vệ sinh quả. Trong thời kỳ chính vụ, tiêu chí phân loại chủ yếu dựa trên màu sắc của quả, trong khi ở giai đoạn đầu và cuối vụ, việc phân loại thường ưu tiên dựa vào các thông số vật lý như khối lượng và kích thước.

Xoài được phân loại theo hình dạng, kích cỡ và khối lượng theo 10 TCN 778:2006 [15]. Tiêu chuẩn phân loại xoài Cát Chu: Loại 1: > 250 g, da đẹp, trái suôn; loại 2: 200 - 250 g, da đẹp; loại 3: < 200 g, hoặc da xấu, bị cắn dập.

Trong khi đó, phân loại thanh long bằng thủ công chủ yếu dựa vào cảm quan để đánh giá các đặc điểm ngoại quan như màu sắc vỏ quả (xanh,

đỏ hồng hoặc vàng), độ đồng đều và tươi xanh của tai quả, cũng như phát hiện các tổn thương cơ học hoặc dấu hiệu sâu, bệnh. Tại một số cơ sở có điều kiện trang thiết bị hiện đại, phương pháp phân loại bán tự động hoặc tự động được áp dụng với sự hỗ trợ của băng chuyền, cảm biến khối lượng và đôi khi tích hợp hệ thống camera xử lý hình ảnh nhằm phân loại theo kích thước, khối lượng (thường từ 300 g trở lên đối với tiêu chuẩn xuất khẩu) và màu sắc quả để chọn lọc lại những quả đủ tiêu chuẩn như: Quả tươi, chín đỏ đều, tai trái xanh cứng, không có dấu hiệu của nấm bệnh hay côn trùng. Sau đó thanh long được phân loại theo khối lượng tùy thuộc vào từng thị trường mục tiêu. Khối lượng quả thanh long cho thị trường tiềm năng như sau [10]: Thị trường Nhật Bản: 350 - 500 g/quả; thị trường Hàn Quốc: 500 - 600 g/quả; thị trường Úc, New Zealand: 350 - 500 g/quả; thị trường Đài Loan: > 500 g/quả.

Trong khi đó, phương pháp kiểm tra chất lượng và phân loại chanh dây đang áp dụng chủ yếu hiện nay là dựa vào mức độ nấm bệnh, màu sắc, khối lượng quả, hình dáng và kích cỡ, độ chín, độ nhăn và tổn thương cơ học. Cơ sở thu mua sẽ dựa vào các chỉ tiêu trên để phân loại ra chanh dây tiêu thụ nội địa, chanh dây cho Công ty chế biến, chanh dây xuất khẩu Trung Quốc và châu Âu. Chanh dây xuất khẩu châu Âu ngoài các tiêu chí chất lượng trên còn phải đảm bảo dư lượng thuốc bảo vệ thực vật trong giới hạn cho phép và chủ yếu sử dụng các thuốc và chế phẩm sinh học.

Đối với quả bưởi, quy trình phân loại nhằm loại bỏ các quả có hình dạng bất thường, màu sắc không đạt chuẩn, bị tổn thương cơ học, nhiễm bệnh hoặc có các khuyết tật ngoại quan khác. Đồng thời, lựa chọn những quả đạt yêu cầu về hình thái, kích thước và độ chín đồng đều là cần thiết nhằm đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật trong chuỗi cung ứng. Các tiêu chí phân loại cụ thể bao gồm: Vỏ quả có màu xanh đồng nhất, hình dạng tròn đều, không bị dập nát, hư hỏng hay thâm đen; bề mặt vỏ mỏng, mịn, độ căng tốt và các túi tinh dầu phân bố đều trên bề mặt. Khối lượng quả cần đạt trong khoảng từ 1 - 2 kg, tùy theo yêu cầu và quy cách kỹ thuật của từng thị trường tiêu thụ [13].

3.2. Xử lý mủ (nhựa quả)

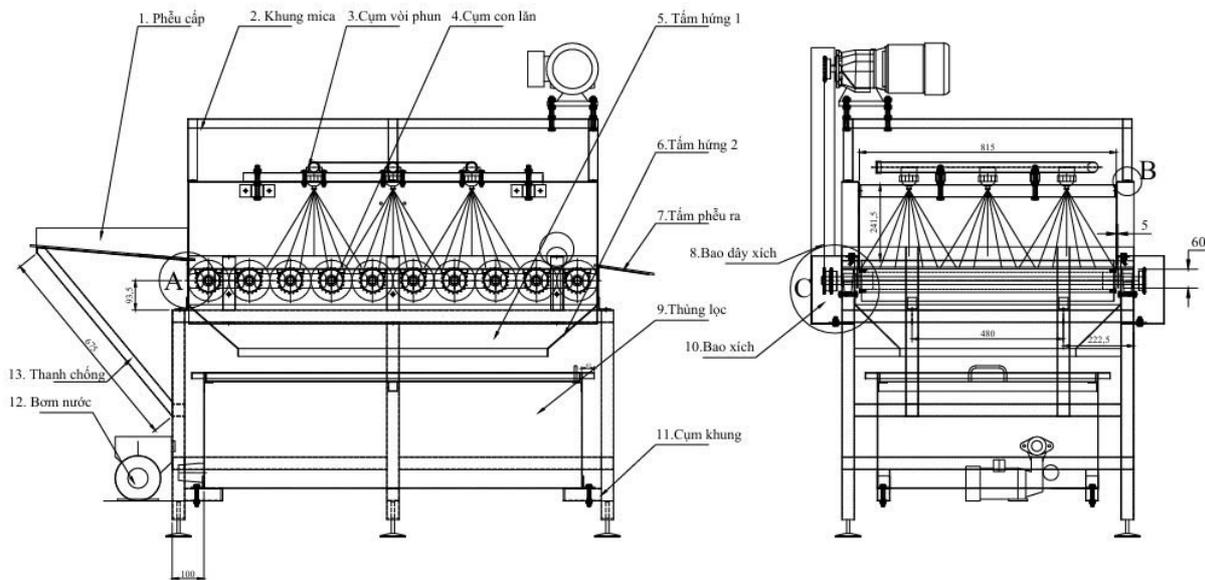
Xử lý mủ quả là công đoạn cần thiết đối với các loại quả có nhựa hoặc mủ như xoài, măng cầu, mít, chuối... nhằm loại bỏ các hợp chất gây bẩn vỏ, ảnh hưởng đến cảm quan, làm thâm vỏ hoặc tăng nguy cơ nhiễm vi sinh vật. Xử lý mủ có thể được thực hiện tại vườn ngay sau khi thu hoạch hoặc tại cơ sở đóng gói. Cần thao tác đúng để không gây cháy mủ trên vỏ quả. Quả xoài cần phải được xử lý mủ bằng việc giữ cho phần cuống hướng xuống dưới, bẻ ngược cuống, úp quả để nhựa cây chảy ra khỏi quả trong khoảng 20 - 30 giây, sau đó cho quả vào dung dịch nước vôi nồng độ 0,5% hoặc dung dịch rửa mủ xoài chuyên dụng để trung hòa độ axit trong 2 phút trước khi cho vào sọt để làm khô. Hoặc sau khi bẻ cuống quả có thể được đặt hướng cuống xuống giá ráo mủ trong khoảng 20 phút để mủ chảy ra khỏi quả [8, 16 - 19]. Các loại quả thanh long, chanh dây và bưởi không cần xử lý mủ.

3.3. Rửa và vệ sinh quả

Việc rửa và vệ sinh quả sau thu hoạch là một bước cực kỳ quan trọng để loại bỏ bụi bẩn, vi sinh vật gây bệnh, dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, các tạp chất khác. Quy trình này giúp đảm bảo an toàn

thực phẩm, kéo dài thời gian bảo quản và nâng cao giá trị thương phẩm của sản phẩm. Sau thu hoạch, quả rất dễ bị lây nhiễm bởi các tác nhân sinh học, hóa học và vật lý. Những tác nhân này có thể làm giảm chất lượng, gây thối hỏng, giảm giá trị thương phẩm và thậm chí gây mất vệ sinh an toàn thực phẩm nếu không được kiểm soát tốt.

Xoài sau xử lý mủ được rửa sạch tạp chất hoặc mủ còn bám trên vỏ, có thể rửa thủ công hoặc dùng máy rửa xoài. Quy trình này góp phần bảo đảm vệ sinh an toàn thực phẩm, hạn chế nguy cơ lây nhiễm chéo trong các công đoạn tiếp theo như xử lý hóa chất, bao gói và bảo quản. Quá trình rửa xoài thường sử dụng bể ngâm hoặc bể sục khí hoặc vòi phun (Hình 2) có bổ sung dung dịch khử trùng, phổ biến nhất là chlorine ở nồng độ 100 - 150 ppm, trong thời gian từ 1 - 2 phút. Sau khi rửa, xoài cần được tráng lại bằng nước sạch để loại bỏ dư lượng hóa chất, sau đó để ráo hoặc làm khô bằng quạt gió trước khi chuyển sang công đoạn xử lý tiếp theo. Việc kiểm soát đúng thời gian và nồng độ chất rửa giúp bảo vệ lớp vỏ xoài, hạn chế hư hỏng cơ học, đồng thời đáp ứng các tiêu chuẩn xuất khẩu về vệ sinh và an toàn thực phẩm [8, 17 - 19].



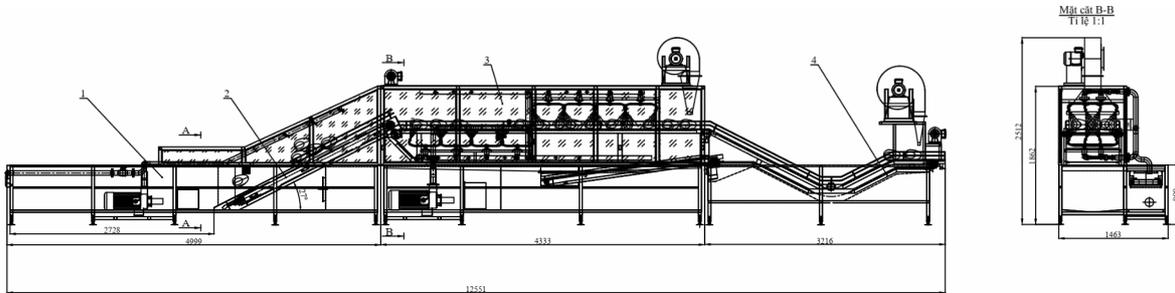
Hình 2. Hệ thống thiết bị rửa quả xoài [20]

Công đoạn rửa quả thanh long góp phần nâng cao vệ sinh an toàn thực phẩm, hạn chế nguy cơ nhiễm chéo trong các khâu tiếp theo và kéo dài thời gian bảo quản. Thông thường, rửa được tiến

hành theo 2 giai đoạn: Vệ sinh sơ bộ bằng nước sạch với vòi áp lực hoặc khăn mềm để loại bỏ tạp chất cơ học; rửa chuyên sâu bằng hệ thống bể sục khí có bổ sung dung dịch khử trùng, phổ biến

nhất là chlorine với nồng độ khoảng 100 - 200 ppm. Thời gian ngâm không vượt quá 2 phút để tránh ảnh hưởng đến chất lượng vỏ. Sau đó, quả được tráng lại bằng nước sạch và đưa qua hệ thống làm ráo hoặc sấy khô bề mặt. Việc sử dụng chlorine ở nồng độ phù hợp giúp kiểm soát tốt vi

sinh vật hiếu khí, nấm men và nấm mốc, đồng thời đảm bảo an toàn cho người tiêu dùng và đáp ứng tiêu chuẩn vệ sinh trong xuất khẩu. Thiết bị rửa quả thanh long được thiết kế, chế tạo và ứng dụng tại các cơ sở đóng gói ở ĐBSCL (Hình 3) [17].



Hình 3. Hệ thống thiết bị rửa quả thanh long [17]

Trong khi đó, việc rửa quả chanh dây có thể được thực hiện thủ công bằng nước sạch kết hợp bàn chải mềm hoặc sử dụng hệ thống thiết bị rửa có trang bị vòi phun áp lực, bể sục khí và dây chuyền vận chuyển. Trong một số mô hình chế biến hiện đại, nước rửa có thể được bổ sung chất khử trùng nhẹ (như chlorine, ozone hoặc nước điện phân hoạt hóa) với nồng độ an toàn, nhằm tăng hiệu quả diệt khuẩn mà vẫn đảm bảo an toàn thực phẩm. Sau khi rửa, chanh dây cần được để ráo nước hoàn toàn trước khi chuyển sang các công đoạn tiếp theo như phân loại, bao gói hoặc bảo quản lạnh [11, 12].

Đối với quả bưởi, công đoạn rửa và vệ sinh là bước quan trọng nhằm loại bỏ các tạp chất bám dính trên vỏ, bao gồm bụi bẩn, dư lượng hóa chất, phân bón và một phần vi sinh vật hoặc nấm bệnh. Quy trình này thường được thực hiện theo 2 bước. Bước đầu là vệ sinh sơ bộ, sử dụng vòi nước hoặc khăn ướt để làm sạch bề mặt quả. Bước tiếp theo là rửa bằng thiết bị chuyên dụng, thường là bể rửa dạng sục khí có sử dụng dung dịch tẩy rửa. Dung dịch được khuyến nghị là chlorine ở nồng độ 200 ppm, với thời gian xử lý không quá 2 phút để đảm bảo an toàn và không ảnh hưởng đến chất lượng quả. Sau khi rửa, quả bưởi cần được tráng lại bằng nước sạch và làm khô hoàn toàn bề mặt [13].

4. XỬ LÝ BẢO QUẢN TRÁI CÂY

Nhiều phương pháp xử lý sau thu hoạch bằng tác nhân vật lý, hóa học và khí có thể được áp

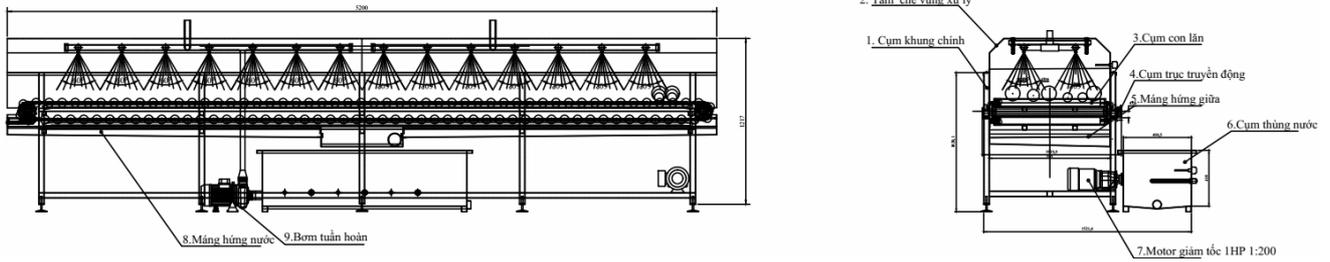
dụng nhằm duy trì chất lượng tươi mới, giá trị dinh dưỡng cao và đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn đối với nông sản tươi. Các phương pháp xử lý sau thu hoạch này thường được kết hợp với việc quản lý nhiệt độ bảo quản một cách phù hợp.

4.1. Xử lý nước nóng

Đối với quả tươi, xử lý nhiệt đã được nghiên cứu như một phương pháp thay thế cho các biện pháp xử lý hóa học sau thu hoạch. Xử lý nước nóng (hot water treatment – HWT) là một biện pháp sau thu hoạch được áp dụng phổ biến đối với quả xoài nhằm kiểm soát sinh vật gây hại, một phần các côn trùng gây hại như ruồi đục quả (*Bactrocera* spp.) và một số nấm bệnh gây thối vỏ trong quá trình bảo quản và vận chuyển. Phương pháp này đồng thời giúp kéo dài thời gian bảo quản, duy trì chất lượng cảm quan và đáp ứng các tiêu chuẩn kiểm dịch thực vật của thị trường xuất và nhập khẩu. Quy trình xử lý thường sử dụng nước nóng ở nhiệt độ 52°C trong khoảng 5 phút (Hình 4) để diệt nấm bệnh cho xoài Cát Chu [17 - 20]. Trong một số trường hợp, nước nóng có thể được bổ sung chất điều chỉnh pH như: Axit citric, CaCl₂ hoặc chất diệt nấm nhẹ như NaHCO₃ hoặc bổ sung một số chế phẩm như Syngenta Scholar ở nồng độ 0,2% đã được sử dụng thử nghiệm tại Phân viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch để tăng hiệu quả diệt nấm và tăng hiệu quả xử lý [8]. Sau khi xử lý nhiệt, quả xoài cần được làm nguội nhanh bằng nước mát hoặc để ráo

trong môi trường thông thoáng nhằm tránh làm hư hỏng mô quả. Việc kiểm soát chặt chẽ thời gian và nhiệt độ trong quá trình xử lý là yếu tố then chốt,

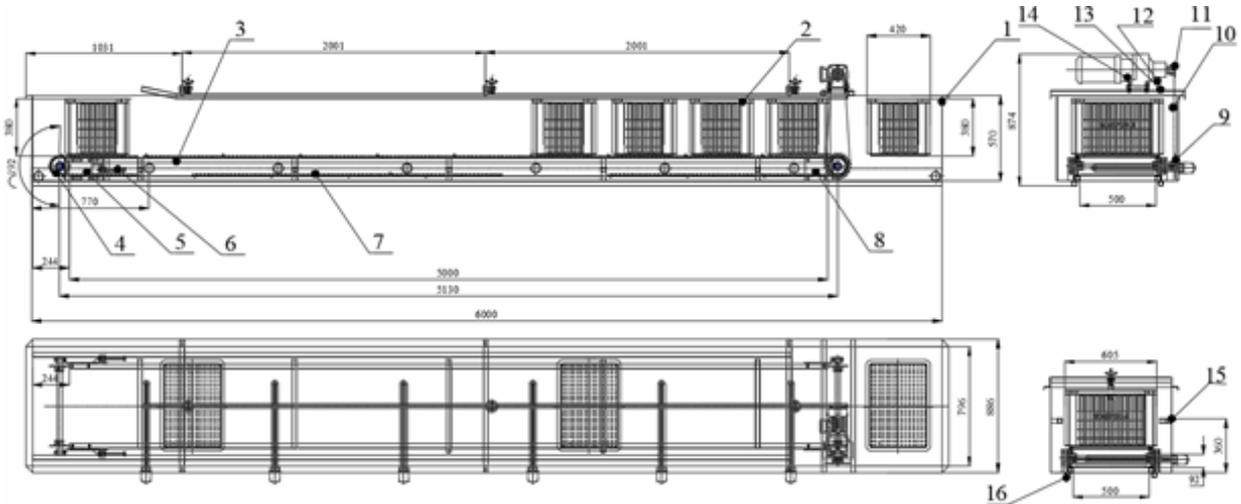
vì nếu vượt quá ngưỡng cho phép có thể gây tổn thương tế bào, làm mềm quả và ảnh hưởng đến chất lượng thương phẩm [20].



Hình 4. Hệ thống xử lý nước nóng cho quả xoài [20]

Trong khi đó, quả thanh long sau khi rửa được đưa vào thiết bị xử lý hóa lý để diệt nấm. Thiết bị hóa lý là thiết bị xử lý nước nóng ở 50°C có pha

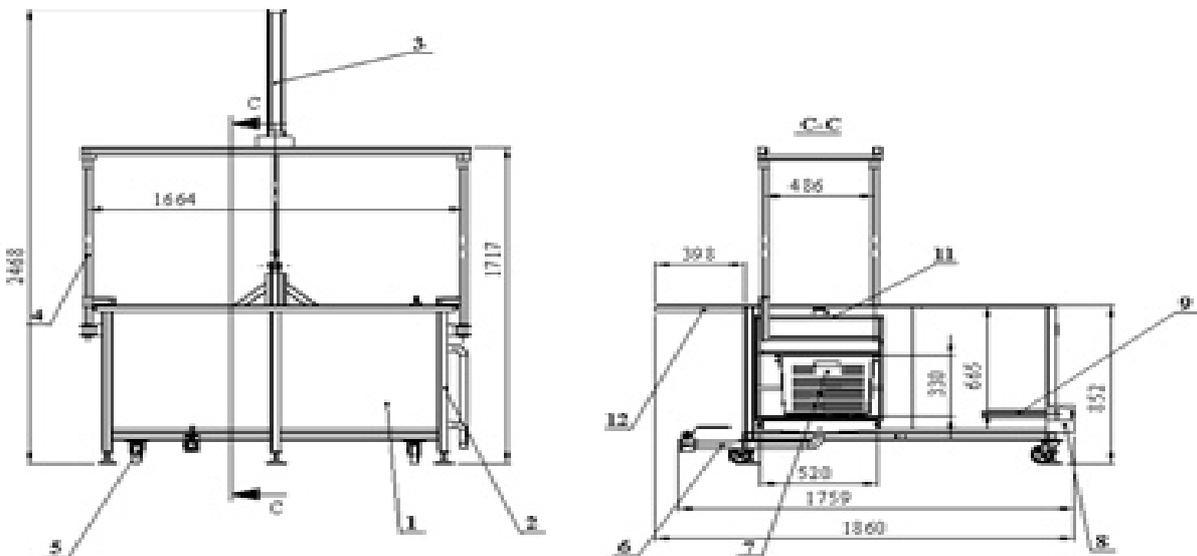
axit citric (pH = 3,5) trong thời gian 12 phút [17]. Thiết bị xử lý nước nóng kết hợp với hóa chất, năng suất 2,5 tấn/giờ được thể hiện ở hình 4 [17].



Hình 5. Hệ thống xử lý nước nóng cho quả thanh long [17]

Quả chanh dây được đưa vào hệ thống xử lý nước nóng bán tự động được cài đặt sẵn tiếp nhận

2 sọt/lần (20 kg/sọt), thời gian xử lý 5 phút (Hình 5) [11].



Hình 6. Hệ thống xử lý nước nóng cho quả chanh dây [11]

Chế độ xử lý nước nóng thích hợp cho quả chanh dây tím là $48,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 5 phút, có khả năng làm hạn chế mức độ nấm bệnh và tỷ lệ hư hỏng do nấm bệnh, giảm hao hụt khối lượng quả, giảm độ nhăn vỏ và duy trì chất lượng quả trong thời gian bảo quản 9 ngày ở điều kiện mát $20 - 25^{\circ}\text{C}$ và 28 ngày ở điều kiện lạnh $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ [11].

4.2. Phủ màng

Lớp phủ màng là những lớp mỏng được phủ lên bề mặt của rau quả tươi nhằm tăng cường lớp sáp biểu bì tự nhiên hoặc thay thế hàng rào tự nhiên khi lớp biểu bì này đã bị loại bỏ. Việc áp dụng lớp phủ ăn được lên bề mặt quả tươi tạo ra một hàng rào cản trở một phần sự di chuyển của hơi ẩm, từ đó giảm thiểu sự mất nước trong quá trình bảo quản sau thu hoạch; tạo ra một hàng rào khí, hình thành bầu khí quyển biến đổi xung quanh sản phẩm, giúp làm chậm quá trình hô hấp, lão hóa và oxy hóa enzyme, đồng thời duy trì màu sắc và kết cấu; giúp giữ lại các hợp chất bay hơi tạo ra hương thơm tự nhiên và ngăn mùi lạ xâm nhập; duy trì độ bền cấu trúc của quả tươi và bảo vệ khỏi tổn thương cơ học; đồng thời đóng vai trò là chất mang cho các hợp chất chức năng hoặc hoạt tính như chất chống oxy hóa và chất kháng khuẩn nhằm duy trì hoặc cải thiện chất lượng và độ an toàn của sản phẩm [21, 22].

Hiện nay, cũng có một số nghiên cứu về chất phủ màng cho xoài như chitosan, sáp ong và một số nguyên liệu mới như: Sự kết hợp giữa natri alginate và dịch trích tảo spirulina/nha đam/guar gum. Hay các chất phủ màng cho thanh long như chitosan, carrageenan, glycerol, nano bạc [21, 23, 24]. Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch cũng đã nghiên cứu chất phủ màng cho chanh dây giúp hạn chế sự xâm nhập của vi sinh vật gây hư hỏng, giảm bay hơi nước làm héo vỏ quả, từ đó duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản. Quả chanh dây được phủ chế phẩm Citrosol EU chứa các thành phần như: Polyethylene và shellac, tạo lớp màng sinh học giúp bảo vệ quả và làm chậm sự thoát hơi nước, bao một lớp mỏng bên ngoài bề mặt quả đồng đều. Sau đó, quả chanh dây được để thoáng cho lớp chế

phẩm khô ráo bám dính vào vỏ quả trước khi đóng thùng, kết quả duy trì được chất lượng quả trong thời gian bảo quản 12 ngày ở điều kiện mát $20 - 25^{\circ}\text{C}$ và 35 ngày ở điều kiện lạnh $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ [11].

Mặc dù kết quả nghiên cứu khá tốt với các chỉ tiêu kỹ thuật của màng rất khả quan để bảo quản cho xoài, thanh long và chanh dây [21, 23, 24, 25, 26]. Tuy nhiên, việc áp dụng vào trong sản xuất thực tế chưa phổ biến và hiệu quả chưa cao. Riêng chất phủ màng cho bưởi lại cho kết quả rất khả quan.

Xử lý phủ màng trên quả bưởi sử dụng chế phẩm Siaep Citrus Wax, một chế phẩm do Phân viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch nghiên cứu sản xuất với thành phần chủ yếu là sáp carnauba có nồng độ 20% là phương pháp hiệu quả nhằm hạn chế quá trình hô hấp, tạo độ bóng và giữ màu xanh tươi của vỏ, từ đó kéo dài thời gian bảo quản và giảm thiểu tỷ lệ hư hỏng. Lượng dung dịch phủ được áp dụng khoảng 0,3 - 0,5 ml/quả hoặc tương đương 0,5 g trên diện tích 25 cm^2 . Sau khi phủ, quả được để khô tự nhiên trong khoảng 5 - 10 phút hoặc sử dụng quạt, thiết bị thổi khô, đồng thời cần thường xuyên trở đều quả để lớp phủ không tích tụ quá nhiều ở một mặt, đảm bảo sự bao phủ đồng đều. Nghiên cứu cho thấy, sử dụng carnauba 20% giúp giảm hao hụt khối lượng quả hiệu quả nhất, chỉ khoảng 4,8% sau 8 tuần bảo quản, so với 28,9% ở mẫu đối chứng không xử lý, đồng thời giữ ổn định màu sắc quả trong suốt thời gian bảo quản [13].

Do sự đa dạng về kích thước và hình dạng của quả, nhiều phương pháp bao màng đã được nghiên cứu và ứng dụng nhằm đảm bảo hiệu quả phủ đều màng sinh học lên bề mặt quả. Các phương pháp này bao gồm: Nhúng, chải, tăng sôi, quay và phun tĩnh điện [21 - 25]. Trong số đó, phương pháp nhúng và phun là 2 kỹ thuật được sử dụng phổ biến nhất nhờ ưu điểm về mặt kỹ thuật, không đòi hỏi hệ thống thiết bị phức tạp, dễ triển khai trong điều kiện sản xuất đa dạng, kể cả ở quy mô nhỏ hoặc tại hiện trường. Các phương pháp này chỉ yêu cầu đáp ứng một số điều kiện cơ bản về nhiệt độ, độ nhớt dung dịch và thời gian xử lý, do đó phù hợp hơn so với các phương pháp tăng sôi, quay

phần giữ nguyên hương vị đặc trưng của bưởi trong suốt thời gian bảo quản [13]. Bên cạnh đó, việc sử dụng vật liệu này còn giảm thiểu đáng kể hao hụt khối lượng quả, nâng cao hiệu quả bảo quản và giá trị kinh tế cho sản phẩm.

4.4. Bảo quản lạnh

Bảo quản lạnh trái cây là một trong những phương pháp phổ biến và hiệu quả giúp kéo dài thời gian bảo quản, duy trì độ tươi ngon, màu sắc và giá trị dinh dưỡng quả sau thu hoạch. Nhiệt độ thấp làm chậm quá trình hô hấp, ức chế sự phát triển của vi sinh vật gây hư hỏng và hạn chế hiện tượng mất nước.

Quả xoài sau khi đóng gói, các thùng xoài được xếp trên pallet và cho vào làm lạnh nhanh đến nhiệt độ bảo quản. Và duy trì trong chuỗi lạnh đến khi xuất hàng. Nhiệt độ làm lạnh từ 10 - 12°C, độ ẩm 85 - 90% xoài Cát Chu duy trì được chất lượng cảm quan trong 21 - 28 ngày, đáp ứng yêu cầu xuất khẩu mà không xuất hiện hiện tượng tổn thương lạnh [8]. Khi xoài được bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn mức chịu đựng sinh lý của nó thì sẽ xảy ra hiện tượng tổn thương lạnh với các triệu chứng như vỏ xoài bị xám, nâu tối hoặc đen sạm, thường xuất hiện thành mảng loang lổ. Mất đi màu xanh đặc trưng hoặc không thể phát triển màu vàng đều khi chín. Vỏ có thể xuất hiện nhiều vết thâm, lõm, các đốm này có thể lan rộng và dẫn đến thối mềm. Thậm chí quả không thể chín, thịt quả có thể bị sượng, nhũn, xanh, hoặc quả có thể chuyển màu vàng hơi sậm, không có mùi vị đặc trưng của xoài chín.

Quả thanh long thường được bảo quản ở nhiệt độ từ 4°C với độ ẩm tương đối cao, khoảng 85 - 90%, để hạn chế quá trình hô hấp và ngăn ngừa mất nước, đồng thời giảm sự phát triển của vi sinh vật gây hại. Nhiệt độ bảo quản quá thấp có thể gây hiện tượng tổn thương lạnh, làm thay đổi cấu trúc và màu sắc vỏ quả. Thời gian bảo quản lạnh phù hợp thường kéo dài 5 tuần, tùy thuộc vào giống và điều kiện thu hoạch [17, 30, 31].

Quả chanh dây được bảo quản ở nhiệt độ 5°C, độ ẩm 85 - 95%, đóng thùng carton. Các thùng chanh dây được đặt trên giá, kệ hoặc pallet trong phòng (kho) bảo quản. Xếp thùng trong kho bảo

quản yêu cầu để khe hở giữa các dãy hàng để đảm bảo độ lưu thông không khí có thể bảo quản 32 - 35 ngày [11].

Bảo quản lạnh quả bưởi được tiến hành ở nhiệt độ tối ưu khoảng 10°C nhằm duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản [13]. Theo các nghiên cứu, quả bưởi có thể được bảo quản trong vòng 8 tuần dưới điều kiện nhiệt độ này mà vẫn giữ được độ tươi và các đặc tính cảm quan. Tuy nhiên, mức độ nhạy cảm của quả bưởi đối với ethylene trong quá trình bảo quản lạnh chưa được xác định rõ ràng, do đó việc kiểm soát khí ethylene cần được nghiên cứu và điều chỉnh phù hợp để tránh ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng sản phẩm.

5. KẾT LUẬN

Hiện nay, công nghệ và thiết bị phục vụ cho quá trình sơ chế, xử lý và bảo quản trái cây sau thu hoạch đã có nhiều bước tiến đáng kể, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm, kéo dài thời gian bảo quản và đáp ứng các yêu cầu khắt khe về an toàn thực phẩm cũng như tiêu chuẩn xuất khẩu. Các phương pháp xử lý truyền thống như rửa, phân loại, làm khô và bao gói đã được cải tiến nhờ sự hỗ trợ của các thiết bị bán tự động và tự động hóa. Đồng thời, nhiều công nghệ hiện đại như xử lý nhiệt (nước nóng, hơi nước nóng), khí quyển điều chỉnh (CA), khí quyển biến đổi (MAP), chiếu xạ, phủ màng sinh học, công nghệ nano, ozone, tia UV, hay điều biến ethylene đang được áp dụng linh hoạt tùy theo từng loại quả và mục đích bảo quản.

Xu hướng hiện nay tập trung vào việc giảm sử dụng hóa chất, tăng cường các phương pháp sinh học và vật lý, hướng đến sản phẩm an toàn, thân thiện môi trường, phù hợp với yêu cầu của thị trường trong và ngoài nước. Bên cạnh đó, việc kết hợp công nghệ xử lý với hệ thống thiết bị phù hợp về quy mô (nhỏ, vừa, lớn), dễ vận hành và tiết kiệm năng lượng cũng là một yếu tố quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả sau thu hoạch. Tuy nhiên, để đạt được hiệu quả tối ưu, cần có sự đầu tư đồng bộ từ khâu nghiên cứu, chuyển giao công nghệ đến đào tạo nguồn nhân lực và xây dựng hệ thống logistics lạnh phù hợp với từng chuỗi giá trị nông sản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo Nhân dân (2024). Áp dụng sản xuất tiên tiến nâng cao giá trị quả xoài, <https://nhandan.vn/ap-dung-san-xuat-tien-tien-nang-cao-gia-tri-qua-xoai-post758307.html>, truy cập ngày 20/4/2025.
2. Thương hiệu và Sản phẩm (2023). Xuất khẩu xoài tăng trưởng mạnh, Việt Nam đứng thứ 13 thế giới, <https://thuonghieusanpham.vn/xuat-khau-xoai-tang-truong-manh-viet-nam-dung-thu-13-the-gioi-79765.html>, truy cập ngày 02/5/2025.
3. VnEconomy (2025). Thanh long chế biến khó tiêu thụ, vẫn chủ yếu xuất khẩu trái tươi, <https://vneconomy.vn/thanh-long-che-bien-kho-tieu-thu-van-chu-yeu-xuat-khau-trai-tuoi.htm>, truy cập ngày 01/6/2025.
4. Báo Đầu tư (2024). Chanh dây được kỳ vọng sớm tiến vào nhóm trái cây tỷ USD, <https://baodautu.vn/chanh-day-duoc-ky-vong-som-tien-vao-nhom-trai-cay-ty-usd-d334744.html>, truy cập ngày 10/5/2025.
5. Báo VTV (Ban Thời sự) (2024). Tiềm năng xuất khẩu trái bưởi vào Hàn Quốc, <https://vtv.vn/kinh-te/tiem-nang-xuat-khau-trai-buoi-vao-han-quoc-20240807101643051.htm>, truy cập ngày 15/5/2025.
6. Nông nghiệp Hữu cơ Việt Nam (2025). Ngành nông nghiệp đổi mới thách thức mới từ thị trường xuất khẩu, <https://nongnghiephuucovietnam.vn/nganh-nong-nghiep-doi-mat-thach-thuc-moi-tu-thi-truong-xuat-khau-4797.html>, truy cập ngày 30/5/2025.
7. Lê Thị Bích Phương, Tô Nguyễn Phước Mai, Nguyễn Văn Ấy, Nguyễn Văn Mười (2021). Ứng dụng công nghệ tiên tiến để kéo dài thời gian bảo quản trái cây. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 57: 32 - 47. DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.004.
8. Trần Thị Kim Oanh, Lê Minh Hùng, Đặng Thị Sáu, Nguyễn Vĩnh Phúc, Lâm Đông Phố, Ngô Văn Bình, Đào Vĩnh Hưng (2017). Nghiên cứu hoàn thiện quy trình công nghệ và thiết kế hệ thống thiết bị để sơ chế, xử lý, bao gói và bảo quản quả xoài phục vụ nội tiêu và xuất khẩu. Báo cáo đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT.
9. Trần Danh Sửu (Chủ biên), Nguyễn Văn Hòa, Võ Hữu Thoại, Trần Thị Oanh Yến, Phạm Thị Xuân, Nguyễn Ngọc Thi, Nguyễn Văn Sơn, Nguyễn Thành Hiếu, Đặng Thị Kim Uyên, Lê Quốc Điền, Trần Thị Mỹ Hạnh, Đặng Thùy Linh, Nguyễn Văn Phong, Nguyễn Thanh Tùng (2017). *Kỹ thuật trồng và chăm sóc cây thanh long*. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam - Trung tâm Khuyến nông Quốc gia. ISBN: 978-604-9803-09-3.
10. San Tram Anh, Le Minh Hung (2020). Effects of different maturity stages on the quality of purple passion fruit. *Journal of Technology & Innovation*, 1(1): 30 - 32. DOI:10.26480/jtin.01.2021.30.32.
11. Trần Thị Kim Oanh, San Trâm Anh, Lê Minh Hùng, Nguyễn Vĩnh Phúc, Lê Thị Mỹ Phương, Đặng Thị Sáu, Lâm Đông Phố, Đào Vĩnh Hưng (2023). Nghiên cứu quy trình kéo dài thời gian bảo quản chanh dây. Báo cáo đề tài cấp tỉnh, Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh.
12. Trần Thị Kim Oanh, Đặng Thị Sáu, Lê Thị Mỹ Phương, Lâm Đông Phố, Phạm Thị Thanh Tinh (2023). Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và chế phẩm bảo quản đến khả năng bảo quản quả chanh dây. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, 3: 69 - 76.
13. Nguyễn Vĩnh Phúc, Lê Minh Hùng, Lê Thư Lâm, Nguyễn Hoài Nam, Trần Thị Kim Oanh, Nguyễn Lan Thanh, Nguyễn Thị Huệ (2024). Nghiên cứu quy trình công nghệ và hệ thống thiết bị sơ chế, xử lý và bảo quản quả bưởi tươi đáp ứng nhu cầu tiêu thụ trong nước và phục vụ thị trường xuất khẩu. Báo cáo đề tài cấp tỉnh, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre.
14. Strano, M. C., Altieri, G., Admane, N., Genovese, F., Di Renzo, G. C. (2017). Advance in citrus postharvest management: diseases, cold storage and quality evaluation. *Citrus Pathology*. 10.5772/66518. Intech Open.
15. Tiêu chuẩn ngành 10TCN 778:2006. Tiêu chuẩn rau quả xoài tươi - Yêu cầu kỹ thuật.
16. Mazhar, M. S., Amin, M., Malik, A. U., Campbell, J., & Johnson, P. (2011). Improved harvest and desapping practices affect mango fruit quality along the supply chains. *International*

Journal of Agriculture and Biology, 13(5), 776–780.
<http://www.fspublishers.org>

17. Lê Minh Hùng, Lâm Trần Vũ, Nguyễn Duy Đức, Ngô Văn Bình, Trần Thị Kim Oanh, Nguyễn Trọng Minh Khiêm, Đào Vĩnh Hưng (2018). Nghiên cứu cải tiến và hoàn thiện quy trình công nghệ thiết kế chế tạo và ứng dụng vào sản xuất hệ thống thiết bị rửa sạch xử lý và bảo quản quả thanh long qui mô 50 tấn/ngày. Báo cáo cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT.

18. Robin Elaine Roberts (2023). Improving smallholder farmer incomes through strategic market development in mango supply chains in southern Vietnam. ACIAR project.

19. Lê Minh Hùng, Nguyễn Vinh Phúc, Peter Johnson, Jay Cummins, Robin Roberts (2024). Impact of technology intervention on mango postharvest handling in Vietnam. *Proceedings of IX International Postharvest Symposium* (Acta Horticulturae).

20. Nguyễn Duy Đức, Lê Minh Hùng, San Trâm Anh, Lê Thư Lâm, Ngô Văn Bình, Lâm Đông Phố, Trần Thị Kim Oanh, Nguyễn Vĩnh Phúc, Nguyễn Trọng Minh Khiêm (2018). Xây dựng mô hình thu hoạch, sơ chế, xử lý, đóng gói và bảo quản xoài ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. Tập san Công nghiệp nông thôn, số 30, trang 53.

21. Hoàng Quang Bình, Nguyễn Quang Trà, Trịnh Ngọc Thảo Ngân và Lê Trung Thiên (2022). Ứng dụng công nghệ bao màng trong bảo quản trái cây nhiệt đới. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 58(3B): 132 - 148. DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.085.

22. Kahramanog̃lu, K., Chen, C., Gan, Z., Chen, J. and Wan, C. (2020). The Effects of Edible Coatings on the Postharvest Quality of Citrus Fruits as Affected by Granulation. *Journal of Food Quality*, 8819233, 1 - 8. doi.org/10.1155/2020/8819233.

23. Phạm Thị Lan, Phạm Thị Thu Hoài, Đỗ Thu Hương (2023). Nghiên cứu chế tạo lớp phủ nano composite từ chitosan ứng dụng bảo quản quả xoài. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp*, 36: 18 - 26.

24. Nguyen, H. T., Boonyaritthongchai, P., Buanong, M., Supapvanich, S., Wongs-Aree, C. (2020). Postharvest hot water treatment followed by chitosan-and κ -carrageenan - based composite coating induces the disease resistance and preserves the quality in dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *International Journal of Fruit Science*, 20(3), 2030 - 2044.

25. Jose, A., Pareek, S., Radhakrishnan, E. K. (2020). Advances in Edible Fruit Coating Materials. In Jose, A. (Eds). *Advances in Agri-Food Biotechnology* (391 - 408). Springer, Singapore. Doi.org/10.1007/978-981-15-2874-3_15.

26. Nguyen Sang, Le Ha Hai (2020). Effect of ratio of bees wax and carnauba wax in mixed wax on respiration rate, weight loss, fruit decay and chemical quality of Vietnamese passion fruit during low temperature storage. *Pak. J. of Bio-Technol*, 17(2): 63 - 70.

27. Rinaldi, M. M., Dianese, A. D. C., Sussel, A., Faleiro, F., Junqueira, N. (2017). Effect of different packaging materials on the shelf life of passion fruits during ambient and low temperature storage. *J. Post harvest Technol*, 5(1), 7 - 16.

28. Maftoonazad N., Ramaswamy H. (2019). Application and evaluation of a pectin-based edible coating process for quality change kinetics and shelf-life extension of lime fruit (*Citrus aurantifolium*). *Coatings*, 9(5): 285.

29. Yumbya P, Ambuko J, Shibairo SI, Owino W. (2014). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the shelf life and postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Journal of Post - Harvest Technology*, 2(1): 25 - 36.

30. Zhang M, Meng X, Bhandari B, Fang Z, Chen H. (2015). Recent application of modified atmosphere packaging (MAP) in fresh and fresh-cut foods. *Food Reviews International*, 31(2): 172 - 193.

31. Hung, M. L., Dao, Q. N., Duc, D. N. (2017). Effects of storage temperature and packaging on quality of dragon fruits (*Hylocereus undatus*). *Proceedings of the 15th ASEAN Conference on Food Science and Technology*, 2, 128 - 132.

32. Phạm Anh Tuấn, Vũ Thị Nga (2016). Tối ưu hóa một số thông số công nghệ bảo quản quả thanh long bằng kỹ thuật bao gói khí điều biến. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 54(4A), 314 - 322.

OVERVIEW OF TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR PREPROCESSING, TREATMENT, AND PRESERVATION OF MANGO, DRAGON FRUIT, PASSION FRUIT AND POMELO

Le Minh Hung¹, Tran Thi Kim Oanh¹, Nguyen Vinh Phuc¹,

Le Thu Lam¹, Nguyen Hoai Nam¹, Dao Vinh Hung¹

¹*Sub-Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology*

Abstract

The article provides an overview of post - harvest technologies and equipment aimed at extending shelf life, enhancing quality, increasing the value of fresh fruits - particularly mango, dragon fruit, passion fruit, pomelo, which are Vietnam's key export fruits. Technologies and equipment used in various post - harvest stages such as harvest index determination, sorting, washing, hot water treatment, coating, packaging, cold storage have been researched and applied to reduce spoilage and minimize post - harvest losses. Several studies conducted by the sub - institute of Agricultural Engineering and post - Harvest Technology on these four types of fruits have contributed to improving post -harvest treatment processes to meet export standards and support the sustainable development of Vietnam's fruit supply chain.

Keywords: *Mango, dragon fruit, passion fruit, pomelo, harvest index, hot water treatment, coating.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 01/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 14/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI ĐIỂM THU HOẠCH ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ KHẢ NĂNG BẢO QUẢN QUẢ CHANH DÂY TÍM

Trần Thị Kim Oanh^{1,*}, San Trâm Anh¹,

Đặng Thị Sáu¹, Lâm Đông Phổ¹, Nguyễn Vĩnh Phúc¹

¹Phân viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch

* Email: kimoanhfoodtech@gmail.com

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là xác định được chỉ số thu hoạch và thời gian thu hái thích hợp cho bảo quản quả chanh dây tím làm cơ sở để xây dựng quy trình công nghệ thu hoạch và bảo quản chanh dây phục vụ nội tiêu và xuất khẩu. Nguyên liệu thí nghiệm là giống chanh dây tím trồng tại tỉnh Gia Lai. Chanh dây được thu hoạch ở các giai đoạn chín khác nhau: 50 - 60 ngày, 61 - 70 ngày, 71 - 80 ngày sau ngày đậu quả. Sau đó, được phân tích các chỉ tiêu hóa lý ban đầu, bảo quản và theo dõi chất lượng ở nhiệt độ phòng. Các chỉ tiêu chất lượng cảm quan màu sắc vỏ quả, độ nhăn, mức độ nám bệnh và các chỉ tiêu hóa lý bao gồm: Độ cứng, tổng chất rắn hòa tan, axit tổng số, tỷ lệ hao hụt khối lượng, được phân tích đánh giá trong thời gian theo dõi bảo quản. Từ kết quả nghiên cứu, đã xác định được thời điểm thu hoạch chanh dây thích hợp là giai đoạn 61 - 70 ngày sau ngày đậu quả, tương ứng với các chỉ số chất lượng là quả đầy đặn, vỏ bóng và màu sắc chuyển tím lúc thu hoạch 50 - 60%, hàm lượng tổng chất rắn hòa tan $17,5 \pm 0,5\%$, hàm lượng axit tổng $4,1 \pm 0,2\%$. Quả được thu hoạch ở giai đoạn này có thể duy trì chất lượng thương phẩm tốt nhất trong khoảng 5 - 7 ngày và có giá trị sử dụng trong khoảng 9 ngày ở nhiệt độ thường.

Từ khóa: Chanh dây tím, độ chín, chỉ số thu hoạch.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chanh dây (*Passiflora edulis* Sims), có nguồn gốc từ các nước Nam Mỹ, được trồng ở nhiều nơi trên thế giới. Tại Việt Nam, Gia Lai là tỉnh có vùng nguyên liệu chanh dây lớn nhất cả nước, với diện tích hơn 4.263 ha, tổng sản lượng đạt hơn 134 nghìn tấn, chủ yếu phục vụ xuất khẩu [1]. Đây là loại quả giàu chất dinh dưỡng, cung cấp nhiều loại vitamin, hợp chất hữu cơ và giàu dưỡng chất chống oxy hóa có lợi cho sức khỏe.

Chanh dây là quả hô hấp đột biến. Đỉnh hô hấp được ghi nhận ở tất cả các giai đoạn thu hoạch, bất kể mức độ chín ban đầu [2]. Chanh dây sau khi thu hoạch vẫn diễn ra các quá trình sinh lý, sinh hoá phức tạp, quả vẫn tiếp tục chín sau thu hoạch. Sự thay đổi về hàm lượng đường, axit, protopectin thủy phân liên kết glycosid thành pectin hòa tan, enzym phân cắt chuỗi pectin thành axit pectic và oligosaccharide, tăng độ hòa tan và làm mềm vỏ quả trong giai đoạn chín và những

biến đổi về màu sắc, mùi vị làm thay đổi chất lượng sau thu hoạch. Đặc điểm chính của thời kỳ chín là sự tăng hô hấp, sản sinh etylen, khởi phát của quá trình sản xuất etylen là yếu tố kích hoạt các thay đổi về màu sắc và hương vị. Tốc độ sản sinh ethylene tăng gần 8,15 lần so với ban đầu, đạt mức đỉnh $505,35 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{giờ}^{-1}$ ở các quả được thu hoạch khi 50% bề mặt vỏ đã chuyển màu [2]. Lượng etylen được sản xuất tăng hơn 20 lần sau khi quả tách khỏi dây [3]. Chất lượng quả chanh dây sau thu hoạch phụ thuộc nhiều vào độ chín thu hoạch, thời tiết, thời điểm thu hoạch và các điều kiện bảo quản. Kết quả nghiên cứu về sinh lý và chất lượng trong quá trình chín sau thu hoạch quả chanh dây tím (*Assiflora edulis* Sims) của Pinzón và cs (2007) [4] đã xác định 6 giai đoạn chín của quả chanh dây tím dựa trên màu sắc của vỏ, trong đó giai đoạn thu hoạch lý tưởng là khi quả có 40 - 50% màu xanh và 40 - 50% màu tím. Ở giai đoạn này, quả có khối lượng riêng lớn nhất và

khối lượng tươi của toàn quả và phần cơm (thịt quả) cao nhất. Các đặc điểm hóa học quan trọng ở giai đoạn này bao gồm: Độ Brix là 15,9%, độ pH khoảng 3,6 và độ axit chuẩn độ là 13% [4]. Trong khi đó, kết quả nghiên cứu của Alemwati và cs (2014) [2] cho thấy, sự phát triển màu sắc tối ưu chỉ xảy ra ở các quả thu hoạch sau khi 50% vỏ đã chuyển màu. Các chỉ tiêu chất lượng quả cũng tốt hơn rõ rệt ở những quả thu hoạch sau khi 50% vỏ đổi màu so với các giai đoạn thu hoạch sớm hơn [2]. Theo hướng dẫn thực hành tốt nhất cho quả chanh dây của Úc, chanh dây có thể được thu hoạch khi đã chuyển màu khoảng 3/4 mà không ảnh hưởng đến hương vị hoặc màu sắc [5].

Quả chanh dây rất khó bảo quản, nấm mốc, bệnh thán thư, bệnh đốm nâu phát triển mạnh trong thời gian bảo quản lưu trữ và vận chuyển. Trong quá trình bảo quản quả thì sự thoát hơi nước là hiện tượng thường xuyên xảy ra làm cho quả bị héo, vỏ nhăn, giảm khối lượng, dẫn đến mất giá trị cảm quan và bị hỏng. Đã có một số nghiên cứu về biện pháp công nghệ xử lý sau thu hoạch đối với quả chanh dây như xử lý nhiệt, bao bì, chế độ nhiệt độ bảo quản nhằm kéo dài thời gian bảo quản tươi. Tuy nhiên, việc xác định độ chín phù hợp cho mục đích bảo quản - một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bảo quản lại chưa được nghiên cứu đối với giống chanh dây tím trồng tại Việt Nam.

Độ chín thu hoạch ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng quả chanh dây, nếu thu hoạch sớm quả chưa phát triển đầy đủ về kích cỡ, chất lượng dinh dưỡng, màu sắc và hương vị kém. Nếu thu hoạch muộn, quả chanh dây có thể đạt tối đa về kích cỡ và chất lượng dinh dưỡng phù hợp cho chanh dây chế biến nhưng quả bị mềm, dễ bị hư hỏng dẫn tới giảm thời gian bảo quản, không phù hợp cho chanh dây xuất khẩu tươi. Thời điểm thu hoạch là một trong những yếu tố quan trọng quyết định chất lượng cũng như khả năng bảo quản sau thu hoạch của quả tươi nói chung và quả chanh dây tím nói riêng. Vì vậy, việc nghiên cứu xác định thời gian thu hoạch thích hợp cho mục đích bảo quản là một trong những cơ sở để xây dựng quy trình công nghệ bảo quản sau thu hoạch quả chanh dây tím phục vụ nội tiêu và xuất khẩu.

Nghiên cứu này nhằm tìm hiểu ảnh hưởng của các giai đoạn chín khác nhau, cụ thể là mức độ phát triển màu sắc, các chỉ tiêu hóa sinh ảnh hưởng đến chất lượng quả sau thu hoạch, qua đó xây dựng được bộ chỉ số thu hoạch cho chanh dây tím nhằm nâng cao chất lượng tổng thể của chanh dây, kéo dài thời gian bảo quản chanh dây đáp ứng yêu cầu thị trường xuất khẩu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Giống chanh dây tím trồng tại tỉnh Gia Lai. Quả được thu hoạch tại các giai đoạn chín khác nhau. Trong từng giai đoạn chín, chọn những quả đồng nhất về kích cỡ, màu sắc, loại bỏ những quả dập nát, trầy xước, sâu, thối do bệnh lí, sinh lí. Quả được đóng thùng carton 1 lớp (được sản xuất tại Việt Nam) vận chuyển đến phòng thí nghiệm của Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch ngay sau thu hái không quá 24 giờ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thu hoạch quả tại các giai đoạn chín khác nhau, cụ thể như sau:

ĐC1: Các quả ở giai đoạn 50 - 60 ngày sau ngày đậu quả.

ĐC2: Các quả ở giai đoạn 61 - 70 ngày sau ngày đậu quả.

ĐC3: Các quả ở giai đoạn 71 - 80 ngày sau ngày đậu quả.

Tại mỗi giai đoạn chín, thu hoạch quả về phòng thí nghiệm, quả được rửa bằng nước sạch, để khô ráo và được xếp vào sọt nhựa, mỗi sọt 25 quả (3 lần lặp). Sau đó, các sọt được đặt ở điều kiện nhiệt độ phòng (25 - 30°C). Theo dõi thời gian tồn trữ và lấy mẫu đánh giá các chỉ tiêu sinh lý và chất lượng quả hai ngày một lần cho tới khi quả có dấu hiệu hư hỏng.

2.2.2. Phương pháp đánh giá chất lượng

Đánh giá chất lượng cảm quan bằng cách lập hội đồng chấm điểm đánh giá các chỉ tiêu chất lượng bên ngoài.

- Chỉ tiêu màu sắc vỏ quả được đánh giá theo thang điểm 6 của Pinzón và cs (2007) [4]: 0 = 100%

xanh; 1 = 90% xanh và 10% tím; 2 = 70 - 80% xanh và 20 - 30% tím; 3 = 40 - 50% xanh và 50 - 60% tím; 4 = 5 - 15% xanh và 85 - 95% tím; 5 = 100% tím; 6 = 100% tím đậm, không bóng, đôi khi có nhẵn.

- Chỉ tiêu độ nhẵn vỏ quả được đánh giá theo thang điểm 5 của Golding và cs (2015) [6]: 1 = Không nhẵn vỏ, quả đầy đặn hoàn toàn; 2 = Nhẵn nhẹ (< 10% bề mặt quả bị nhẵn); 3 = Nhẵn nhẹ rõ hơn (< 25% bề mặt bị nhẵn); 4 = Nhẵn vừa (khoảng 50% bề mặt bị nhẵn); 5 = Nhẵn nặng, sâu.

- Độ cứng quả: Độ cứng của chanh dây được đánh giá cảm quan theo thang điểm 4 của Golding và cs (2015) [6]: 1 = Cứng; 2 = Hơi mềm; 3 = Mềm; 4 = Rất mềm và không thể chấp nhận.

- Chỉ tiêu cảm quan chung được đánh giá theo thang điểm 4 của Golding và cs (2015) [6]: 1 = Quả chất lượng cao với vỏ bóng và không có dấu hiệu mất nước, nhẵn vỏ, thối hỏng hoặc dập nát; 2 = Quả đạt chất lượng chấp nhận được với vỏ xỉn màu và có dấu hiệu nhẵn nhẹ, dập nhẹ và mềm nhẹ; 3 = Quả không đạt chất lượng với vỏ xỉn màu, có dấu hiệu nhẵn vừa phải, nâu hóa, khô, dập và mềm rõ rệt; 4 = Quả chất lượng kém với các dấu hiệu rõ rệt như nhẵn nhiều, lõm bề mặt, mềm nhũn và bị thối hỏng nghiêm trọng.

- Mức độ nấm bệnh được đánh giá theo thang điểm 4 của Golding và cs (2015) [6]: 1 = Không có dấu hiệu nấm bệnh; 2 = Bắt đầu có vết nấm bệnh; 3 = Vết nấm bệnh rất rõ (< 1 cm²); 4 = Vết nấm bệnh nghiêm trọng (> 1 cm²).

- Xác định tổng chất rắn hoà tan (^oBrix) bằng khúc xạ kế Atago đo ở nhiệt độ phòng 20°C.

- Xác định hàm lượng axit tổng số theo TCVN 5483:2007 [7].

- Độ hao hụt khối lượng quả được xác định bằng tỷ lệ (%) giữa khối lượng quả tại thời điểm lấy mẫu so với khối lượng quả ban đầu.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Dữ liệu được phân tích phương sai (ANOVA) bằng phần mềm Minitab và JMP 18 với các giai đoạn chín và thời gian bảo quản là các nguồn biến thiên. Sự khác biệt giữa các giá trị trung bình được kiểm định bằng phương pháp sai số khác biệt nhỏ nhất có ý nghĩa (LSD có bảo vệ theo Fisher) ở mức ý nghĩa $p \leq 0,05$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự thay đổi màu sắc vỏ quả ở các độ chín thu hoạch trong quá trình bảo quản

Màu sắc vỏ quả là một trong những chỉ tiêu đánh giá độ chín thu hoạch của chanh dây. Màu vỏ quả chanh dây thu hoạch ở các thời điểm khác nhau chuyển từ màu xanh sang màu tím trong quá trình chín. Kết quả phân tích thống kê cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa của màu sắc vỏ quả ảnh hưởng bởi độ chín thu hoạch và thời gian tồn trữ ($p \leq 0,05$). Màu sắc vỏ quả lúc thu hoạch của các mẫu ĐC2 và ĐC3 là 50 - 60% bề mặt quả tím đã chuyển hoàn toàn sang màu tím (95 - 100% bề mặt quả tím), đều màu hơn so với mẫu ĐC1. Quả thu hoạch ở giai đoạn 50 - 60 ngày có màu sắc vỏ quả ít đồng đều hơn và chuyển sang màu đỏ tím nhạt hơn so với các nghiệm thức còn lại, một số quả vẫn còn màu xanh và tỉ lệ loang màu khi chín cao. Nguyên nhân chính dẫn đến sự thay đổi màu sắc của vỏ quả sau thu hoạch là do sự thoái hóa chất diệp lục, sản sinh và phân hủy anthocyanins và carotenoid [8].

Bảng 1. Sự thay đổi điểm cảm quan màu sắc vỏ quả ở các độ chín thu hoạch trong quá trình tồn trữ

Nghiệm thức	Ngày 1	Ngày 3	Ngày 5	Ngày 7	Ngày 9
ĐC1	1,7 ^h	3,5 ^f	4,6 ^d	5,4 ^{bc}	5,7 ^{ab}
ĐC2	2,4 ^g	4 ^e	5,4 ^{bc}	5,8 ^{ab}	5,8 ^{ab}
ĐC3	4,2 ^{de}	5,2 ^c	5,8 ^{ab}	5,9 ^a	6,0 ^a
F	**	**	**	**	**

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. **: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.*

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, có thể bắt đầu thu hoạch quả từ giai đoạn chín ĐC2 (61 - 70 ngày sau

ngày đầu quả), cho màu sắc quả chuyển tím đồng đều trong thời gian tồn trữ.

3.2. Chất lượng cảm quan bên ngoài của quả chanh dây tím ở các độ chín thu hoạch khác nhau

Chất lượng cảm quan là tiêu chí quan trọng để đánh giá mức độ thương phẩm của quả, thông qua các chỉ tiêu: Màu sắc vỏ quả, độ nhăn, mức độ nám bệnh và cảm quan tổng thể hình thức bên ngoài quả.

Sự thay đổi về giá trị cảm quan chất lượng bên ngoài của quả chanh dây trong quá trình tồn trữ được trình bày trong bảng 2. Kết quả cho thấy, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chất

lượng cảm quan giữa các quả thu hoạch ở các thời điểm khác nhau (50 - 60 ngày, 61 - 70 ngày và 71 - 80 ngày). Tuy nhiên, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về giá trị cảm quan của chanh dây theo thời gian tồn trữ ($p \leq 0,05$). Mẫu chanh dây có chất lượng cảm quan bên ngoài tốt nhất trong vòng 5 ngày tồn trữ. Sau 7 - 9 ngày, vỏ quả nhăn nhẹ và hơi mềm ở tất cả các nghiệm thức. Nghiệm thức ĐC2 và ĐC3 cho kết quả tốt hơn so với ĐC1 do có màu sắc chuyển tím đồng đều.

Bảng 2. Sự thay đổi chất lượng cảm quan bên ngoài ở các độ chín thu hoạch trong quá trình tồn trữ

Nghiệm thức	Ngày 1	Ngày 3	Ngày 5	Ngày 7	Ngày 9
ĐC1	1,1 ^c	1,2 ^c	1,9 ^b	2,2 ^{ab}	2,3 ^a
ĐC2	1,0 ^c	1,1 ^c	1,8 ^b	2,1 ^{ab}	2,2 ^a
ĐC3	1,0 ^c	1,1 ^c	1,7 ^b	2,0 ^{ab}	2,1 ^a
F	ns	ns	ns	ns	ns

Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.3. Độ cứng của quả chanh dây trong quá trình bảo quản

Độ cứng là một chỉ tiêu quan trọng đánh giá chất lượng cảm quan chanh dây trong quá trình tồn trữ. Kết quả cho thấy, độ cứng của các quả chanh dây khi được thu hoạch ở các độ chín khác nhau (50 - 60 ngày, 61 - 70 ngày và 71 - 80 ngày) không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), kết quả này là do sự mất nước của quả ở các giai đoạn chín không khác biệt đáng kể. Tuy

nhiên, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ cứng quả theo thời gian tồn trữ ($p \leq 0,05$) ở ngày 7 và 9 (khác biệt theo hàng). Độ mềm quả tăng sau 7 ngày tồn trữ do sự thủy phân thành tế bào và carbohydrate bằng enzym [9]. Các enzyme phân giải pectin và hemicellulose, cellulose như: PG (polygalacturonase), Cx (cellulase), α -ARF, β -GAL tăng hoạt động qua thời gian lưu trữ, là nguyên nhân chính khiến trái mềm đi [10].

Bảng 3. Sự thay đổi độ cứng của quả chanh dây trong quá trình tồn trữ

Nghiệm thức	Ngày 1	Ngày 3	Ngày 5	Ngày 7	Ngày 9
ĐC1	1,0 ^c	1,0 ^c	1,1 ^c	1,4 ^b	1,9 ^a
ĐC2	1,0 ^c	1,0 ^c	1,0 ^c	1,4 ^b	1,9 ^a
ĐC3	1,0 ^c	1,0 ^c	1,0 ^c	1,3 ^b	1,8 ^a
F	ns	ns	ns	**	**

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. **: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê; ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.*

3.4. Độ nhăn vỏ quả trong quá trình tồn trữ

Độ nhăn giữa các quả thu hoạch ở các thời điểm khác nhau (50 - 60 ngày, 61 - 70 ngày và 71 - 80 ngày) không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Mẫu chanh dây có chất lượng bên ngoài tốt nhất, quả bóng đẹp, không bị nhăn trong

vòng 5 ngày tồn trữ trở lại. Sau 5 ngày tồn trữ, quả chanh dây đã có triệu chứng mất nước dẫn đến nhăn vỏ quả, làm giảm giá trị cảm quan cho sản phẩm. Hiện tượng nhăn vỏ quả trong quá trình tồn trữ là do quả bị thoát hơi nước tự do qua thành tế bào ra ngoài môi trường xung quanh và do quá

trình hô hấp tiêu hao cơ chất sinh ra hơi nước giảm, làm cho tế bào không còn căng dẫn tới vỏ thoát qua biểu bì vỏ quả khiến độ trương lực bị nhăn [11].

Bảng 4. Sự thay đổi độ nhăn của quả chanh dây trong quá trình tồn trữ

Nghiệm thức	Ngày 1	Ngày 3	Ngày 5	Ngày 7	Ngày 9
ĐC1	1,0 ^b	1,4 ^b	2,1 ^a	2,2 ^a	2,5 ^a
ĐC2	1,0 ^b	1,4 ^b	2,1 ^a	2,2 ^a	2,5 ^a
ĐC3	1,0 ^b	1,3 ^b	2,0 ^a	2,1 ^a	2,5 ^a
F	ns	ns	ns	ns	ns

Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.5. Hàm lượng chất rắn hòa tan tổng số

Hàm lượng chất rắn hòa tan tổng số được đo bằng độ Brix. Kết quả hàm lượng chất rắn hòa tan tổng của mẫu ĐC1 lúc thu hoạch thấp nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu ĐC2 và ĐC3. Độ Brix mẫu ĐC2 và ĐC3 lúc thu hoạch không có sự khác biệt đáng kể. Độ Brix của tất cả các mẫu sau khi tồn trữ 9 ngày ở điều kiện thường đều giảm và không có sự khác biệt đáng kể giữa các mẫu. Như vậy, có thể thu hoạch chanh dây bắt đầu ở giai đoạn thu hoạch mẫu ĐC2 (61 - 70 ngày sau ngày đậu quả), tương ứng với màu sắc vỏ quả chuyển tím 50 - 60%. Kết quả này cũng tương tự với kết quả nghiên cứu của Alemwati và cs (2014) [2].

Bảng 5. Hàm lượng chất rắn hòa tan tổng số ban đầu và sau khi tồn trữ của chanh dây ở các nghiệm thức

Nghiệm thức	Độ Brix (%)	
	Ban đầu	Sau khi tồn trữ
ĐC1	16,24 ^b ± 0,56	17,20 ^c ± 0,47
ĐC2	17,50 ^a ± 0,50	17,44 ^c ± 0,46
ĐC3	17,89 ^a ± 0,61	17,55 ^c ± 0,56
F	**	**

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. **: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.*

3.6. Hàm lượng axit tổng

Hàm lượng axit tổng lúc thu hoạch và sau khi tồn trữ của mẫu ĐC1 cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$) so với mẫu ĐC2 và ĐC3. Hàm lượng axit tổng ở các giai đoạn chín khác nhau giảm dần khi quả ở giai đoạn già hơn cùng với sự tăng hàm lượng chất rắn hòa tan tổng số có

sự tương quan tuyến tính theo phân tích thống kê ($R_s = 0,83$). Do đó, chỉ số tương quan giữa chất rắn hòa tan tổng số và axit tổng tăng làm cho quả có vị chua ngọt hài hòa hơn. Hàm lượng axit tổng giảm trong quá trình tồn trữ là do các axit tham gia vào quá trình hô hấp của quả [9, 12]. Quả thu hoạch ở giai đoạn muện (71 - 80 ngày) và quả ở giai đoạn tồn trữ có tốc độ hô hấp mạnh, có thể cao hơn 8 lần so với quả ở giai đoạn còn xanh [2].

Bảng 6. Hàm lượng axit tổng ban đầu và sau khi tồn trữ của chanh dây ở các nghiệm thức

Nghiệm thức	Hàm lượng axit (%) theo khối lượng chất tươi	
	Ban đầu	Sau khi bảo quản
ĐC1	4,58 ^a ± 0,20	2,52 ^d ± 0,03
ĐC2	4,10 ^b ± 0,20	2,22 ^e ± 0,02
ĐC3	3,82 ^b ± 0,1	2,19 ^e ± 0,01
F	**	ns

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. **: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê; ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.*

Kết quả ở bảng 6 và những phân tích ở trên cho thấy, có thể thu hoạch quả bắt đầu ở độ chín ĐC2 (giai đoạn 61 - 70 ngày sau ngày đậu quả), cho chất lượng hương vị tốt hơn giai đoạn trước đó.

3.7. Mức độ phát triển nấm bệnh

Mức độ nấm bệnh là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng chanh dây trong quá trình tồn trữ. Kết quả xử lý số liệu thống kê cho thấy, mức độ nấm bệnh giữa các nghiệm thức ĐC1, ĐC2, ĐC3 không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Tuy nhiên, mức độ nấm bệnh theo thời gian tồn trữ có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,05$). Mẫu tồn trữ càng lâu thì mức độ nấm

bệnh càng cao, một số quả bắt đầu có dấu hiệu bệnh nhẹ sau 9 ngày tồn trữ.

Kết quả ở bảng 7 cho thấy, ở ngày thứ 9, quả ở tất cả các mẫu đều có mức bệnh nhỏ hơn điểm 2,

như vậy thu hoạch quả ở các giai đoạn chín khác nhau không ảnh hưởng đáng kể tới mức độ bệnh của quả trong thời gian tồn trữ 9 ngày.

Bảng 7. Mức độ nấm bệnh của chanh dây trong quá trình bảo quản

Nghiệm thức	Ngày 1	Ngày 3	Ngày 5	Ngày 7	Ngày 9
ĐC1	1,0 ^c	1,0 ^c	1,2 ^{bc}	1,3 ^{ab}	1,4 ^a
ĐC2	1,0 ^c	1,0 ^c	1,1 ^{bc}	1,3 ^{ab}	1,4 ^a
ĐC3	1,0 ^c	1,0 ^c	1,2 ^{bc}	1,3 ^{ab}	1,5 ^a
F	ns	ns	ns	ns	ns

Ghi chú: Các ký tự khác nhau chỉ sự sai khác có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$. ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

3.8. Tỷ lệ hao hụt khối lượng

Bảng 8. Tỷ lệ hao hụt khối lượng từng nghiệm thức sau 9 ngày tồn trữ

Nghiệm thức	Độ hao hụt khối lượng (%)
ĐC1	6,2 ^a
ĐC2	6,3 ^a
ĐC3	5,9 ^a
F	ns

Ghi chú: ns: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p \leq 0,05$.

Sự hao hụt khối lượng là chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá chất lượng cũng như tính kinh tế của quả trong quá trình tồn trữ. Trong quá trình tồn trữ không tránh khỏi sự hao hụt khối lượng, chủ yếu do quá trình hô hấp tiêu hao chất khô và sự mất ẩm do quá trình bay hơi nước. Thời gian tồn trữ càng dài hao hụt khối lượng càng tăng. Sau 9 ngày tồn trữ, ở các nghiệm thức có độ chín thu hoạch khác nhau đều xảy ra sự hao hụt khối lượng và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p > 0,05$). Sự hao hụt khối lượng ở tất cả các mẫu sau khi tồn trữ giống nhau dẫn đến sự nhăn vỏ ở tất cả các mẫu là như nhau. Điều này phù hợp với kết luận về mức độ nhăn vỏ ở bảng 4.

Từ các kết quả nghiên cứu trên cho thấy, màu sắc vỏ quả, sự chuyển màu tím, hàm lượng axit tổng và hàm lượng chất rắn hòa tan tổng là những chỉ số có sự thay đổi khác biệt rõ nét ở các giai đoạn chín khác nhau của quả chanh dây tím.

4. KẾT LUẬN

Việc xác định thời gian đậu quả và thu hoạch ở đúng độ chín không chỉ thúc đẩy quá trình phát triển màu sắc mà còn nâng cao chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng của quả. Thời điểm thu hoạch thích hợp cho quả chanh dây tím là giai đoạn 61 - 70 ngày sau ngày đậu quả, tương ứng với sự phát triển màu sắc của vỏ quả lúc thu hoạch 50 - 60% tím và hàm lượng tổng chất rắn hòa tan đạt $17,5 \pm 0,5\%$, hàm lượng axit tổng số $4,1 \pm 0,2\%$ như một bộ chỉ thị cho độ chín thu hoạch quả chanh dây tím.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đỗ Hương (2024). Tiềm năng kinh tế của cây chanh dây. <https://baochinhphu.vn/tiem-nang-kinh-te-cua-cay-chanh-day-102240704165008493.htm>. Ngày truy cập 30/7/2025.
- Alemwati P., Vidyaram S., Ram K. P., Ram A., Ram R. S., Sanjay K. S. (2014). Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Fruits*, 69(1): 19 - 30.
- Shiomi S., Kubo Y., Wamocho N.S., Koaze H., Nakamura R. & Inaba A. (1996b). Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 3, 199 - 207.
- Pinzón I. M. D. P., Fischer G. & Corredor G. (2007). Determination of the maturity stages of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía 142 Colombiana*, 25(1), 83 - 95.

5. Horticulture Innovation Australia Limited (2019). Australian passionfruit postharvest best practice guide. Compiled by Applied Horticultural Research. Horticulture Innovation Australia Limited, Sydney, Australia.
6. Golding, J. B., Blades, B. L., Satyan, S., Spohr, L. J., Harris, A., Jessup, Banos, C. (2015). Low dose gamma irradiation does not affect the quality or total ascorbic acid concentration of “Sweetheart” passion fruit (*Passiflora edulis*). *Foods*, 4(3), 376 - 390.
7. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5483:2007. Sản phẩm rau, quả - Xác định độ axit chuẩn độ được.
8. Montero-Calderón M. & Cerdas-Araya M. M. (2012). Postharvest physiology and storage. *Tropical and Subtropical Fruits* (Chapter 2). Wiley Online Library.
9. Narayana, C., Rao D. S. and Roy S. K. (2012). Mango production, postharvest physiology and storage. In *Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging*, edited by Siddiq Muhammad. Ames, Iowa: *Wiley-Blackwell*.
10. Weida Z., Minrui G., Wanting Y., Yuxing L., Yue W. and Guogang C. (2022). The role of cell wall polysaccharides disassembly and enzyme activity changes in the softening process of hami melon (*Cucumis melo* L.). *Foods*, 11(6), 841.
11. Qiufang S., Xianglu L., Lexing W., Bochen W., Yifeng F., Huijuan Y. and Zhengyang Z. (2022). Variation in cell wall metabolism and flesh firmness of four apple cultivars during fruit development. *Foods*, 11(21), 3518.
12. Singh Z., Singh R. K., Sane V. A. and Nath P. (2013). Mango - postharvest biology and biotechnology. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32(4): 217 - 236.

INVESTIGATING INFLUENCE OF HARVEST TIME ON THE QUALITY AND POSTHARVEST STORABILITY OF PURPLE PASSION FRUIT

Tran Thi Kim Oanh¹, San Tram Anh¹,

Dang Thi Sau¹, Lam Dong Pho¹, Nguyen Vinh Phuc¹

¹ *Sub-Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology*

Abstract

This study aimed to determine the appropriate harvest index and harvest time for optimal storage of purple passion fruit, serving as a basis for developing standardized harvesting and postharvest handling protocols for both domestic consumption and export. The experimental material used was a purple passion fruit cultivar grown in Gia Lai province. Fruits were harvested at three ripening stages: 50 - 60 days, 61 - 70 days and 71 - 80 days after fruit set. Following harvest, fruits were evaluated for initial physicochemical characteristics and then stored at ambient temperature for quality monitoring. Parameters assessed during storage included sensory attributes (peel color, degree of wrinkling and incidence of fungal infection) and physicochemical indicators such as firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), weight loss percentage, and spoilage rate. Based on the results, the optimal harvest time was identified as 61 - 70 days after fruit set, corresponding to the quality indicators, the fruits exhibited full development, glossy skin and approximately 50 - 60% purple coloration at harvest. The total soluble solids content was $17.5 \pm 0.5\%$ and the total titratable acidity was $4.1 \pm 0.2\%$. Fruits harvested at this stage can retain optimal marketable quality for approximately 5 - 7 days and remain consumable for up to 9 days at ambient temperature.

Keywords: *Purple passion fruit, ripeness stage, harvest index.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 8/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 23/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ MỦ VÀ BẢO QUẢN QUẢ XOÀI R2E2 (*Mangifera indica* L.)

Lê Minh Hùng^{1,*}, Nguyễn Vĩnh Phúc¹

¹Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

*Email: hungle.siaep@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả xử lý mủ và hạn chế bệnh sau thu hoạch trên xoài R2E2 bằng dung dịch rửa mủ có pH cao kết hợp với phương pháp xử lý nước nóng (Hot Water Treatment - HWT) và thuốc diệt nấm Fludioxonil. Xoài được xử lý mủ bằng công thức tối ưu gồm: CaO 50%, Na₂CO₃ 30%, Na₂SiO₃ 20%, 2.500 ppm trong 2 phút, sau đó xử lý nước nóng ở 55°C kết hợp Fludioxonil 300 ppm trong 5 phút. Kết quả cho thấy, tỷ lệ chầy nhựa giảm từ 3,80 xuống 0,59 điểm (thang 0 - 5), tỷ lệ bệnh thối giảm còn 1,67% sau 9 ngày bảo quản ở 13°C, trong khi đối chứng đạt 9,27%. ΔE màu vỏ tăng chậm hơn ở các mẫu xử lý. Phương pháp này giúp duy trì hình thức quả, hạn chế nấm bệnh và kéo dài thời gian bảo quản thêm ít nhất 4 - 5 ngày so với đối chứng.

Từ khóa: Xoài R2E2, xử lý mủ, xử lý nước nóng, xử lý nấm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xoài là một loại trái cây rất dễ hư hỏng, hao hụt nhiều sau thu hoạch do đặc tính sinh lý, sâu, bệnh và xử lý bảo quản sau thu hoạch chưa phù hợp [1, 2]. Giảm thiểu thất thoát sau thu hoạch thông qua việc kéo dài thời hạn sử dụng là một cách hiệu quả để tăng lượng lương thực sẵn có mà không cần thúc đẩy sản xuất cây trồng hơn nữa. Giảm tổn thất sau thu hoạch cần được coi là một yêu cầu chiến lược để tăng hiệu quả chuỗi cung ứng thực phẩm, cải thiện chất lượng xoài thông qua các nghiên cứu và phát triển sau thu hoạch là rất quan trọng [3].

Quả xoài Việt Nam có hương vị ngon, dễ ăn, nhưng nhược điểm là vỏ mỏng và chất lượng sản xuất chưa đồng đều. Chính vì vậy, quá trình bảo quản xoài tươi thường khá khó khăn và khi xuất khẩu đi xa dễ làm giảm chất lượng. Ngoài ra, sau khi thu hoạch, vỏ quả thường bị dính nhựa trên cuống quả dẫn đến hiện tượng chầy nhựa làm ảnh hưởng đến chất lượng bên ngoài vỏ trái. Đối với xuất khẩu, xoài cần phân loại để đáp ứng yêu cầu của các thị trường như: Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc. Tuy nhiên, đại dịch COVID-19 đã làm gián đoạn nghiêm trọng hoạt động xuất khẩu, số lượng chuyển bay khai thác của các hãng hàng

không thương mại giảm, chi phí vận tải tăng và giá trong nước giảm đã gây thiệt hại nặng nề cho nông dân trồng xoài [4].

Việc vận tải hàng hóa bằng hàng không được xem là phương thức hiệu quả để tiếp cận các thị trường nước ngoài [5]. Trong khi đó, vận tải biển phổ biến hơn nhờ chi phí thấp và khả năng vận chuyển khối lượng lớn, song thời gian kéo dài 15 - 23 ngày, vượt xa giới hạn bảo quản xoài tươi (2 - 4 ngày), đồng thời điều kiện container khép kín tạo thuận lợi cho nấm bệnh và vi sinh vật phát triển [6, 7].

Từ những thách thức trên, “Nghiên cứu công nghệ xử lý mủ và bảo quản quả xoài R2E2 (*Mangifera indica* L.)” được thực hiện nhằm phát triển quy trình công nghệ xử lý và bảo quản xoài R2E2 - một giống xoài cao cấp có tiềm năng xuất khẩu lớn. Mục tiêu là nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ hóa chất xử lý mủ xoài, thời gian và nhiệt độ xử lý quả xoài R2E2 bằng phương pháp xử lý nước nóng (HWT) kết hợp với thuốc xử lý nấm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu và thiết bị

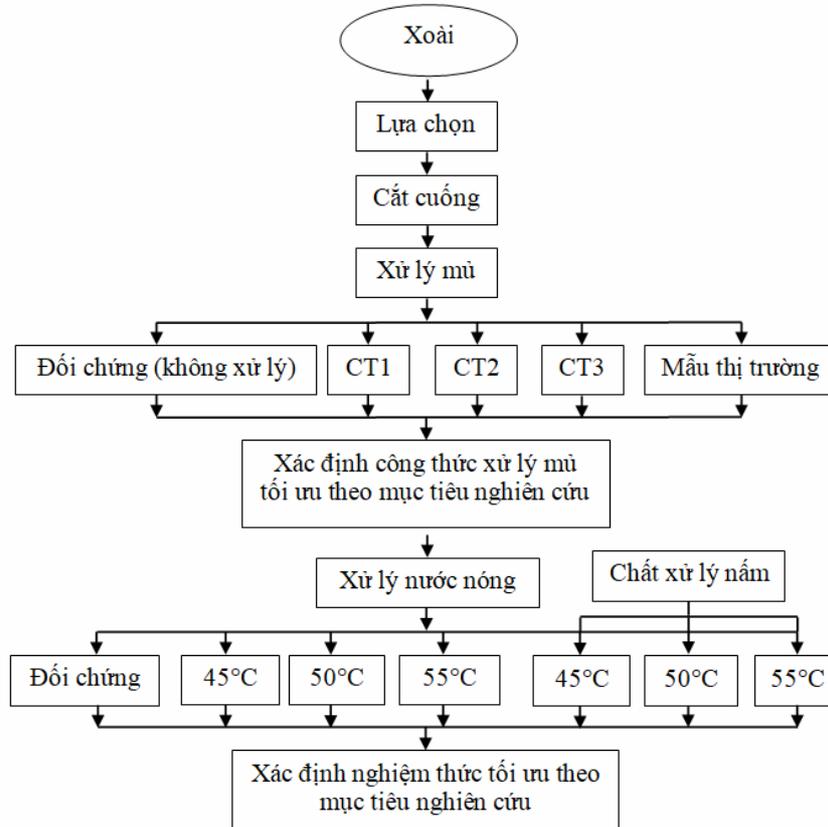
Xoài R2E2 được thu hoạch ở giai đoạn chín sinh lý “mature green” tại thời điểm khoảng 85 - 90

ngày sau khi ra hoa, độ Brix 7 - 8%, quả đồng đều, không sâu, bệnh, cuống dài 5 - 10 mm.

Các hoá chất xử lý nấm trong nghiên cứu bao gồm: CaO, NaCO₃, Na₂SiO₃, Fludioxonil (tạp chất < 0,1%) được mua ở Sigma (Trung Quốc).

Các thiết bị trong nghiên cứu bao gồm: Buồng chụp ảnh Puluz, tủ mát KT1121, máy đo độ cứng trái cây Fruit Hardness Test Lutron FR-5105, máy đo màu Konica Minolta CR410, cân điện tử 2 số lẻ, nhiệt kế.

2.2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 1. Quy trình bố trí thí nghiệm bảo quản xoài R2E2

Phương pháp thí nghiệm được thực hiện theo như sơ đồ của hình 1, bao gồm các bước như sau: Xoài được thu hái vào buổi sáng hoặc buổi chiều mát; được cắt để cuống dài 5 cm hoặc dài hơn; được chia thành những kích thước tương đồng nhau, loại bỏ những quả bị sâu, bệnh hoặc thậm chí một số trung tâm xử lý sau thu hoạch còn có thể phân loại theo chất lượng xoài, mẫu mã; sau khi phân loại, xoài sẽ được cắt cuống dài khoảng từ 5 - 10 mm, để chuẩn bị cho công đoạn xử lý mũ diễn ra tốt hơn (để ngược xuống cho chảy mũ).

Xử lý mũ bằng cách ngâm ở các tỉ lệ và nồng độ nghiên cứu (2.500 ppm) khác nhau (Bảng 1), thời gian xử lý là 2 phút.

Sau khi xử lý mũ bằng công thức tối ưu, quả được chia nghiệm thức: HWT ở 45°C, 50°C, 55°C

(5 phút); HWT + Fludioxonil 300 ppm (5 phút); Fludioxonil 300 ppm đơn; đối chứng không xử lý.

Quả sau xử lý sẽ được đóng gói vào bao xốp và đựng trong thùng có lỗ thông thoáng, để ở điều kiện cách ly. Bảo quản lạnh ở 13°C ± 1°C [8], RH 85 - 90%, theo dõi sau 3, 5, 7, 9 ngày.

Bảng 1. Nồng độ dung dịch xử lý mũ theo từng nghiệm thức

	CT1 (%)	CT2 (%)	CT3 (%)
Calcium Oxide (CO)	30	40	50
Sodium Carbonate (SC)	10	20	30
Sodium Metasilicate (SM)	60	40	20

2.3. Phương pháp đánh giá

Bảng 2. Thang điểm cảm quan

Điểm		Mô tả
5	Tốt	Chất lượng tuyệt vời, vỏ không khiếm khuyết
4	Khá	Chất lượng tốt, ít khiếm khuyết trên vỏ
3	Trung bình	Giới hạn khả năng bán được, nhiều khiếm khuyết trên vỏ
2	Tệ	Thị trường rất hạn chế, nhiều khiếm khuyết, vỏ nhăn và thâm
1	Rất tệ	Không thể bán được

Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng xoài trong quá trình bảo quản, bao gồm: (1) Mức độ hư hỏng do bệnh cháy nhựa và khuyết tật vỏ theo thang điểm từ 0 - 5 (0 = nil; 1 = < 3% (1 cm²) bề mặt vỏ bị ảnh hưởng; 2 = ~ 3% (1 - 3 cm²); 3 = ~ 10% (3 - 12 cm²); 4 = 10% - 25% (12 - 25 cm²); 5 => 25% bề mặt vỏ bị ảnh hưởng); (2) Độ cứng quả được đo bằng thiết bị Lutron FR-5105; (3) Sự thay đổi màu vỏ thông qua thông số L*, a*, b* và chỉ số ΔE [9], đo tại 3 điểm trên quả; (4) Độ hao hụt khối lượng tính bằng phần trăm chênh lệch khối lượng trước và sau bảo quản; (5) Cảm quan bên ngoài theo thang điểm từ 1 - 5 dựa trên mức độ khiếm khuyết của vỏ (Bảng 2); (6) Tỷ lệ bệnh thối đầu cuống và thán thư tính theo phần trăm số quả bị bệnh; (7) Cấp độ bệnh được xác định dựa trên tỷ lệ diện tích bề mặt bị bệnh trung bình của quả.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng phương pháp ANOVA 1 chiều thông qua phần mềm thống kê Statgraphics. Các giá trị trung bình được so sánh bằng phép thử LSD ở mức ý nghĩa 5%.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ hoá chất xử lý mủ xoài

Theo Sivakumar và cs (2011) [10], mủ xoài có tính axit tự nhiên với pH khoảng 4,3; hiện tượng cháy nhựa chủ yếu do axit hữu cơ và hoạt động của enzyme polyphenol oxidase (PPO) gây sẫm màu vỏ. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, việc xử lý bằng dung dịch kiềm mạnh như NaOH 1% (pH ≈ 13,2) hoặc Ca(OH)₂ 1% (pH ≈ 12,4) có thể trung hòa nhanh axit và giảm đáng kể tỷ lệ cháy nhựa mà không ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng thương phẩm của quả xoài [11].

Bảng 3. Mức độ cháy nhựa trên vỏ quả xoài R2E2

	Xoài R2E2	
	Sau 3 ngày	Sau 7 ngày
Mẫu đối chứng	3,47 a	3,80 c
Mẫu CT1	0,67 b	0,73 ab
Mẫu CT2	0,53 b	1,13 b
Mẫu CT3	0,33 b	0,59 ab
Mẫu thị trường	0,20 b	0,20 a



Đối chứng

CT1

CT2

CT3

Hình 2. Vết cháy nhựa ở xoài R2E2

CT3 có khả năng kiểm soát tốt các vết cháy mù vì ở CT này có nồng độ pH cao (Bảng 3) của chất calcium oxide, chiếm tỉ lệ 50%, cao hơn các CT còn lại, là một bazơ mạnh (pH = 12,6) được sử dụng rộng rãi có khả năng làm giảm những vết do axit. Cũng có thể trung hòa những axit mạnh trong nhựa quả giúp bảo vệ vỏ xoài không bị tổn thương khi tiếp xúc với nhựa xoài. Các hợp chất canxi đã cho thấy có khả năng duy trì chất lượng của trái cây thông qua việc duy trì độ cứng, giảm tốc độ hô hấp, sản sinh khí ethylene và giảm thối

rữa trong quá trình bảo quản [12]. Ngoài ra, sodium carbonate chiếm tỉ lệ cao nên khi kết hợp với nước tạo thành NaOH có bản chất nhầy, tạo một lớp phủ ngăn cản sự mất độ ẩm của quả, giúp cho quả giữ được độ cứng trong quá trình bảo quản. Xử dụng hóa chất CT3 được lựa chọn để xử lý mù cho xoài R2E2 trong nghiên cứu này (Hình 2).

3.2. Khảo sát nhiệt độ xử lý bằng phương pháp xử lý nước nóng và chất xử lý nấm

Bảng 4. Tỷ lệ bệnh và cấp độ bệnh của xoài R2E2

Nhiệt độ	Thời gian							
	Xoài R2E2							
	3 ngày		5 ngày		7 ngày		9 ngày	
	TLB	CĐB	TLB	CĐB	TLB	CĐB	TLB	CĐB
Mẫu đối chứng	0	0	40	4,67	47	6,00	60	9,27
45°C	0	0	27	2,33	53	5,33	67	7,67
50°C	0	0	33	2,13	40	4,00	60	5,47
55°C	0	0	13	0,80	20	1,33	40	2,80
45°C + Xử lý nấm	0	0	33	2,00	40	2,20	47	3,33
50°C + Xử lý nấm	0	0	33	2,07	33	2,27	40	3,00
55°C + Xử lý nấm	0	0	7	0,67	20	1,00	33	1,67

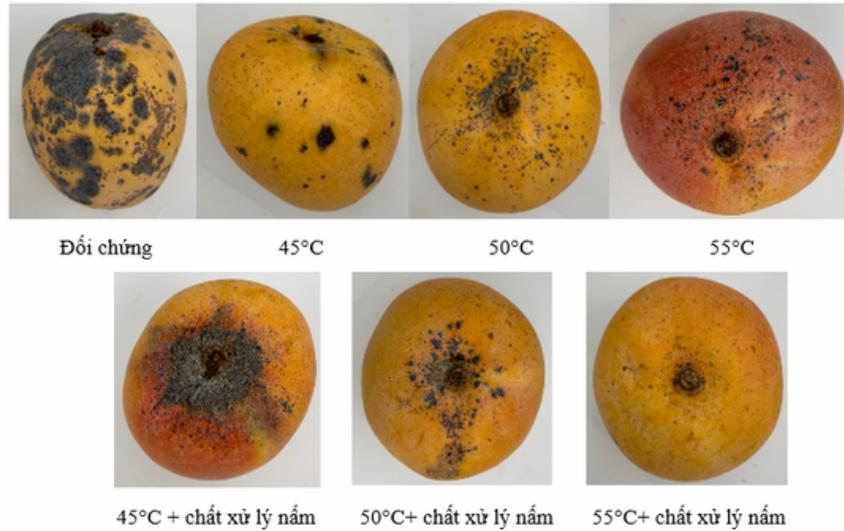
Ghi chú: TLB: Tỷ lệ bệnh; CĐB: Cấp độ bệnh.

Mức dư lượng tối đa (MRL) cho Fludioxonil được quy định khác nhau ở các thị trường: Khoảng 5 mg/kg tại Hoa Kỳ và Liên minh châu Âu và 15 mg/kg tại Việt Nam [13]. Nghiên cứu này sử dụng nồng độ xử lý 300 ppm (0,3 g/L), kèm bước rửa sau xử lý, nhằm đảm bảo dư lượng trên quả sau bảo quản thấp hơn mức MRL, đáp ứng yêu cầu xuất khẩu.

Trong giai đoạn bảo quản, bệnh thán thư do *Colletotrichum gloeosporioides* trên quả xoài biểu hiện qua các đốm tròn nâu đen có quầng vàng, lốm và lan rộng trên vỏ, đặc biệt dưới điều kiện ẩm cao [14]. Bệnh thối cuống do *Alternaria alternata* khởi phát với đốm đen nhỏ ở cuống, lan

vào thịt quả gây nâu hóa mô, mềm nhũn và phân hủy nhanh khi chín. Cả hai bệnh làm suy giảm nghiêm trọng chất lượng cảm quan và giá trị thương phẩm của quả trong bảo quản sau thu hoạch [15, 16].

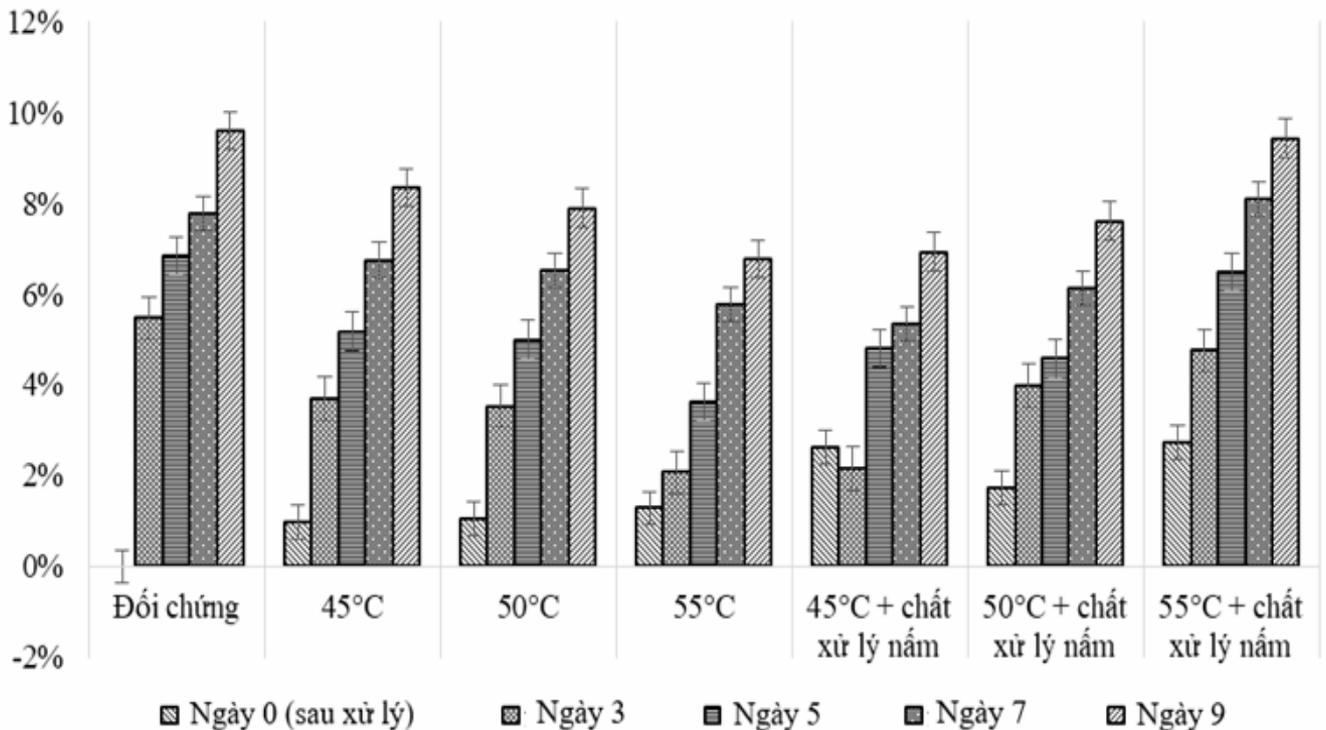
Bảng 4 cho thấy, nhiệt độ càng cao thì khả năng ức chế nấm bệnh càng tốt và việc kết hợp với chất xử lý nấm cho kết quả tốt hơn. Theo kết quả nghiên cứu của Swart và cs (2009) [17], việc xử lý xoài Kent ở nhiệt độ 50°C kết hợp với Fludioxonil có khả năng ức chế được bệnh thối cuống và thán thư. Như vậy, việc kết hợp phương pháp xử lý nước nóng với thuốc xử lý nấm là khả thi trong việc ức chế các loại nấm bệnh trên xoài.



Hình 3. Tình trạng xoài R2E2 sau xử lý 9 ngày

Hình 4 cho thấy, độ hao hụt khối lượng ở tất cả các nghiệm thức đều tăng trong suốt thời gian bảo quản. Ở nghiệm thức đối chứng, vào ngày 9 là cao nhất (9,61%) và thấp nhất là nghiệm thức xử lý 55°C (6,78%). Sau 9 ngày bảo quản, độ hao

hụt khối lượng ở các nghiệm thức xử lý không có chất xử lý nấm ở nhiệt độ 45, 50, 55°C lần lượt là 8,35; 7,9; 6,78% và ở các nghiệm thức có chất xử lý nấm ở nhiệt độ 45, 50, 55°C lần lượt là 6,94; 7,62; 9,43%.



Hình 4. Sự hao hụt khối lượng của xoài R2E2 khi xử lý nước nóng và chất xử lý nấm

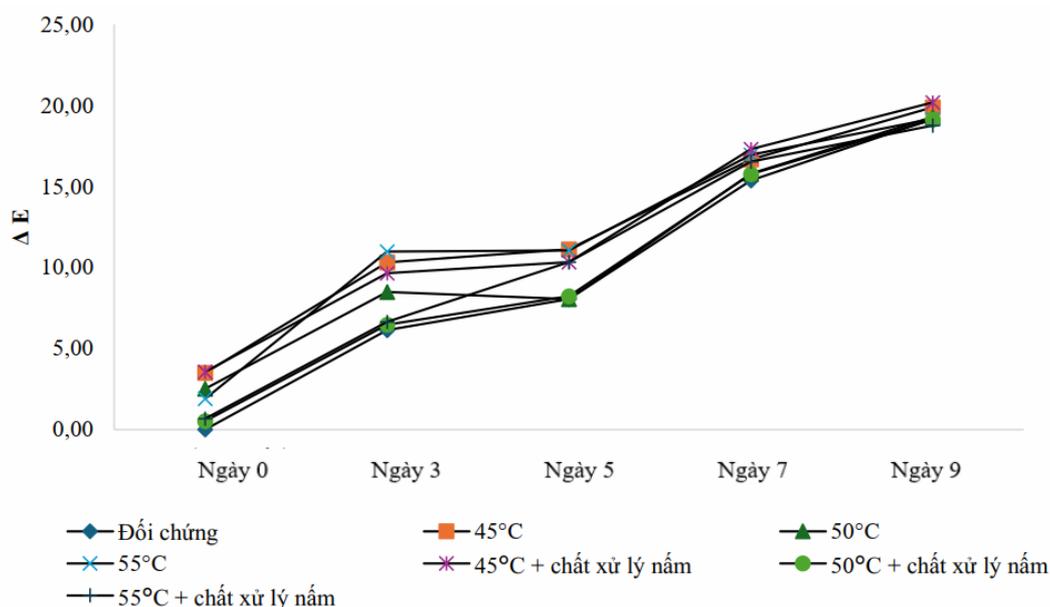
Việc xử lý nước nóng có tác dụng hiệu quả đối với việc hạn chế hao hụt khối lượng với xoài R2E2, do xoài R2E2 có lớp vỏ dày nên khi tiếp xúc với nhiệt độ cao, quả có khả năng hạn chế được những

tổn thất sau bảo quản. Xoài khi được xử lý và bảo quản ở bất kì điều kiện nào đều không tránh khỏi việc giảm khối lượng. Tuy nhiên, khi điều kiện bảo quản tốt có thể làm giảm sự hao hụt khối lượng

của xoài. Khối lượng của xoài giảm đi phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: Giống, vùng khí hậu, phương pháp và điều kiện bảo quản.

Trong quá trình bảo quản, sự thay đổi màu sắc của xoài gắn liền với sự thoái hóa diệp lục chlorophyll và sự biến đổi hàm lượng các sắc tố carotenoid [18]. Quá trình tổng hợp carotenoid có liên quan chặt chẽ với sự trao đổi glucid. Trong khi đó hàm lượng các sắc tố khác như carotenoid hay anthocyanin có thể tăng hoặc giữ mức ổn định, tuy

nhiên, do hàm lượng diệp lục suy giảm đáng kể, sắc xanh của quả bị mất đi, làm cho các sắc tố khác trở nên rõ ràng hơn. Trong khi sự suy giảm đáng kể hàm lượng diệp lục chlorophyll dẫn đến mất màu xanh đặc trưng của quả, hàm lượng các sắc tố như carotenoid và anthocyanin có thể tăng lên hoặc duy trì ổn định, qua đó làm cho các sắc tố này trở nên rõ ràng và chiếm ưu thế hơn về mặt thị giác [19].



Hình 5. Sự thay đổi màu sắc của xoài R2E2 khi xử lý nước nóng và chất xử lý nấm

Các kết quả ΔE trong nghiên cứu cho thấy, tốc độ thay đổi màu vỏ xoài R2E2 phụ thuộc rõ rệt vào công thức xử lý và điều kiện bảo quản. Sự gia tăng ΔE phản ánh quá trình phân giải diệp lục, hình thành và bộc lộ carotenoid cũng như anthocyanin trên bề mặt vỏ quả. Như vậy, kiểm soát pH dung dịch xử lý, kết hợp với nhiệt độ bảo quản thích hợp, không chỉ hạn chế cháy nhựa mà còn điều chỉnh được tốc độ biến đổi màu, qua đó duy trì giá trị thương phẩm và kéo dài thời gian bảo quản của xoài R2E2.

4. KẾT LUẬN

Đã xác định được công thức xử lý nhựa mủ CaO 50%, Na₂CO₃ 30%, Na₂SiO₃ 20% (2.500 ppm, 2 phút) kết hợp HWT 55°C và Fludioxonil 300 ppm (5 phút) giúp giảm hiện tượng cháy mủ, hạn chế bệnh thối và kéo dài bảo quản xoài R2E2.

Xử lý nhiệt trước bảo quản cho thấy, hiệu quả rõ rệt đối với xoài R2E2 trong việc hạn chế bệnh thối đầu cuống, thán thư và kéo dài thời gian bảo quản, tuy nhiên lại gây hiện tượng teo tóp trên bề mặt quả ở xoài. Khi kết hợp xử lý nước nóng với chất xử lý nấm cho kết quả tích cực trong việc hạn chế nấm bệnh. Việc tiếp tục theo dõi thời gian bảo quản, khảo sát nhiệt độ bảo quản phù hợp cho nhiều giống xoài và triển khai ở quy mô lớn nhằm ứng dụng vào thực tiễn sản xuất là những hướng phát triển cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alam, S. M. K., Rahman, M. A., Reza, M. H., Amin, M. N. & Hussen, M. A. M. (2019). Postharvest loss assessment of mango at different stages of supply chain through traditional and improved handling practices. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 9(3), 384 - 388.

2. Ntsoane, M. L., Zude-Sasse, M., Mahajan, P. & Sivakumar, D. (2019). Quality assessment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. *Scientia Horticulturae*, 249, 77 - 85.
3. FAO (2019). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
4. Tran, K. A., Le, M. T. & Hoàng, A. T. (2023). The impact of the COVID-19 pandemic on Vietnam's exports. *Thuongmai University Journal*, 10, 1485 - 1496.
5. Biswas, Parthasarathi (2022). Freight disruptions pose serious challenges to mango exporters. *The Indian Express*. <https://indianexpress.com/article/cities/pune/freight-disruptions-pose-serious-challenges-to-mango-exporters-7898590/>. Ngày truy cập 01/7/2025.
6. Thayalan, S., Priyashnatha, A. K. H. & Mahendranathan, C. (2020). A preliminary survey on postharvest challenges of small-scale farm holders of mango (*Mangifera indica* L.) of Batticaloa district, Sri Lanka; status and requirement. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 04(11), 289 - 295.
7. Reitz, N. F. & Owusu Kyeremateng, D. (2017). Postharvest handling of mangos: How-to manual. Horticulture Innovation Lab. University of California, Davis. https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsl1816/files/extension_material_files/Postharvest-Handling-of-Mangoes-Manual-May-2017.pdf. Ngày truy cập 01/07/2025.
8. FAO (2004). Post-harvest management of mango for quality and safety assurance. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Technical guide. 62 pp.
9. CIE (2004). Colorimetry, 3rd edition. International Commission on Illumination, Vienna. Publication CIE 15:2004. 82 pp.
10. Sivakumar, D., Hewajulige, I. G. N. & Wijeratnam, R. S. W. (2011). Sap burn in mango: Causes and control measures. *Acta Horticulturae*, 895, 415 - 421.
11. Hettiarachchi, D. S., Gunawardhana, H. D. & Jayasinghe, C. V. L. (2018). Sap burn injury management of mangoes (*Mangifera indica* L.) in Sri Lanka. *Annals of Sri Lanka Department of Agriculture*, 20, 275 - 285.
12. Krishnapillai, N. & Wilson Wijeratnam, R. S. (2016). Sap volatile components in relation to susceptibility of anthracnose and Aspergillus rot of mangoes (*Mangifera indica* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92(2): 206 - 213.
13. Syngenta (2017). Post-harvest MRLs for Fludioxonil. Syngenta crop protection, Greensboro, NC. Technical bulletin. 4 pp.
14. Dao, T. H., Trinh, L. H., Nguyen, T. T. & Pham, T. L. (2023). Mango anthracnose disease: The current situation and direction for future research. *Horticulturae*, 9(8), 900. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080900>
15. Johnson, G. I., Mead, A. J., Cooke, A. W. & Dean, J. R. (1992). Mango stem-end rot pathogens: Fruit infection by endophytic colonisation of the inflorescence and pedicel. *Annals of Applied Biology*, 120(2), 225 - 234. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1992.tb03420.x>
16. Karunanayake, K. O. L. C. & Adikaram, N. K. B. (2020). Stem-end rot in major tropical and subtropical fruit species: A review. *Tropical Plant Pathology*, 45, 1 - 18. <https://doi.org/10.1007/s40858-019-00289-y>
17. Swart, S., Serfontein, J., Swart, G. & Labuschagne, C. (2009). Chemical control of post-harvest diseases of mango: The effect of fludioxonil and prochloraz on soft brown rot, stem-end rot and anthracnose. *Acta Horticulturae*, 820, 503 - 510.
18. Rodríguez-Amaya, D. B.; Godoy, H. T. & Teixeira, H. (2007). Changes in individual carotenoids on processing and storage of mango (*Mangifera indica*) slices and purée. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(5): 451 - 460.
19. Muengkaew, R., Chaiprasart, P. & Warrington, I. (2016). Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl jasmonate. *Scientia Horticulturae*, 198, 70 - 79.

**RESEARCH ON SAP BURN MANAGEMENT AND POSTHARVEST PRESERVATION TECHNOLOGY
OF R2E2 (*Mangifera indica* L.)**

Le Minh Hung¹, Nguyen Vinh Phuc¹

¹ *Sub-Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology*

Abstract

This study evaluated the effectiveness of an integrated postharvest treatment including a high-pH sap burn treatment, hot water treatment (HWT) and Fludioxonil fungicide application for controlling sap burn and postharvest rots in R2E2 mangoes (*Mangifera indica* L.). Mangoes were treated with the optimal sap treatment formula composed of 50% calcium oxide (CaO), 30% sodium carbonate (Na₂CO₃) and 20% sodium metasilicate (Na₂SiO₃) at a concentration of 2,500 ppm for 2 minutes, followed by hot water treatment at 55°C combined with 300 ppm Fludioxonil for 5 minutes. The results showed sap burn scores decreased from 3.80 to 0.59 (0 - 5 scale) and stem-end rot incidence reduced to 1.67% in treated fruits after 9 days of storage at 13°C, compared to 9.27% in the control. The ΔE of peel color increased more slowly in treated samples. This combined treatment effectively maintained fruit appearance, suppressed fungal growth and extended shelf life by at least 4 - 5 days relative to the control.

Keywords: *R2E2 mango, sap burn treatment, hot water treatment.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 15/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 3/8/2025

Ngày duyệt đăng: 11/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ CHẾ PHẨM TẠO MÀNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG BƯỞI DA XANH SAU THU HOẠCH

Nguyễn Vĩnh Phúc^{1,*}, Nguyễn Lan Thanh¹,

Nguyễn Thị Huệ¹, Lê Minh Hùng¹

¹Phân viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

* Email: nguyenvinhphuc318@gmail.com

TÓM TẮT

Quả bưởi da xanh mang lại rất nhiều giá trị dinh dưỡng và kinh tế cho con người. Tuy nhiên, việc bảo quản và xử lý sau thu hoạch không đúng cách dễ gây ra tổn thương trên quả dẫn đến giảm giá trị kinh tế gây ảnh hưởng cho nông dân và nhà thu hoạch. Hiện nay, việc sử dụng chế phẩm bảo quản để hỗ trợ giảm sự mất nước cũng như tạo được một rào cản bảo vệ quả đang được nghiên cứu rộng rãi. Nghiên cứu này đã tập trung vào việc phát triển chế phẩm bảo quản từ các loại sáp khác nhau để hạn chế sự hao hụt khối lượng, giữ được màu sắc của vỏ quả, kéo dài được thời gian bảo quản phục vụ cho việc giảm hư hỏng trên đường vận chuyển đến tay người tiêu dùng. Mật độ nấm men nấm mốc trên quả sau khi được xử lý sơ bộ thì gần như bằng không. Trong 8 tuần ở điều kiện 20°C và được phủ 1 lớp chế phẩm bảo quản từ sáp carnauba và sáp ong đã hỗ trợ kéo dài thời gian bảo quản so với các mẫu đối chứng. Về cảm quan mùi vị màu sắc hay các độ axit và brix của quả đều đạt chỉ số ổn định và bình thường so với quả thông thường, từ đó cho thấy hiệu quả của việc xử lý sau thu hoạch mang lại trong việc bảo quản quả tươi.

Từ khóa: Bưởi da xanh, chất phủ, sáp carnauba, sáp ong.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bưởi da xanh (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.), còn được gọi là “pummelo” hoặc “shaddock”, là một loại cây ăn quả thuộc họ Rutaceae. Mặc dù *C. grandis* (L.) Osbeck được sử dụng thường xuyên hơn *C. maxima* (J. Burman) Merrill nhưng cả hai tên đều đúng theo Quy tắc danh pháp thực vật quốc tế [1]. Bưởi được trồng và tiêu thụ trên toàn thế giới dưới dạng quả tươi hoặc các sản phẩm chế biến như nước trái cây và đồ hộp [2]. Quả bưởi có vỏ dày và có thể chiếm trên 30% khối lượng quả. Chúng được người tiêu dùng ưa chuộng do kích thước to, giá trị dinh dưỡng cao và có mùi thơm đặc trưng [3].

Theo quy hoạch của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, bưởi da xanh được coi là một trong 12 loại cây tiềm năng và chủ lực của khu vực Nam bộ chủ yếu là ở các tỉnh miền Tây Nam bộ [4]. Trong đó, tỉnh Bến Tre là một trong những khu vực có diện tích canh tác lớn nhất nước [4]. Trong những năm gần đây, bưởi da xanh đã trở

thành một sản phẩm nông nghiệp quan trọng ở tỉnh Bến Tre. Theo Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre, diện tích trồng bưởi da xanh toàn tỉnh là 8.824 ha chiếm khoảng 30% diện tích cây ăn trái [5]. Hơn thế nữa, theo thống kê, năng suất trung bình của bưởi da xanh đạt khoảng 11 tấn trên một héc-ta đất [4], giá bưởi này tăng cao và đem lại thu nhập đáng kể cho người nông dân và các bên liên quan trong chuỗi cung ứng. Điều này thúc đẩy nhiều nông dân chuyển đổi từ các loại cây trồng khác sang trồng bưởi da xanh, tạo ra hiệu quả kinh tế và xã hội tích cực cho địa phương. Các hiệp định thương mại tự do giữa Việt Nam và các nền kinh tế lớn trên thế giới đã tạo ra cơ hội tiếp cận thị trường quốc tế cho nông sản Việt Nam. Tuy nhiên, để đáp ứng các yêu cầu khắt khe về chất lượng và an toàn thực phẩm của từng thị trường, các doanh nghiệp nông nghiệp trong nước cần phải đầu tư mạnh vào công nghệ và thiết bị xử lý nông sản. Điều này sẽ giúp tăng cường chất lượng sản phẩm và đảm bảo được an toàn vệ sinh

thực phẩm, từ đó tăng cường khả năng cạnh tranh của nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế. Do đó, nghiên cứu về tăng cường năng suất, nâng cao chất lượng của bưởi da xanh cũng như bảo quản để giảm tình trạng hư hỏng sau khi thu hoạch và vận chuyển có thể sẽ còn là một hướng đi tiềm năng để phát triển nông nghiệp và kinh tế tại địa phương [5].

Tất cả các loại trái cây và rau quả nói chung cũng như quả bưởi nói riêng đều có một lớp sáp phủ tự nhiên trên bề mặt của chúng. Lau rửa trái cây hoặc làm trầy xước bề mặt bằng giấy gói đều làm giảm tác dụng bảo vệ của lớp sáp và làm tăng tốc độ hô hấp của quả. Do đó, việc nghiên cứu một lớp màng sáp khác phủ trên quả sau khi xử lý rửa sơ bộ được nghiên cứu để tăng thời gian bảo quản quả [6]. Gần đây, do mối quan tâm ngày càng tăng về các vấn đề sức khỏe con người và bảo vệ môi trường, việc phát triển các lớp phủ ăn được tự nhiên có thể phân hủy sinh học để duy trì chất lượng rau quả sau thu hoạch càng trở nên cấp thiết. Chúng có khả năng thay thế các loại sáp tổng hợp thương mại hiện đang được sử dụng trên thị trường, có thành phần chủ yếu là polyetylen bị oxy hóa [7, 8]. Lớp phủ tự nhiên có thể ăn được “natural edible coating” hoặc vật liệu tạo màng bao gồm các loại như: Polysaccharit, protein, lipid và các vật liệu tổng hợp khác nhau [8, 9]. Do tính phân cực thấp, tạo màng và lớp phủ gốc lipid có đặc tính kỵ nước, do đó chúng được coi là có hiệu quả cao trong việc giảm thất thoát độ ẩm [9]. Cho đến nay, hầu hết các nghiên cứu về lớp phủ cho loại trái cây có múi tập trung vào các vật liệu tổng hợp như: Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)/shellac [8, 9, 10]. Chitosan, một polysaccharide mang điện tích dương được tạo ra từ chitin thông qua quá trình khử acetyl trong môi trường kiềm, có thể hình thành một lớp bán thấm trên bề mặt quả giúp điều chỉnh khí quyển bên trong, từ đó làm chậm quá trình chín và lão hóa ở nhiều loại cây trồng làm vườn, đồng thời làm giảm đáng kể tốc độ hô hấp và sự phân giải tinh bột cũng như tăng cường khả năng kháng bệnh cho cây [11, 12, 13]. Bên cạnh đó, chất phủ từ sáp cũng được sử dụng trong việc bảo quản quả giúp ngăn việc mất độ ẩm của quả nhất là trong mùa khô [14]. Sáp được sử dụng làm màng ngăn khí và độ

ẩm và để cải thiện hình thức bề mặt của các loại trái cây và rau quả khác nhau. Sáp (đặc biệt là paraffin, carnauba, candelilla và sáp ong) là những hợp chất hiệu quả nhất cung cấp một lớp màng ngăn cản việc hút ẩm và hao hụt khối lượng [15]. Một số nghiên cứu đã được thực hiện để phát triển sáp “edibile wax” từ các vật liệu sinh học như: Semperfresh và jonfresh [16], kafirin từ cao lương [17] và vật liệu kết hợp sáp ong, tinh bột sắn [18]. Trong số các chất béo, sáp carnauba, một loại sáp có nguồn gốc từ thực vật, đã được sử dụng rộng rãi cho các ứng dụng thực phẩm bao gồm làm màng và lớp phủ để tăng cường thời gian bảo quản sau thu hoạch của nhiều loại trái cây và rau quả [9, 19, 20]. Sáp Carnauba là chất tiết ra từ lá cây cọ Brazil (*Copernicia ceirifera*) có nhiệt độ nóng chảy rất cao và được sử dụng như một phụ gia cho các loại sáp khác để tăng độ bền và bóng [21]. Sáp Carnauba được coi là một chất GRAS (thường được công nhận là an toàn) và được phép sử dụng trong lớp phủ trái cây và rau quả tươi, kẹo cao su, bánh kẹo và nước sốt mà không có giới hạn nào [22]. Sáp ong hay “sáp trắng” được tiết ra bởi ong mật trong khi xây tổ, khi kết hợp với một loại chất phủ khác có khả năng ngăn chặn sự mất nước, chống hút ẩm. Sáp ong có thể được làm tan chảy bằng nước nóng, hơi nước hoặc năng lượng mặt trời [22, 23]. Loại sáp này mang tính dẻo ở nhiệt độ phòng nhưng trở nên giòn hơn ở nhiệt độ thấp. Sáp ong có thể hòa tan trong hầu hết các loại sáp và dầu khác. Sáp ong được coi là chất GRAS (được xem là an toàn) và được phép sử dụng trực tiếp trong thực phẩm với một số hạn chế. Mức tối đa cho phép là 0,065% trong kẹo cao su, 0,005% trong bánh kẹo và kem phủ, 0,04% trong kẹo cứng, 0,1% trong kẹo mềm và 0,002% trong tất cả các loại thực phẩm khác [22]. Với tính chất, khả năng bảo quản cũng như sự an toàn của cả 2 loại sáp này (carnauba và sáp ong), việc nghiên cứu sử dụng để bảo quản đang được quan tâm. Bên cạnh việc lớp phủ trên bề mặt quả để bảo quản, thì trái cây sau thu hoạch cũng cần một số bước xử lý sơ bộ như là rửa quả giúp tăng cường thời gian bảo quản quả. Việc vệ sinh sơ bộ bề mặt quả có bổ sung một số dung dịch tẩy rửa giúp loại bỏ các chất bẩn bám dính cũng như một số vi sinh vật có hại trên quả. Từ các nghiên cứu kể trên cũng như tình hình của

việc bảo quản bưởi, đã đề xuất hướng nghiên cứu hoàn thiện quy trình sơ chế xử lý sơ bộ và bảo quản quả bưởi da xanh bằng lớp phủ tự nhiên tại tỉnh Bến Tre đạt chất lượng tốt nhất và giảm tỷ lệ hư hỏng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị vật liệu

Bưởi da xanh được thu hoạch ở xã Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre, sau đó được xử lý sơ bộ với các dung dịch rửa trong vòng 5 phút (mỗi dung dịch rửa gồm 6 quả) bao gồm không xử lý (kí hiệu ĐC 1), Mango Wash (kí hiệu R1), Chloramine B (kí hiệu R2), Chlorine (kí hiệu R3), được bảo quản ở nhiệt độ phòng mát $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ để theo dõi quá trình. Với điều kiện tối ưu từ thí nghiệm rửa quả bưởi sau đó thực hiện phủ chế phẩm (mỗi chế phẩm 6 quả) bao gồm: Không xử lý (ĐC 2), Carnauba + Ong (CP1), Beewax (CP3), Chitosan (CP4), Citrosol (CP5) và được bảo quản ở nhiệt độ $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ để theo dõi quá trình. Tất cả các hóa chất xử lý đều có độ tinh khiết cao ($\geq 99\%$) và được pha loãng hoặc xử lý bằng nước cất 1 lần. Chế phẩm được phủ bằng phương pháp nhúng trực tiếp vào dung dịch và dùng tay xoa đều để hạn chế dư lượng. Sau đó quả sẽ được phơi khô và vào quản theo nhiệt độ nêu trên.

2.2. Chuẩn bị chế phẩm

Các chất phủ được sử dụng trong thí nghiệm Citrosol (từ polyethylene và shellac, A Limes EU) và Chitosan (CAS 9012 - 76 - 4). Bên cạnh đó, chất phủ carnauba được chuẩn bị theo nghiên cứu của Hagenmaeir [12, 13] và beewax được chuẩn bị theo nghiên cứu của Hassan và cs (2014) [24].

Chế phẩm carnauba và sáp ong được điều chế bằng hỗn hợp 20% sáp carnauba và sáp ong (% tổng chất khô, tỷ lệ 1: 1) và 3% axit béo (axit oleic, China) được đun ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của carnauba ($82 - 86^{\circ}\text{C}$) từ $10 - 20^{\circ}\text{C}$. Sau đó dung dịch 3% morpholine (Merck, 21 CFR 172.235) sẽ được thêm vào hỗn hợp sáp đã chảy, cho chậm rãi 60 - 70% nước nóng ($95 - 100^{\circ}\text{C}$) vào hỗn hợp sáp. Cuối cùng, làm lạnh sản phẩm xuống 50°C , hỗn hợp cần được khuấy đều trong suốt cả quá trình [12, 13].

Chế phẩm beewax (sáp ong, USA) được điều chế như sau: 100 g sáp được hòa tan với 100 mL nước nóng ($90 - 100^{\circ}\text{C}$, đảm bảo nhiệt độ để sáp được thủy phân hoàn toàn). Tiếp theo đó, 20 mL axit oleic và 6 mL morpholine được thêm vào hỗn hợp sáp. Cuối cùng, sau khi hỗn hợp đã được hòa lẫn với nhau, định mức lên 1.000 mL với nước cất. Sản phẩm nhũ hóa là một dạng xà phòng được tạo ra bởi phản ứng giữa axit béo và morpholine. Axit oleic được hòa tan ở trong pha sáp, trong khi morpholine được hòa tan ở pha nước. Thay vì sử dụng axit oleic và morpholine, có thể thay bằng axit stearic, axit myristic, triethanolamine, NaOH, KOH, hoặc NH_3 [24].

2.3. Phân tích chất lượng quả

Các chỉ tiêu theo dõi mỗi tuần bao gồm hao hụt khối lượng quả ($m_t/m_o \cdot 100$ với m_o khối lượng ban đầu, m_t chênh lệch khối lượng tại thời điểm t , cân điện tử 2 số Shimadzu TX3202L), màu sắc (đo L^* , a^* , b^* , máy đo màu Konica Monilta CR-410) và đánh giá cảm quan [25]. Bên cạnh đó các chỉ tiêu được tiến hành lúc ban đầu và ngay khi kết thúc quá trình bảo quản bao gồm tổng chất rắn hòa tan TSS ($^{\circ}\text{Brix}$, máy đo Brix Atago RX-5000), axit tổng (chuẩn độ bằng dung dịch NaOH 0,1M, axit citric/100 mL mẫu) và mật độ vi sinh vật (nấm men, mốc, vi sinh vật hiếu khí CFU/cm²). Các chỉ tiêu phân tích đều được lặp lại 3 lần để đảm bảo độ chính xác và tính toán độ lệch chuẩn (standard deviation).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được thiết kế ngẫu nhiên và lặp lại 3 lần để đảm bảo độ chính xác và được tính toán độ lệch chuẩn (Standard deviation). Các phần mềm được sử dụng để xử lý số liệu bao gồm Minitab 18 và Excel.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của dung dịch rửa lên thời gian bảo quản quả

Sự khác biệt thống kê của các tính chất về khối lượng, tổng chất rắn hòa tan, độ axit và chỉ tiêu vi sinh của quả bưởi sau thời gian 4 tuần bảo quản ở 20°C với 3 mẫu chất rửa khác nhau và 1 mẫu đối chứng được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của dung dịch rửa đến chỉ tiêu đánh giá chất lượng quả bưởi

Chỉ tiêu /Chất rửa		R1	R2	R3	ĐC 1
Hao hụt khối lượng (%)		11,72 ± 0,366a	9,67 ± 0,366ab	9,83 ± 0,366b	10,67 ± 0,448a
Mật độ VSV hiếu khí (CFU/cm ²)		449,25 ± 734a	230,19 ± 734a	146,00 ± 734a	2680,91 ± 734a
Mật độ nấm mốc (CFU/cm ²)		90,727 ± 27ab	15,611 ± 27b	13,284 ± 27b	157,35 ± 27a
Tỷ lệ nấm men (CFU/cm ²)		29,28 ± 135a	165,63 ± 135a	0,00 ± 135a	499,59 ± 135a
TSS (°Brix)		10,50 ± 0,447a	10,92 ± 0,447a	10,51 ± 0,447a	11,36 ± 0,447a
Độ axit		0,54 ± 0,075a	0,71 ± 0,075a	0,55 ± 0,075a	0,62 ± 0,075a
Cảm quan	Hình dạng	1,50 ± 0,052c	1,81 ± 0,052b	2,08 ± 0,052a	1,59 ± 0,064c
	Màu sắc	3,23 ± 0,125b	3,28 ± 0,125b	3,42 ± 0,125b	4,17 ± 0,153a
	Tổn thương vỏ	2,96 ± 0,134a	2,98 ± 0,134a	2,93 ± 0,134a	3,39 ± 0,164a
	Tổn thương cơ học	3,02 ± 0,117b	2,73 ± 0,117b	2,83 ± 0,117b	3,73 ± 0,143a
Màu sắc	Chỉ số L	73,784 ± 0,447b	74,375 ± 0,455b	76,335 ± 0,440a	76,319 ± 0,548a
	Chỉ số a*	-11,167 ± 0,442a	-11,596 ± 0,450a	-10,318 ± 0,435a	-10,374 ± 0,541a
	Chỉ số b*	20,988 ± 0,691b	21,874 ± 0,703b	24,602 ± 0,680a	25,729 ± 0,846a

*Ghi chú: *Các số liệu không cùng kí tự được xem là có sự khác biệt về thống kê ($p \leq 0,05$).*

Bảng 1 cho thấy, về chỉ tiêu hao hụt khối lượng giữa mẫu đối chứng và mẫu rửa bằng mango wash và chloramine B không có sự khác biệt về mặt thống kê ($p > 0,05$). Từ đó có thể kết luận, dung dịch rửa không ảnh hưởng nhiều đến việc giảm khối lượng ở quả. Về các chỉ tiêu tổng chất rắn hòa tan, độ axit cho thấy, số liệu không có sự khác biệt rõ ràng về mặt thống kê. Các dung dịch rửa dường như không ảnh hưởng quá nhiều đến chất lượng bên trong lẫn bên ngoài quả. Ở các chỉ tiêu vi sinh như nấm mốc và nấm men sau 4 tuần bảo quản thì tổng số vi sinh vật hiếu khí lẫn tổng số bào tử nấm men, nấm mốc ở các nghiệm thức có dấu hiệu giảm, hoặc tăng chậm so với ban đầu. Vì trên vỏ bưởi có chứa tinh dầu có khả năng tiêu diệt và ức chế sự sinh sản, phát triển của vi sinh vật. Ở dung dịch rửa R3 (chlorine) cho thấy, khả năng xử lý vi sinh vật (184,51 CFU/cm²)

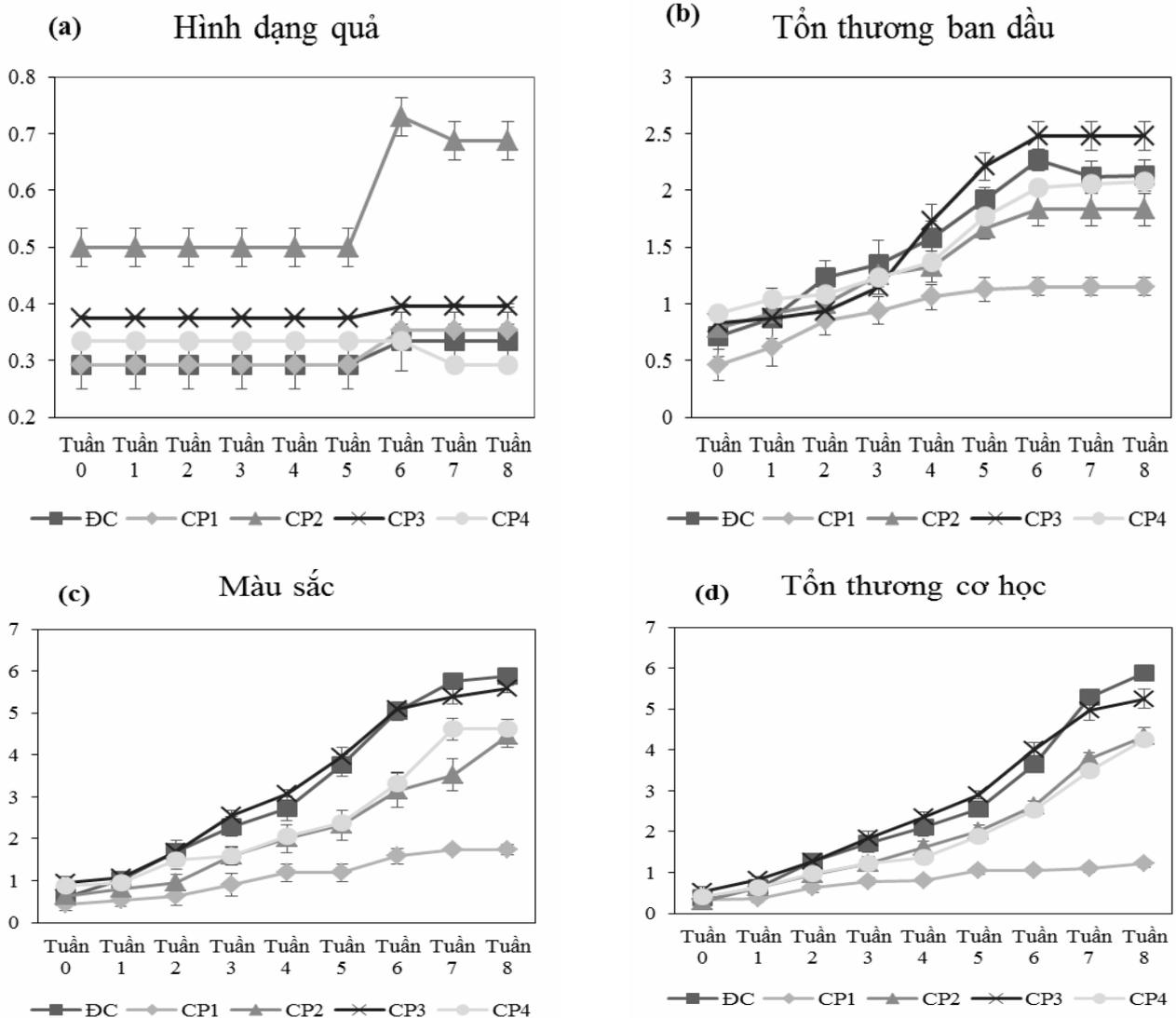
cũng như nấm men (0 CFU/cm²), nấm mốc (0 CFU/cm²) tốt hơn các loại còn lại. Tổng chất rắn hòa tan và độ axit của quả được đo ở mẫu ban đầu và mẫu sau bốn tuần đều có cùng một xu hướng tăng nhẹ. Chỉ số b* đại diện cho màu chuyển vàng ở quả, sau bốn tuần có thể thấy, chỉ số cao nhất ở mẫu R3 (28,23) và không có khác biệt quá lớn với mẫu đối chứng 4 tuần (27,72). Bên cạnh đó, giá trị dương của a* thể hiện màu đỏ ở quả và ngược lại giá trị âm của a* thể hiện màu xanh lá ở quả, ở tuần đầu tiên sắc xanh ở quả chưa rõ ràng. Sau 1 tuần thì giá trị a* ở cả 4 mẫu tăng lên rõ rệt, ngoại trừ mẫu R3. Ở tuần thứ 2, sắc xanh của quả có dấu hiệu giảm nhẹ, mẫu R3 có giá trị a* cao nhất -14,26 vào tuần thứ 3. Tóm lại, dựa trên khả năng khử khuẩn của quả thì mẫu R3 (chlorine) sẽ được lựa chọn làm dung dịch rửa tối ưu cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của chế phẩm tới thời gian bảo quản quả

Bảng 2. Các giá trị thống kê của chế phẩm bảo quản và mẫu đối chứng

Chỉ tiêu/Chất rửa	ĐC 2	CP1	CP2	CP3	CP4	
Hao hụt khối lượng (%)	12,92 ± 0,342a	1,96 ± 0,342d	8,39 ± 0,342c	11,28 ± 0,342b	7,27 ± 0,342c	
Cảm quan	Hình dạng	0,29 ± 0,039b	0,30 ± 0,039b	0,53 ± 0,039a	0,38 ± 0,039b	0,33 ± 0,039b
	Màu sắc	2,45 ± 0,1a	0,92 ± 0,1c	1,64 ± 0,1b	2,63 ± 0,1a	1,82 ± 0,1b
	Tổn thương vỏ	1,42 ± 0,0481ab	0,89 ± 0,0481c	1,26 ± 0,0481b	1,46 ± 0,0481a	1,35 ± 0,0481ab
	Tổn thương cơ học	1,75 ± 0,0686a	0,72 ± 0,0686c	1,33 ± 0,0686b	1,97 ± 0,0686a	1,29 ± 0,0686b
Màu sắc	Chỉ số L	75,45 ± 0,33b	72,77 ± 0,33d	74,19 ± 0,33bc	77,23 ± 0,33a	74,08 ± 0,33c
	Chỉ số a*	-13,33 ± 0,171a	-12,68 ± 0,171a	-13,06 ± 0,171a	-13,27 ± 0,171a	-13,22 ± 0,171a
	Chỉ số b*	24,30 ± 0,472a	20,19 ± 0,472d	21,62 ± 0,472cd	26,71 ± 0,472ac	22,18 ± 0,472c

*Ghi chú: *Các số liệu không cùng kí tự được xem là có sự khác biệt về thống kê ($p \leq 0,05$).*

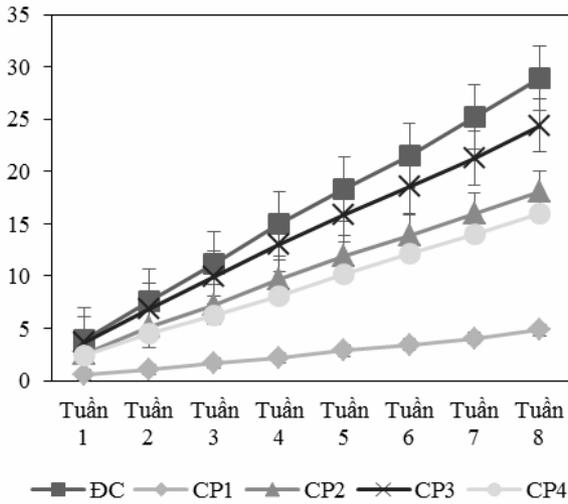


Hình 1. Đánh giá cảm quan trên bưởi phủ chế phẩm bảo quản

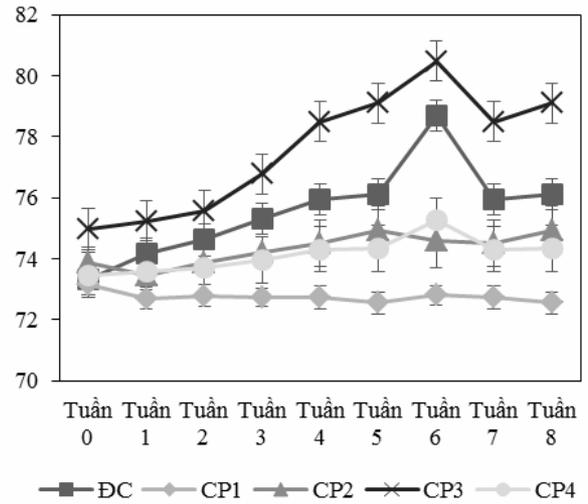
Quả bưởi ở từng nghiệm thức được phủ chế phẩm theo thứ tự từng nghiệm thức trên mục 2.1 phương pháp được đánh giá cảm quan theo thang từ 0 - 5 (tốt nhất đến tệ nhất) được biểu diễn trên hình 1. Hình dạng quả gần như không có thay đổi quá nhiều về điểm cảm quan. Về tổn thương vỏ ban đầu, màu sắc và tổn thương cơ học sau 8 tuần

có xu hướng tăng. Bên cạnh đó, CP1 so với cái chế phẩm còn lại có xu hướng tăng nhẹ hơn. Cụ thể ở màu sắc so với tuần ban đầu CP1 tăng 63%, trong khi đó mẫu ĐC tăng 85%. Qua đó, chỉ tiêu tổn thương cơ học cũng như tổn thương vỏ của CP1 tăng ổn định hơn các mẫu còn lại. Do đó, CP1 có thể được lựa chọn để tiếp tục thí nghiệm tiếp theo.

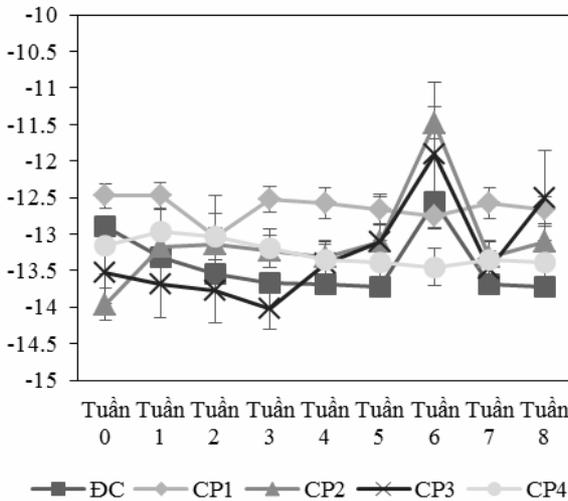
(a) Hao hụt khối lượng (%)



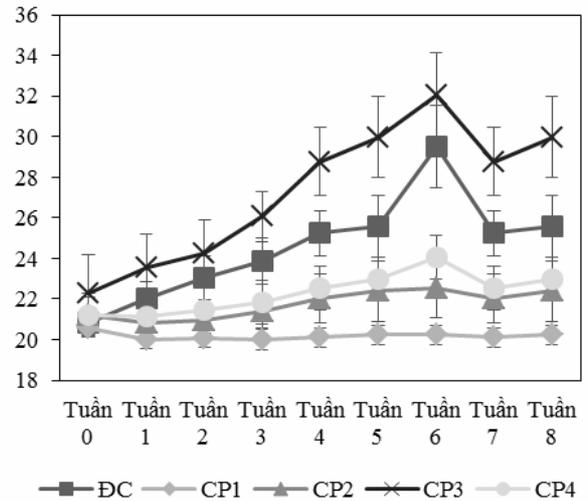
(b) Chỉ số L



(c) Chỉ số a



(d) Chỉ số b



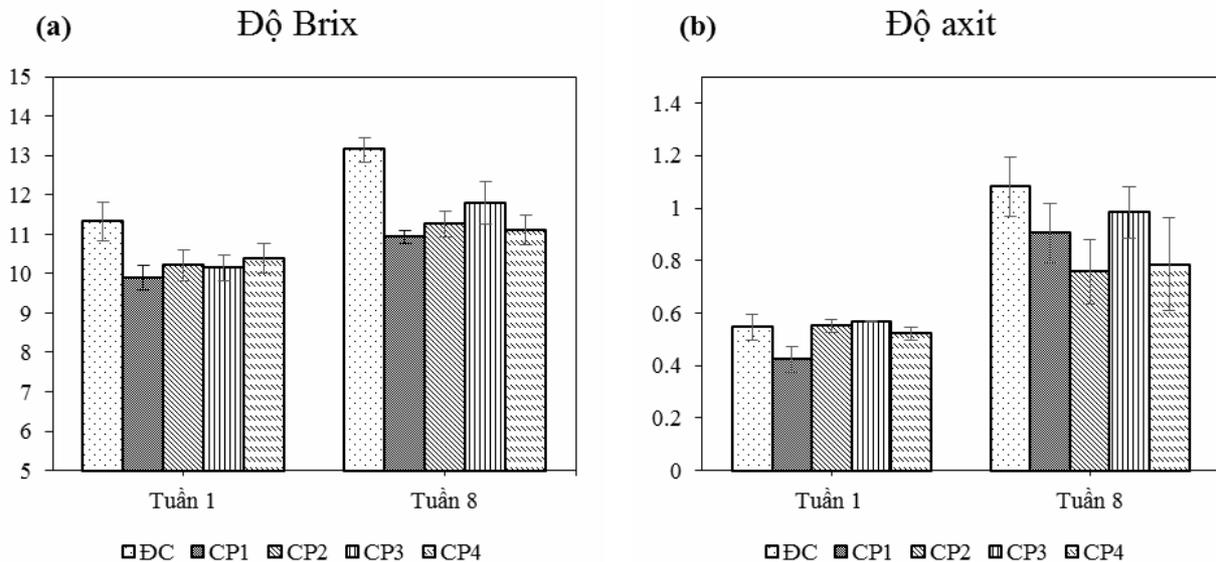
Hình 2. Ảnh hưởng của chế phẩm phủ đến chỉ tiêu (a) hao hụt khối lượng %, (b) hệ màu L, (c) hệ màu a, (d) hệ màu b

Hao hụt khối lượng %, hệ màu L, a, b trong đó L chỉ độ sáng màu của quả đen (âm) trắng (dương), a chỉ màu xanh lá (âm) đến đỏ (dương), b chỉ xanh dương (âm) đến vàng (dương) được mô tả trong hình 2. Quá trình chín của quả diễn ra sẽ dẫn đến hao hụt khối lượng cũng như quá trình

mất nước ở quả, chế phẩm phủ bên ngoài để giảm quá trình hô hấp cũng như mất nước của quả. Từ hình 2a có thể thấy, phần trăm hao hụt khối lượng của CP1 thấp hơn các chế phẩm còn lại, cụ thể so tuần 8 với tuần 1 (tuần 1 là 0,5%, tuần 8 là 4,8%), mẫu đối chứng (tuần 1 là 3,99%, tuần 8 là 28,9%).

Tuy nhiên, quả phủ CP1 không có độ sáng màu bằng các chế phẩm còn lại, có thể là độ bóng của chế phẩm không bằng các chế phẩm khác. Ở chỉ số a, CP1 và CP4 là hai mẫu có độ ổn định màu khá tốt, không có quá nhiều sự thay đổi về chỉ số a từ tuần 0 đến tuần 8. Bên cạnh đó, ở hình 2d, CP1, CP2 và CP4 cũng giữ ổn định mà khá tốt, không có sự chênh lệch chuyển sang sắc vàng so với tuần đầu. Chỉ số thay đổi màu sắc tổng thể (ΔE) được tính toán dựa trên sự khác biệt giữa ba thành phần màu (L^* , a^* , b^*) của các mẫu xử lý (CP1 - CP4) so với mẫu đối chứng (ĐC 2). Kết quả cho thấy, CP1 có giá trị ΔE cao nhất, đạt 4,95, phản ánh sự khác biệt màu sắc rõ rệt so với mẫu đối chứng. Cụ thể, CP1 ghi nhận mức giảm đáng kể về độ sáng (L^*) và độ vàng (b^*), cho thấy xu hướng màu sẫm và kém tươi hơn. Ngược lại, các mẫu CP2, CP3 và CP4 có giá trị ΔE lần lượt là: 2,97, 2,99 và 2,52 cho thấy, mức độ thay đổi màu sắc nhẹ đến trung bình. Mặc dù giá trị ΔE của CP3 tương đương CP2, nhưng mẫu này lại có chỉ số L^* cao nhất (77,23), biểu thị cho màu sắc sáng hơn rõ rệt so với các mẫu còn lại. Trong khi đó, CP4 có ΔE thấp nhất (2,52), chứng tỏ sự biến đổi màu sắc ở mức tối thiểu và gần giống nhất với mẫu đối chứng về mặt

thị giác. Theo phân loại phổ biến của ΔE : $\Delta E < 1$ là không phân biệt được bằng mắt thường; từ 1 đến dưới 3 là có thể cảm nhận nhẹ; từ 3 đến dưới 6 là khác biệt rõ ràng và từ 6 trở lên là sự khác biệt lớn. Do đó, chỉ có CP1 đạt ngưỡng thay đổi rõ rệt, trong khi các mẫu còn lại chỉ thay đổi nhẹ về màu sắc. Điều này cho thấy, tác động của các chất xử lý lên màu vỏ bưởi có sự khác biệt đáng kể, với CP1 gây ảnh hưởng mạnh nhất và CP4 giữ được màu nguyên bản tốt nhất. Tuy nhiên, sau 8 tuần thì sự thay đổi màu sắc của CP1 lại chậm hơn các mẫu còn lại cho thấy, sự giữ màu khá tốt của chế phẩm này. Với chất phủ CMC trên quả quýt Kinnow đã hỗ trợ giảm hô hấp và hư hỏng sớm ngay cả sau 60 ngày bảo quản lạnh (bằng thời gian so với CP1 của nghiên cứu) [26]. Các chế phẩm phủ dựa trên các dẫn xuất cellulose tan trong nước, chẳng hạn như: hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) hoặc methylcellulose, được bổ sung nấm đối kháng *Candida oleophila*, đã làm giảm đáng kể tỷ lệ thối hỏng và kéo dài thời gian bảo quản của bưởi lên đến 5 tuần (thấp hơn so với CP1 của nghiên cứu này) [27]. Theo nghiên cứu của Linh và cs (2024) [28], quả bưởi đã được cắt phủ alginate và xử lý với ascorbic bảo quản được tới 6 ngày.



Hình 3. Ảnh hưởng của chế phẩm đến độ Brix và axit của quả

Hình 3 mô tả ảnh hưởng của chế phẩm phủ đến chất lượng bên trong của quả, được đo ở tuần bắt đầu và tuần kết thúc thí nghiệm. So với tuần 1, thì cả hai chỉ tiêu đều có xu hướng tăng độ Brix (tăng khoảng 10%) và axit (tăng khoảng 50%). Điều

đó có nghĩa là độ chua của quả có xu hướng cao hơn độ ngọt. Chế phẩm phủ chỉ đảm bảo hạn chế sự mất nước của quả, có lẽ không ảnh hưởng quá nhiều đến tính chất bên trong của thịt quả. Từ các kết quả trên, có thể kết luận CP1 là ổn định nhất

và có thể được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo. Theo nghiên cứu El-Otmani và cs (2011), ở các loại quả có múi như cam, quýt, bưởi... khi ở nhiệt độ cao không gián đoạn (khí hậu nhiệt đới) thì hàm lượng đường và axit trong quả giảm nhanh

[29]. Từ nghiên cứu này có thể thấy, nhiệt độ bảo quản quả cũng khá quan trọng trong việc thay đổi sinh lý bên trong quả. Cần có thêm nghiên cứu về nhiệt độ bao gói kết hợp với việc phủ chế phẩm để đánh giá chính xác hơn.

Bảng 3. Hình ảnh quả bưởi được phủ chế phẩm trong 8 tuần

Tuần	ĐC	CP1 Carnauba	CP2 Bee wax	CP3 Chitosan	CP4 Citrosol
1					
8					

4. KẾT LUẬN

Sau khi được thu hoạch quả bưởi được xử lý rửa với chlorine và phủ chế phẩm bảo quản để hạn chế việc hao hụt hơi nước cũng như giữ quả được lâu hơn. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ dừng lại được ở công đoạn xử lý ban đầu và chưa có những công đoạn bảo quản sau này. Việc phủ chế phẩm hiện tại đang được nghiên cứu và phát triển nhiều, trong đó chế phẩm phủ của nghiên cứu được bắt nguồn từ sáp thiên nhiên không gây ảnh hưởng quá nhiều đến chất lượng quả đang được quan tâm và nghiên cứu rộng rãi hơn. Theo kết quả nghiên cứu thì khi được bảo quản ở khoảng 20°C và được xử lý rửa với dung dịch chlorine 200 ppm cùng với việc phủ chế phẩm bảo quản từ carnauba và sáp ong đã mang lại hiệu quả giúp kéo dài thời gian bảo quản của quả. Mẫu được phủ chế phẩm CP1 (carnauba và sáp ong) so với mẫu đối chứng thì không gây ảnh hưởng đến mùi vị, không có mùi lạ ảnh hưởng đến cảm quan quả. Nhờ vào tiền đề như trên có thể tiếp tục các nghiên cứu về nhiệt độ bao gói và các phương pháp hoặc các loại chế phẩm từ polymer để bảo quản quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. Kundusen, M. Gupta, U. K. Mazumder, P. K. Haldar, P. Saha and A. Bala (2011). Antitumor activity of *Citrus maxima* (Burm.) Merr. leaves in

Ehrlich's ascites carcinoma cell-Treated Mice. *ISRN Pharmacol*, vol. 2011, p. 138737.

2. Yu-Jung Cheng, Ying-Jou Wu, Fang-Wei Lee, Ling-Yi Ou, Chi-Nan Chen, Yu-Ying Chu and Yen-Chou Kuan (2022). Impact of storage condition on chemical composition and antifungal activity of pomelo extract against *Colletotrichum gloeosporioides* and Anthracnose in Post-harvest Mango. *Plants (Basel)*, 11(15), 2064; <https://doi.org/10.3390/plants11152064>

3. W.-r. Hu, Y.-l. Jiang, X.-m. Li, S.-z. Liu and Z.-q. Zhang (2010). Research progress in postharvest physiology and storage technology of pomelo fruit. *Food Scienc*, 31(21), 394 - 399.

4. Hoàng Văn Việt (2014). Phân tích lợi ích tài chính của chuỗi giá trị bưởi gia xanh tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Mở thành phố Hồ Chí Minh*, 9(1), 94 - 102.

5. Lê Hoàng Trì (2019). Nghiên cứu các nhân tố tác động đến giá trị thương hiệu Bưởi da xanh Hương Miền Tây tỉnh Bến Tre. Luận văn Thạc sỹ Kinh tế chuyên ngành Quản trị kinh doanh, trường Đại học Kinh tế thành phố Hồ Chí Minh.

6. T. K. Vijaykumar, S. T. Sima and K. J. (2017). Application of edible coatings on fruits and vegetables. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(1), 591 - 603.

7. H. Arnon, Y. Zaitsev, R. Porat and E. Poverenov (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 21 - 26.
8. S. A. Valencia-Chamorro, L. Palou, M. Á. del Río and M. B. Pérez-Gago (2011). Performance of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-lipid edible coatings with antifungal food additives during cold storage of 'Clemenules' mandarins. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2342 - 2348.
9. L. Susmita Devi, S. Kalita, A. Mukherjee and S. Kumar (2022). Carnauba wax-based composite films and coatings: Recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 296 - 305.
10. M. L. Navarro-Tarazaga, M. A. Del Río, J. M. Krochta and M. B. Pérez-Gago (2008). Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated 'Ortanique' mandarins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10689 - 10696.
11. A. Contreras-Oliva, C. Rojas-Argudo, and M. B. Pérez-Gago (2012). Effect of solid content and composition of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible coatings on physico-chemical and nutritional quality of 'Oronules' mandarins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(4), 794 - 802.
12. R. D. Hagenmaier (1998). Wax microemulsion formulations used as fruit coatings. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 111, 251 - 254.
13. R. D. Hagenmaier (2000). Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 19(2), 147 - 154.
14. R. N. Tharanathan (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future *Trends in Food Science & Technology*, 14(3), 71 - 78.
15. R. K. Dhall (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53(5), 435 - 50.
16. E. Yang, Y. Zhao and M. Qian (2010). Effect of edible coating on volatile compounds of hardy kiwifruit during storage. In *ACS Symposium Series*, 1035, 79 - 94.
17. C. Gao *et al.* (2004). Effect of preparation conditions on protein secondary structure and biofilm formation of kafirin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2), 306 - 312.
18. A. Sunmola (2012). Mineral compositions of an edible emulsion (Bemul-wax) from cassava (*Manihot esculentum*) Starch. *British Journal of Applied Science & Technology*, 2(1), 6 - 22.
19. S. Kumar, Namrata Singh, L. Susmita Devi, Shrawan Kumar (2022). Neem oil and its nanoemulsion in sustainable food preservation and packaging: Current status and future prospects. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7(2): 100254. DOI:10.1016/j.jafr.2021.100254
20. M. Miranda, Xiuxiu Sun, Anna Marín, Luana Cristina dos Santos, Anne Plotto, Jinhe Bai, Odílio Benedito Garrido Assis, Marcos David Ferreira, Elizabeth Baldwin (2022). Nano- and micro-sized carnauba wax emulsions-based coatings incorporated with ginger essential oil and hydroxypropyl methylcellulose on papaya: Preservation of quality and delay of post-harvest fruit decay. *Food Chem: X*, 13, 100249. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100249>
21. Bennett, D. C. (1975). Spatial and temporal uses of english prepositions: an essay in stratificational semantics. Longman Publishing Group. *Open Journal of Modern Linguistics*, 14(3), 235.
22. D. J. Hall (2011). Edible coatings from lipids, waxes and resins. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, 08/25, 79 -101.
23. A. P. Tulloch (1970). The composition of beeswax and other waxes secreted by insects. *Lipids*, 5(2), 247 - 258.

24. Z. Hassan, S. Lesmayati, R. Qomariah, and A. Hasbianto (2014). Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar. *International Food Research Journal*, 21(2), 641 - 648.
25. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10746:2015. Bưởi quả tươi - Yêu cầu kỹ thuật.
26. A. K. Baswal, H. S. Dhaliwal, Z. Singh, B. V. C. Mahajan, A. Kalia, and K. S Gill (2020). Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit. *Scientia Horticulturae*, 260. DOI:10.1016/j.scienta.2019.108887
27. R. G. McGuire and E. A. Baldwin (1994). Compositions of cellulose coatings affect populations of yeasts in the liquid formulation and on coated grapefruits. In *Proceedings-Florida State Horticultural Society*, 107, 293 - 293.
28. Cao Thi My Linh, Ngoc Duc Vu, Tan Phat Dao, Phong Huynh (2024). Effectiveness of sodium alginate-based coating on the preservation of Da xanh pomelo fresh-cut. *Applied Food Research*, 4(1), 100426. DOI:10.1016/j.afres.2024.100426
29. M. El-Otmani, A. Ait-Oubahou, and L. Zacarias (2011). 21 - *Citrus* spp.: Orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 437 - 516e.

**STUDY ON THE INFLUENCES OF COATING WAX
ON QUALITY OF POST - HARVEST POMELO**

Nguyen Vinh Phuc¹, Nguyen Lan Thanh¹,

Nguyen Thi Hue¹, Le Minh Hung¹

¹Sub-Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology

Abstract

Green skin pomelo (*Citrus maxima*) is an economically and nutritionally valuable fruit; however, improper post-harvest handling and storage practices can cause mechanical injuries that significantly reduce its market value, adversely affecting farmers and distributors. The application of preservative formulations has emerged as a promising strategy to minimize moisture loss and provide a protective barrier against external damage. This study aimed to develop and evaluate preservative formulations based on various waxes to reduce weight loss, maintain peel color, and extend storage life, thereby minimizing post-harvest losses during transportation to consumers. Following preliminary surface treatments, yeast and mold populations on the fruit surface were nearly undetectable. Under storage at 20°C for eight weeks, fruit coated with a carnauba wax-based preservative exhibited a markedly prolonged shelf life compared to untreated controls. Sensory attributes, including aroma, flavor, and peel color, as well as physicochemical parameters such as titratable acidity and soluble solids content (Brix index), remained stable and within acceptable ranges, comparable to freshly harvested fruit. These findings demonstrate that the application of carnauba wax-based coatings is an effective post-harvest treatment for maintaining quality and extending the shelf life of fresh pomelo.

Keywords: *Pomelo, coating, carnauba, bee wax.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 11/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ GIÀ THU HOẠCH ĐẾN KHẢ NĂNG BẢO QUẢN QUẢ CHUỐI TÂY GIỐNG GL3-2

Hoàng Thị Lệ Hằng¹, Nguyễn Đức Hạnh¹, Nguyễn Hoàng Việt¹, Hoàng Thị Tuyết Mai¹

¹ Viện Nghiên cứu Rau quả

* Email: hoangthilehang@yahoo.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định độ già thu hoạch thích hợp cho giống chuối tây GL3-2 nhằm nâng cao chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch. Quả chuối được thu hái tại 5 thời điểm sau trổ hoa: 90, 100, 110, 120 và 130 ngày, sau đó được bảo quản ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$ cho đến khi tỷ lệ hư hỏng > 10%. Tiến hành phân tích các chỉ tiêu hình thái, sinh lý, hóa lý và khả năng bảo quản của quả chuối tây giống GL3-2 tại các độ già thu hái khác nhau. Kết quả cho thấy, các chỉ số hình thái (chiều dài, đường kính, khối lượng), thành phần hóa học (tinh bột, đường, tanin) và chất lượng cảm quan thay đổi rõ rệt theo độ già thu hái. Thu hoạch chuối tây giống GL3-2 ở giai đoạn 110 ngày sau trổ hoa được xác định là phù hợp nhất cho mục đích bảo quản tươi, ở độ già này chuối có hàm lượng đường thấp (2,02%), tinh bột cao (18,4%), có tỷ lệ hư hỏng thấp nhất (< 10%) sau 12 ngày bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

Từ khóa: Chuối tây, giống GL3-2, độ già thu hoạch, khả năng bảo quản.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuối (*Musa* spp.), đặc biệt là chuối tây (nhóm *Musa* ABB), là một trong 14 loại cây chủ lực của Việt Nam, được trồng rộng rãi trên cả nước. Với đặc tính đa dụng, không chỉ quả mà các bộ phận khác như: Hoa, thân giả, củ và lá chuối đều có thể được khai thác trong nhiều lĩnh vực như thực phẩm, dược liệu, nông nghiệp và thủ công mỹ nghệ [1]. Trong bối cảnh nhu cầu tiêu thụ trong nước và xuất khẩu ngày càng tăng, việc nâng cao chất lượng và khả năng bảo quản sau thu hoạch của quả chuối tây đang là yêu cầu cấp thiết.

Quả chuối tây thuộc nhóm quả hô hấp đột biến, có tốc độ chuyển hóa mạnh sau thu hoạch, dẫn đến hiện tượng chín nhanh, mất nước, thâm vỏ và dễ hư hỏng nếu không được xử lý và bảo quản đúng cách. Theo Dadzie và Orchard (1997) [2], thời gian bảo quản chuối tây ở điều kiện thường chỉ kéo dài khoảng 3 - 4 ngày, gây khó khăn cho vận chuyển và tiêu thụ, đặc biệt đối với thị trường xuất khẩu đòi hỏi thời gian bảo quản dài và chất lượng đồng đều.

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bảo quản và chất lượng quả

chuối là độ già thu hoạch. Quả thu hoạch quá non sẽ có vị nhạt, chín chậm, không đồng đều; trong khi quả thu hoạch quá già lại nhanh chín, dễ mềm nhũn, hư hỏng và dễ bị tổn thương lạnh [3]. Tuy nhiên, hiện nay người trồng chuối tây chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, hình thái bên ngoài và thời gian trồng mà chưa có căn cứ khoa học rõ ràng để xác định thời điểm thu hoạch tối ưu. Điều này dẫn đến sự không ổn định về chất lượng, thời gian bảo quản ngắn và tỷ lệ tổn thất sau thu hoạch cao.

Do đó, nghiên cứu xác định độ già thu hoạch phù hợp cho quả chuối tây có ý nghĩa quan trọng, góp phần kéo dài thời gian bảo quản, đáp ứng nhu cầu tiêu dùng trong nước và xuất khẩu. Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của các độ già thu hái đến đặc tính lý hóa và khả năng bảo quản sau thu hoạch của giống chuối tây GL3-2, từ đó xác định độ già thu hoạch thích hợp cho mục đích bảo quản tươi một cách hiệu quả nhất.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Quả chuối tây giống GL3-2 được trồng tại xã Ngọc Thanh, huyện Kim Động, tỉnh Hưng Yên

được thu hoạch ở các độ già khác nhau. Quả chuối sau khi thu hoạch được vận chuyển đến phòng thí nghiệm Bộ môn SLSH & CNSTH, Viện Nghiên cứu Rau quả. Thời gian từ khi thu hái đến khi đưa vào thí nghiệm không quá 24 giờ.

Quả chuối được lấy mẫu vào chính vụ thu hoạch vào tháng 5 năm 2023.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Tiến hành bố trí thí nghiệm với 5 mức độ già thu hoạch (thu hoạch sau 90, 100, 110, 120, 130 ngày sau khi trổ hoa), sau thu hái quả chuối được pha nải, đóng gói trong thùng carton có lót túi PE (30 - 40 μ m) và được bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$. Trên cơ sở phân tích chất lượng của quả chuối tại thời điểm thu hái và trong quá trình bảo quản cho đến khi tỷ lệ hư hỏng > 10%, từ đó xác định được độ già thu hái thích hợp cho mục đích bảo quản.

Khối lượng mẫu: 5 công thức x 3 lần nhắc x 20 kg (01 buồng)/mẫu.

Các chỉ tiêu theo dõi: Chiều dài (mm), đường kính (mm), khối lượng (g), độ cứng (kg/cm^2), tỷ lệ thịt quả (%), cường độ hô hấp ($\text{ml CO}_2/\text{kg.h}$), hàm lượng chất khô hòa tan tổng số ($^\circ\text{Bx}$), hàm lượng tinh bột (%), hàm lượng đường tổng số (%), tỷ lệ hư hỏng (%), màu sắc vỏ quả.

2.2.2. Phương pháp phân tích

- Phương pháp lấy mẫu quả tươi theo TCVN 9017:2011 [4].

- Đường kính quả: Quả đại diện để xác định đường kính quả là quả ở giữa nải chuối và ở hàng ngoài nải chuối. Cắt ngang quả ở vị trí giữa quả, tiến hành đo khoảng cách hẹp nhất giữa hai cạnh của mặt cắt kể cả chiều dày của vỏ quả. Kết quả là trung bình cộng của các giá trị đo nói trên. Đo bằng thước kẹp hiện số Digital Caliper (Úc) từ 0 - 200 mm, độ chính xác 0,01 mm.

- Chiều dài quả: Quả đại diện để xác định chiều dài quả là quả có chiều dài lớn nhất, ở hàng ngoài của nải chuối. Tiến hành đo chiều dài đường cong ngoài của quả, kết quả là trung bình cộng của các giá trị đã đo nói trên.

- Khối lượng quả: Lấy 10 quả sau đó cân trên cân kỹ thuật và tính số liệu trung bình.

- Tỷ lệ phần ăn được (%): Lấy 10 quả ngẫu nhiên, cắt cuống quả sát với phần vỏ quả rồi cân khối lượng quả. Tách bỏ vỏ quả, lấy thịt quả và cân khối lượng. Tỷ lệ phần ăn được = $(\text{khối lượng thịt quả}/\text{khối lượng quả}) \times 100$.

- Độ cứng của thịt quả (kg/cm^2): Được biểu thị cho độ chín của quả chuối và xác định bằng thiết bị đo độ cứng Penetrometer được sản xuất tại Ý. Đường kính đầu đo là 0,5 cm, chiều sâu đâm xuyên là 0,5 cm

- Xác định cường độ hô hấp của quả: Nồng độ CO_2 được xác định bằng thiết bị Felix F-960 Gas Analyzer do hãng Felix Instruments - Applied Food Science (Hoa Kỳ) sản xuất.

Cường độ hô hấp của quả được xác định theo công thức sau:

$$X = \frac{\% \text{CO}_2 \times (V - v)}{100 \times w \times t}$$

Trong đó: X là cường độ hô hấp ($\text{ml CO}_2/\text{kg.h}$); $\% \text{CO}_2$ là nồng độ CO_2 đo được (%); V là thể tích hộp (ml); v là thể tích mẫu (ml); w là khối lượng mẫu (kg); t là thời gian hô hấp (giờ).

- Hàm lượng chất khô hòa tan tổng số ($^\circ\text{Brix}$) được đo bằng khúc xạ kế điện tử Digital Refractometer (Atago Co., Ltd, Tokyo, Nhật Bản) thang độ đo: 0 - 32° và được biểu thị bằng $^\circ\text{Brix}$ theo TCVN 7771:2007 [5].

- Tỷ lệ hư hỏng (%) được xác định bằng tỷ lệ phần trăm quả có các triệu chứng bất thường trên vỏ quả: Nhũn, biến màu, thối.

- Màu sắc của vỏ quả: Được xác định bằng máy đo màu KONICA Minolta của Nhật Bản dựa trên 3 thông số L, a, b (theo Hunter value).

- Xác định hàm lượng tinh bột theo TCVN 4594:1988 [6].

- Xác định hàm lượng đường tổng số theo TCVN 4594:1988 [6].

- Xác định hàm lượng tanin bằng phương pháp Lowenthal (1877) [7].

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA và kiểm định LSD (5%) bằng phần mềm thống kê SAS 9.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả về sự biến đổi hóa lý của quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau

3.1.1. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến biến đổi hình thái và khối lượng quả

Bảng 1. Sự biến đổi hình thái và khối lượng quả chuối GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau

Chỉ tiêu	Độ già thu hái (ngày sau trổ hoa)				
	90	100	110	120	130
Chiều dài (mm)	129,54 ^d	137,16 ^c	145,42 ^b	146,37 ^a	147,25 ^a
Đường kính (cm)	4,73 ^c	4,75 ^c	4,87 ^b	4,90 ^{ab}	4,93 ^a
Khối lượng trung bình (g)	106,08 ^d	119,12 ^c	136,62 ^b	138,43 ^{ab}	139,98 ^a

Ghi chú: Trong cùng một hàng, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, các chỉ số chiều dài, đường kính và khối lượng trung bình của quả chuối tây GL3-2 có xu hướng tăng dần theo thời gian sinh trưởng từ 90 - 130 ngày sau khi trổ hoa nhưng ở từng giai đoạn có mức độ tăng khác nhau. Cụ thể, ở thời điểm sinh trưởng từ 90 - 110 ngày sau trổ hoa, kích thước và khối lượng quả tăng nhanh: Chiều dài quả tăng từ 129,54 - 145,42 mm; đường kính từ 4,73 - 4,87 mm; khối lượng quả tăng từ 106,08 - 136,62 g. Giai đoạn này phản ánh thời kỳ phát triển sinh dưỡng mạnh mẽ, tích lũy khối lượng và kích thước của quả. Giai đoạn 110 - 120 ngày sau trổ hoa, tốc độ tăng chậm lại, đường kính và khối lượng tăng không nhiều, cho thấy đây là giai đoạn cuối của quá trình sinh trưởng, quả chuẩn bị bước sang giai đoạn thành thực. Giai đoạn 120 - 130 ngày sau trổ hoa,

kích thước và khối lượng là những chỉ tiêu phản ánh trực tiếp quá trình phát triển và thành thực của quả chuối [2]. Vì vậy, đã theo dõi sự biến đổi về hình thái và khối lượng quả tương ứng với thời gian sinh trưởng từ 90 - 130 ngày sau khi trổ hoa. Số liệu thu được thể hiện ở bảng 1.

kích thước và khối lượng quả tăng không đáng kể, sự khác nhau không có ý nghĩa thống kê ($\alpha = 0,05$), điều này cho thấy, quá trình phát triển hình thái đã đạt ngưỡng bão hòa. Kết quả này phù hợp với nhận định của Robinson và Galán Saucó (2010) [8] cho thấy sự ổn định về hình thái của giống chuối tây ở giai đoạn cuối phát triển, chuẩn bị bước sang giai đoạn chín.

3.1.2. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến một số chỉ tiêu sinh lý của quả chuối tây giống GL3-2

Trong quá trình sinh trưởng, phát triển của quả, một số chỉ tiêu sinh lý như: Cường độ hô hấp, trạng thái, tỷ lệ phần ăn được có sự thay đổi rõ rệt và được thể hiện qua các số liệu được phân tích đánh giá thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Sự biến đổi trạng thái, tỉ lệ phần ăn được và cường độ hô hấp của quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau

Chỉ tiêu	Độ già thu hái (ngày sau trổ hoa)				
	90	100	110	120	130
Độ cứng (kg/cm ²)	5,15 ^a	4,38 ^b	4,34 ^b	4,08 ^c	3,78 ^d
Tỷ lệ phần ăn được (%)	67,54 ^d	70,85 ^c	76,82 ^b	79,13 ^a	79,19 ^a
Cường độ hô hấp (ml CO ₂ /kg.h)	11,13 ^d	12,01 ^c	12,45 ^b	12,52 ^b	14,73 ^a

Ghi chú: Trong cùng một hàng, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Độ cứng thịt quả là một trong các chỉ tiêu đánh giá sự phát triển, thành thực và mức độ chín

của quả. Giá trị độ cứng giảm dần theo thời gian thu hái từ 5,15 kg/cm² (90 ngày sau trổ hoa)

xuống còn 3,78 kg/cm² (130 ngày sau trổ hoa). Điều này phản ánh rõ quá trình mềm hóa mô quả do sự phân hủy cấu trúc pectin và cellulose trong quá trình trưởng thành và chuyển sang chín sinh lý. Giai đoạn 90 - 110 ngày sau trổ hoa cho thấy, tốc độ giảm độ cứng tương đối nhanh (giảm 0,81 kg/cm²), trong khi giá trị này ở giai đoạn 110 - 130 ngày sau trổ hoa vẫn tiếp tục giảm nhưng với tốc độ chậm hơn. Kết quả này phù hợp với nhận định của Marriott và cs (1981) [9] và Wills và cs (2007) [10] về quá trình giảm độ cứng trong quả hô hấp đột biến như chuối. Nghiên cứu của Chen và cs (2002) [11] cũng ghi nhận độ cứng chuối giảm rõ rệt trong giai đoạn chuyển sang chín sinh lý.

Tỷ lệ phần ăn được tăng từ 67,54% (90 ngày sau trổ hoa) lên 79,19% (130 ngày sau trổ hoa), và không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa mẫu thu hái ở thời điểm 120 và 130 ngày sau trổ hoa. Điều này cho thấy, phần thịt quả tăng đáng kể trong giai đoạn phát triển, đặc biệt từ giai đoạn từ 90 - 110 ngày sau trổ hoa (tăng ~9,3%) - đây là thời kỳ tích lũy vật chất chính. Sau 120 ngày, quá trình tích lũy chững lại. Điều này có thể được lý giải bởi quá trình phát triển của quả gần đạt cực đại, phù hợp với kết quả nghiên cứu của Kader, A. A. (2002) [12] khi nghiên cứu trên một số giống chuối tây cũng ghi nhận mức tăng phần ăn được ổn định từ 120 ngày trở đi.

Cường độ hô hấp của quả chuối tây GL3-2 có sự biến đổi rõ rệt tùy theo độ già thu hoạch, được thể hiện qua sự khác biệt về lượng CO₂ thải ra (ml CO₂/kg.h). Kết quả được trình bày trong bảng 2 cho thấy xu hướng tăng dần cường độ hô hấp theo độ già thu hái. Cụ thể, chuối thu hoạch ở thời điểm 90 ngày sau trổ hoa có cường độ hô hấp thấp nhất, đạt 11,13 ml CO₂/kg.h, cho thấy hoạt động sinh lý bên trong quả diễn ra chậm, quả còn non và quá trình hô hấp ở mức thấp. Khi độ già tăng lên,

cường độ hô hấp tăng theo, đặc biệt tăng mạnh ở mẫu được thu hoạch ở thời điểm 130 ngày sau trổ hoa (14,73 ml CO₂/kg.h), cho thấy quả đã bước vào giai đoạn hô hấp mạnh, chuẩn bị cho quá trình chín sinh lý. Sự gia tăng cường độ hô hấp ở các thời điểm thu hoạch muộn phản ánh tính chất hô hấp đột biến (climacteric) điển hình của chuối, đặc trưng bởi một đỉnh hô hấp xảy ra trước hoặc trong quá trình chín. Mẫu thu hái ở thời điểm 130 ngày sau trổ hoa có cường độ hô hấp cao nhất, chứng tỏ quả đã đạt độ già sinh lý tối ưu để bước vào quá trình chín sau thu hoạch, điều này đồng nghĩa với thời gian bảo quản ngắn hơn và nguy cơ hư hỏng cao nếu không có biện pháp xử lý thích hợp. Kết quả này tương đồng với đặc tính sinh lý của chuối đã được mô tả bởi Dadzie và Orchard (1997) [2] và Ahmad và cs (2001) [13]. Chuối là loại quả điển hình có hô hấp đột biến, nên sự gia tăng mạnh ở cuối giai đoạn sinh trưởng là yếu tố chỉ thị rõ ràng cho thời điểm thu hoạch thích hợp nhằm kéo dài thời gian bảo quản và vận chuyển.

Như vậy, việc lựa chọn thời điểm thu hoạch phù hợp sẽ ảnh hưởng đáng kể đến cường độ hô hấp và từ đó ảnh hưởng đến khả năng bảo quản. Chuối thu hoạch ở thời điểm 110 ngày sau trổ hoa có cường độ hô hấp trung bình (12,45 ml CO₂/kg.h), đây là khoảng thời gian thích hợp để đảm bảo cân bằng giữa khả năng bảo quản và chất lượng ăn được sau khi chín.

3.1.3. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến các chỉ tiêu hóa học của quả chuối tây giống GL3-2

Các chỉ tiêu hóa học là một trong những cơ sở để đánh giá chất lượng dinh dưỡng và cảm quan của quả tươi nói chung và quả chuối tây giống GL3-2 nói riêng. Sự biến đổi thành phần hóa học của quả chuối ở các thời điểm thu hái khác nhau được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Sự biến đổi thành phần hóa học của quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau

Chỉ tiêu	Độ già thu hái (ngày sau trổ hoa)				
	90	100	110	120	130
Hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (°Bx)	1,9 ^c	2,8 ^d	3,5 ^c	4,6 ^b	5,8 ^a
Hàm lượng tannin (%)	0,94 ^a	0,74 ^{ab}	0,56 ^{bc}	0,47 ^c	0,45 ^c
Hàm lượng tinh bột (%)	17,83 ^c	18,95 ^a	18,40 ^b	17,62 ^d	15,89 ^e
Hàm lượng đường tổng số (%)	1,12 ^d	1,25 ^d	2,02 ^c	2,85 ^b	3,78 ^a

Ghi chú: Trong cùng một hàng, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, các chỉ tiêu hóa học như hàm lượng chất khô hòa tan tổng số ($^{\circ}\text{Bx}$), tinh bột, đường tổng số và tannin của quả chuối tây giống GL3-2 biến động rõ rệt theo độ già thu hái. Những biến động này phản ánh các quá trình chuyển hóa nội sinh quan trọng trong quá trình trưởng thành và chín sinh lý của quả chuối.

Hàm lượng chất khô hòa tan tổng số tăng dần từ $1,9^{\circ}\text{Brix}$ ở 90 ngày sau trổ hoa lên $5,8^{\circ}\text{Brix}$ ở 130 ngày sau trổ hoa, cùng với sự gia tăng hàm lượng đường tổng số từ 1,12 - 3,78%. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu trên giống chuối Cavendish "Pei Chiao" tại Đài Loan [14], chuối Williams AAA tại Ecuador [15], cũng như kết quả nghiên cứu của Zhang và cs (2005) [16], trong đó ghi nhận sự gia tăng hàm lượng chất khô hòa tan tổng số và đường tự do trong quá trình quả đạt chín sinh lý. Đây là hệ quả của quá trình thủy phân tinh bột thành đường dưới tác động của enzyme amylase và invertase, giúp cải thiện vị ngọt và chất lượng cảm quan của quả.

Hàm lượng tinh bột của quả được biến đổi theo 2 giai đoạn: Trong khoảng thời gian thu hái từ 90 - 100 ngày, hàm lượng tinh bột tăng từ 17,83% đến 18,95%, điều này cho thấy, quả chuối có độ già thu hái 90 ngày sau trổ hoa chưa được phát triển đầy đủ, chưa tích lũy tối đa lượng vật chất trong quả; với độ già thu hái từ 100 - 130 ngày sau trổ hoa, hàm lượng tinh bột giảm dần từ 18,95% xuống còn 15,89%, tương tự với xu hướng ghi nhận ở chuối Cavendish [17] khi mà tinh bột giảm từ 74% xuống 31% chất khô trong quá trình quả chín. Tuy nhiên, mức độ giảm ở quả chuối tây giống GL3-2 thấp hơn, điều này có thể do sự khác biệt về giống, điều kiện sinh thái, hoặc thời điểm thu hoạch chưa trùng khớp hoàn toàn với đỉnh sinh lý tích lũy tinh bột.

Hàm lượng tannin (gây vị chát của quả) giảm từ 0,94% ở mẫu thu hái 90 ngày sau trổ hoa xuống còn 0,45% ở mẫu thu hái 130 ngày sau trổ hoa, cho thấy sự giảm dần rõ rệt của hợp chất phenolic này trong quá trình phát triển quả. Cơ chế loại bỏ tannin thông qua sự polymer hóa và kết tủa ở dạng không tan đã được mô tả bởi Seymour và cs (1993) [18] và các nghiên cứu của Garcia và Barrett (2002) [19], phản ánh quá trình khử vị chát tự nhiên của quả để chuyển sang trạng thái

ăn được.

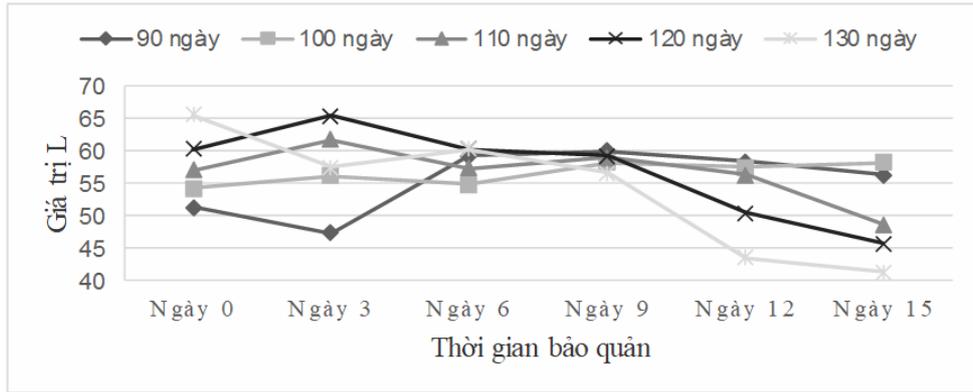
Tóm lại, các kết quả thu được cho thấy, các quá trình sinh hóa bên trong quả chuối tây giống GL3-2 thay đổi đáng kể theo độ già thu hái, với xu hướng: Hàm lượng tinh bột và tannin giảm dần, trong khi hàm lượng đường và chất khô hòa tan tổng số tăng. Những biến đổi này là cơ sở quan trọng để xác định thời điểm thu hoạch tối ưu, giúp cân bằng giữa khả năng bảo quản và chất lượng của quả sau chín. Trong đó, giai đoạn 100 - 120 ngày sau trổ hoa có thể được xem là thời điểm phù hợp, khi quả bắt đầu tích lũy đường, giảm tannin và vẫn duy trì một phần tinh bột ở mức tương đối (18,95 - 17,62%): Đây là yếu tố rất quan trọng do nếu tinh bột giảm quá nhiều (như ở mẫu thu hái 130 ngày sau trổ hoa), quả sẽ chín nhanh và rất khó bảo quản. Trong giai đoạn 100 - 120 ngày, với hàm lượng tinh bột này sẽ tiếp tục quá trình chuyển hóa sau thu hoạch, giúp quả chín từ từ, đều màu, không bị nhũn nhanh, thuận lợi cho bảo quản, vận chuyển và tiêu thụ.

3.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của độ già thu hái đến chất lượng quả chuối tây giống GL3-2 trong quá trình bảo quản

3.2.1. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến màu sắc vỏ quả chuối tây giống GL3-2 trong thời gian bảo quản

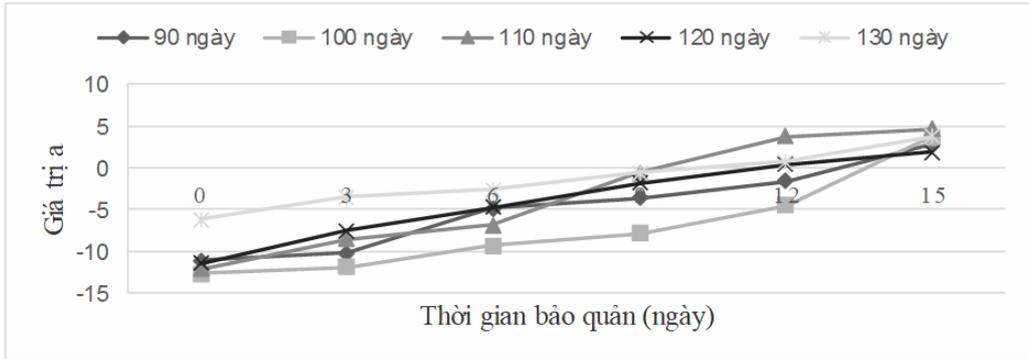
Hình thức bên ngoài, đặc biệt là màu sắc vỏ quả, là yếu tố quan trọng tạo nên giá trị cảm quan và thương phẩm của quả chuối. Trong quá trình sinh trưởng, bảo quản sau thu hoạch và chín, màu sắc vỏ thay đổi đáng kể do quá trình phân hủy sắc tố diệp lục và biểu hiện các sắc tố khác như carotenoid [20]. Chính vì vậy, nghiên cứu tiến hành đánh giá ảnh hưởng của các độ già thu hái khác nhau đến sự biến đổi màu sắc vỏ quả thông qua các chỉ số L, a và b. Kết quả nghiên cứu được thể hiện ở hình 1.

Hình 1 cho thấy, giá trị L của vỏ quả chuối thu hoạch ở thời điểm 90 ngày sau trổ hoa và 100 ngày sau khi trổ hoa tăng nhẹ trong giai đoạn đầu bảo quản và gần như không thay đổi đáng kể đến cuối chu kỳ. Điều này phản ánh hiện tượng chậm chín, vỏ quả duy trì độ sáng ổn định do chưa đủ độ chín sinh lý để enzyme chlorophyllase hoạt động mạnh mẽ.



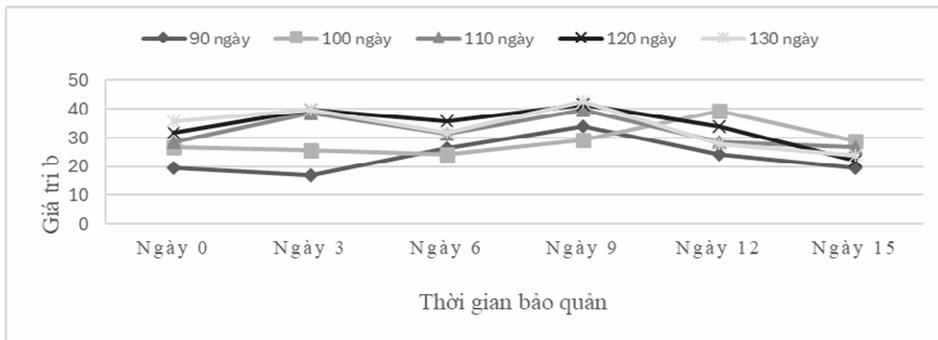
Hình 1. Sự biến đổi giá trị L của vỏ quả chuối tây giống GL3-2 theo các độ già thu hái khác nhau trong quá trình bảo quản

Ngược lại, ở các độ già thu hái từ 110 ngày sau trở hoa trở đi, giá trị L giảm rõ rệt sau ngày thứ 5 và đặc biệt giảm mạnh từ ngày thứ 15 trở đi. Với mẫu thu hái ở thời điểm 130 ngày sau trở hoa, tốc độ suy giảm giá trị L là nhanh nhất, thể hiện qua nhanh chóng mất màu xanh và ngả màu vàng đặc trưng của giai đoạn chín và lão hóa.



Hình 2. Sự biến đổi giá trị a của vỏ quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau trong quá trình bảo quản

Giá trị a thể hiện dải màu xanh lá cây đến đỏ, hình 2 cho thấy, giá trị a tăng dần ở tất cả các độ già thu hái, cho thấy quá trình chuyển từ sắc xanh lá sang đỏ - vàng đang diễn ra, đồng thời phản ánh sự phân hủy chlorophyll và bộc lộ sắc tố carotenoid [10]. Đáng chú ý, chuối thu hoạch ở thời điểm 100 và 110 ngày sau trở hoa có giá trị a thấp trong những ngày đầu nhưng lại tăng nhanh và vượt qua các thời điểm thu hái khác vào cuối chu kỳ bảo quản. Điều này cho thấy, đây là độ già có quá trình chuyển màu hiệu quả và cân bằng, phù hợp với mức độ chín thương phẩm cao, dễ hấp dẫn người tiêu dùng. Với 3 độ già còn lại (tương ứng với các thời điểm thu hái 90, 120, 130 ngày) thì giá trị a có xu hướng biến đổi tương đối đồng đều nhưng không đột biến.



Hình 3. Sự biến đổi giá trị b của vỏ quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau trong quá trình bảo quản

Kết quả cho thấy, ở tất cả các độ già thu hái, giá trị b đều tăng trong giai đoạn đầu bảo quản (0 - 10 ngày). Theo Chen và Ramaswamy (2002) [20] và Wills và cs (2007) [10]: Sự biến đổi màu sắc được lý giải chủ yếu do hoạt động của enzyme chlorophyllase phân hủy chlorophyll và sự biểu hiện của carotenoid - tạo nên màu vàng đặc trưng ở chuối chín. Sự gia tăng nhanh và mạnh hơn ở các mẫu thu hoạch tại độ già cao (110 - 130 ngày sau trở hoa) cho thấy mối tương quan thuận giữa độ già và tốc độ chuyển màu vỏ quả.

Tuy nhiên, sau khoảng 15 ngày bảo quản, giá trị b ở các mẫu thu hoạch sớm (90 - 100 ngày sau trở hoa) bắt đầu giảm mạnh, có thể do quả bị thoái hóa vỏ hoặc phát triển các vùng nâu do tác động của quá trình oxy hóa và lão hóa mô vỏ [2]. Đối với các mẫu thu hoạch muộn (đặc biệt là 130 ngày sau trở hoa), tuy đạt giá trị b cao hơn ở giai đoạn đầu,

nhưng sự suy giảm cũng diễn ra nhanh hơn sau ngày thứ 15, cho thấy quả có xu hướng chín nhanh và giảm giá trị cảm quan sớm hơn.

Ngược lại, quả thu hoạch ở 110 - 120 ngày sau khi trở hoa không chỉ đạt giá trị b cao, thể hiện giá trị cảm quan tốt, mà còn duy trì được giá trị này lâu hơn trong thời gian bảo quản, cho thấy đây là thời điểm thu hoạch thích hợp để tối ưu hóa màu sắc vỏ trong quá trình bảo quản.

3.2.2. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến chất lượng của quả chuối tây giống GL3-2 trong quá trình bảo quản

Kết quả đánh giá các chỉ tiêu hóa học đặc trưng của quả chuối tây giống GL3-2 trong thời gian bảo quản sau thu hoạch với tần suất lấy mẫu 5 ngày/lần được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Sự biến đổi hàm lượng tinh bột và hàm lượng đường của quả chuối tây giống GL3-2 ở các độ già thu hái khác nhau trong thời gian bảo quản

Chỉ tiêu	Độ già thu hái (ngày sau trở hoa)	Thời gian bảo quản (ngày)					
		0	3	6	9	12	15
Hàm lượng tinh bột (%)	90	17,87 ^C	17,45 ^A	16,95 ^A	16,20 ^A	15,31 ^A	14,05 ^A
	100	18,95 ^a	18,33 ^A	17,53 ^B	16,45 ^b	15,02 ^B	13,74 ^b
	110	18,46 ^B	17,65 ^B	16,85 ^C	15,36 ^C	13,47 ^C	10,98 ^C
	120	17,62 ^D	16,41 ^C	14,91 ^D	13,15 ^D	11,41 ^D	8,92 ^D
	130	16,01 ^E	14,72 ^D	12,06 ^E	9,72 ^E	6,93 ^E	3,87 ^E
Hàm lượng đường tổng số (%)	90	1,15 ^E	1,17 ^E	1,98 ^D	2,23 ^E	2,54 ^E	2,88 ^E
	100	1,27 ^D	1,46 ^d	1,97 ^C	2,72 ^d	3,53 ^D	4,21 ^d
	110	2,03 ^C	2,41 ^C	2,97 ^B	3,72 ^C	4,65 ^C	6,12 ^C
	120	2,84 ^B	3,63 ^B	4,51 ^B	5,50 ^B	6,75 ^B	8,26 ^B
	130	3,80 ^A	4,93 ^A	6,86 ^A	8,95 ^A	11,06 ^A	13,23 ^A

Ghi chú: Trong cùng một hàng, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$

Kết quả ở bảng 4 cho thấy, xu hướng giảm dần của hàm lượng tinh bột và tăng dần của hàm lượng đường tổng số trong suốt thời gian bảo quản ở tất cả các mẫu.

Tại thời điểm bắt đầu bảo quản (ngày 0), hàm lượng tinh bột cao nhất ở các mẫu thu hái 100 và 110 ngày sau trở hoa (18,95% và 18,46%), phản ánh quá trình tích lũy tinh bột đang ở đỉnh. Trong khi đó, các mẫu thu hái ở 120 và 130 ngày sau trở hoa đã bắt đầu giảm tích lũy, cho thấy chuối ở các mẫu này đã bước vào giai đoạn chín sinh lý. Sau 15

ngày bảo quản, hàm lượng tinh bột giảm mạnh, đặc biệt ở mẫu thu hái 120 và 130 ngày sau trở hoa, chỉ còn 8,92% và 3,87% - thấp hơn đáng kể so với các mẫu thu hái sớm hơn (13,74% ở 100 ngày sau trở hoa và 14,05% ở 90 ngày sau trở hoa).

Ngược lại, hàm lượng đường tổng số tăng rõ rệt ở các mẫu thu hái muộn. Sau 15 ngày, mẫu thu hái 120 và 130 ngày sau trở hoa có hàm lượng đường tổng số cao nhất (8,26% và 13,23%), trong khi các mẫu thu hái 90 và 100 ngày sau trở hoa chỉ đạt khoảng 2,88% và 4,21%. Quá trình này phản ánh

cơ chế thủy phân tinh bột thành đường dưới tác dụng của enzyme amylase, là dấu hiệu của quá bước vào hoặc đạt đỉnh chín sinh lý [16].

Đặc biệt, sau 6 ngày bảo quản, tốc độ chuyển hóa tinh bột thành đường diễn ra nhanh chóng ở các

mẫu thu hái 120 - 130 ngày sau trổ hoa. Trong khi đó, các mẫu thu hái 100 - 110 ngày sau trổ hoa có sự chuyển hóa chậm hơn, chứng tỏ chuối ở giai đoạn này chưa sẵn sàng bước vào giai đoạn chín nhanh, thích hợp cho bảo quản kéo dài hoặc vận chuyển xa.

Bảng 5. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến cường độ hô hấp của chuối tây giống GL3-2 trong thời gian bảo quản (ml CO₂/kg.h)

Độ già thu hái (ngày sau trổ hoa)	Thời gian bảo quản (ngày)					
	0	3	6	9	12	15
90	11,13 ^d	7,12 ^D	9,28 ^c	13,83 ^c	15,70 ^e	18,91 ^e
100	12,01 ^c	7,31 ^D	9,49 ^c	14,71 ^d	16,77 ^d	19,32 ^d
110	12,45 ^b	7,76 ^C	9,64 ^c	15,46 ^c	19,10 ^e	20,81 ^c
120	12,52 ^b	8,85 ^B	13,33 ^b	16,50 ^b	19,97 ^b	23,65 ^b
130	14,73 ^a	11,17 ^A	15,76 ^a	27,24 ^a	39,83 ^a	26,45 ^a

Ghi chú: Trong cùng một cột, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Bảng 5 cho thấy, độ già thu hái có ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ hô hấp của chuối tây giống GL3-2 trong suốt thời gian bảo quản. Tại thời điểm bắt đầu bảo quản (ngày 0), mẫu chuối thu hoạch ở 130 ngày sau trổ hoa có cường độ hô hấp cao nhất (14,73 ml CO₂/kg.h), trong khi mẫu thu hoạch sớm nhất (90 ngày sau trổ hoa) chỉ đạt 11,13 ml CO₂/kg.h. Sự khác biệt này cho thấy mức độ chín sinh lý của quả tại thời điểm thu hoạch đã tác động trực tiếp đến cường độ hô hấp ban đầu. Quả thu hoạch muộn có xu hướng tiến gần đến hoặc đã bước vào giai đoạn hô hấp đột biến - một đặc trưng điển hình của các loại quả hô hấp đột biến như chuối [12], [2].

Tuy nhiên, trong ba ngày đầu bảo quản, cường độ hô hấp của tất cả các mẫu đều giảm đáng kể. Điều này được lý giải bằng hiện tượng sinh lý thích nghi nhiệt. Chuối sau thu hoạch được chuyển từ điều kiện nhiệt độ môi trường (~25 - 28°C) vào môi trường lạnh (15 ± 1°C), dẫn đến giảm tốc độ các phản ứng sinh hóa, bao gồm cả hô hấp, theo nguyên lý Q₁₀, khi nhiệt độ giảm 10°C thì tốc độ phản ứng enzyme giảm khoảng 2 lần [21]. Đây là

giai đoạn ức chế sinh lý tạm thời, giúp làm chậm các quá trình trao đổi chất và kéo dài thời gian chín.

Từ sau giai đoạn thích nghi (sau ngày thứ 3), cường độ hô hấp bắt đầu gia tăng trở lại, thể hiện rõ nhất ở mẫu thu hoạch 130 sau trổ hoa. Cường độ hô hấp ở mẫu này tăng nhanh, đạt đỉnh vào ngày 12 (39,83 ml CO₂/kg.h), sau đó giảm nhẹ vào ngày 15, phản ánh đặc điểm hô hấp đột biến và quá trình chín nhanh, có thể làm rút ngắn thời gian bảo quản. Sự gia tăng mạnh mẽ này có liên quan đến hoạt động mạnh của hệ enzyme tổng hợp ethylene như ACC synthase và ACC oxidase [22], kích thích các quá trình chuyển hóa làm mềm mô quả, phân giải tinh bột và biến đổi màu sắc.

Ngược lại, các mẫu thu hoạch sớm hơn (90 - 100 ngày sau trổ hoa) duy trì mức hô hấp thấp hơn và tăng chậm qua thời gian, phản ánh mức độ chín sinh lý còn non và quá trình hô hấp chưa được kích hoạt mạnh. Điều này kéo dài thời gian bảo quản nhưng có thể ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan và đồng đều trong quá trình chín sau này.

Các mẫu thu hoạch ở 110 và 120 ngày sau trở hoa cho thấy, cường độ hô hấp tăng đều và ổn định qua các giai đoạn bảo quản. Mặc dù không đạt đỉnh hô hấp cao như mẫu 130 ngày sau trở hoa, nhưng tốc độ gia tăng từ ngày 3 đến 15 ổn định, cho thấy mức độ chín sinh lý phù hợp, giúp cân

bằng giữa quá trình chuyển hóa chất lượng và khả năng kéo dài thời gian bảo quản. Đây có thể là giai đoạn thu hoạch tối ưu đối với chuối tây giống GL3-2 để vừa đảm bảo chất lượng thương phẩm, vừa kéo dài thời gian tồn trữ.

Bảng 6. Ảnh hưởng của độ già thu hái đến tỷ lệ hư hỏng của chuối tây giống GL3-2 trong thời gian bảo quản

Độ già thu hái (ngày sau trở hoa)	Thời gian bảo quản (ngày)					
	0	3	6	9	12	15
90	0	0	2,4 ^a	6,6 ^a	12,7 ^b	15,8 ^c
100	0	0	2,2 ^{ab}	6,3 ^a	13,2 ^c	16,4 ^b
110	0	0	1,2 ^c	3,6 ^c	9,1 ^d	11,6 ^e
120	0	0	1,5 ^b	4,4 ^b	10,4 ^e	12,2 ^d
130	0	0	2,3 ^a	7,4 ^a	13,8 ^a	18,7 ^a

Ghi chú: Trong cùng một cột, những giá trị trung bình có chữ ở mũ khác nhau thì khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Bảng 6 cho thấy, tỷ lệ hư hỏng của chuối trong quá trình bảo quản có sự khác biệt đáng kể giữa các độ già thu hái. Sau 12 - 15 ngày bảo quản, chuối thu hoạch ở thời điểm 130 ngày sau trở hoa có tỷ lệ hư hỏng cao nhất (tương ứng 13,8% và 18,7%), tiếp theo là các mẫu thu hoạch ở thời điểm 100 và 90 ngày. Trong khi đó, các mẫu thu hái ở thời điểm 110 và 120 ngày sau trở hoa cho thấy tỷ lệ hư hỏng thấp hơn đáng kể (tương ứng 11,6% sau 15 ngày; 9,1% sau 12 ngày ở độ già thu hái 110 ngày và 12,2% sau 15 ngày; 10,4% sau 12 ngày ở độ già thu hái 120 ngày).

Tỷ lệ hư hỏng cao ở mẫu thu hái 130 ngày sau trở hoa là do quả đã bước vào giai đoạn chín khi thu hoạch, mô quả mềm, dễ tổn thương cơ học. Trong khi đó, mẫu thu hái ở thời điểm 90 - 100 ngày sau trở hoa tuy còn xanh và chắc nhưng chưa hoàn thiện về sinh lý, dẫn đến sự tích lũy dinh dưỡng chưa đầy đủ, dễ bị hư hỏng do tác động cơ lý hoặc hoạt động enzyme chưa ổn định. Các mẫu thu hái ở thời điểm 110 - 120 ngày sau trở hoa được đánh giá là giai đoạn tối ưu, khi quả đạt độ thành thực sinh lý mà chưa bước vào giai đoạn chín. Xu

hướng này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Kader (2002) [12] và Dadzie và Orchard (1997) [2], trong đó nhấn mạnh thời điểm thu hoạch phù hợp có vai trò quyết định đến tỷ lệ hư hỏng và hiệu quả bảo quản đối với các loại quả hô hấp đột biến như chuối.

Tổng hợp các kết quả thu được cho thấy, độ già thu hái ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng và khả năng bảo quản của quả chuối tây giống GL3-2. Nếu thu hoạch quá sớm (90 - 100 ngày sau trở hoa), chuối chưa đạt độ chín sinh lý, hàm lượng tinh bột cao, đường thấp, thời gian bảo quản kéo dài nhưng hương vị chưa hoàn thiện. Nếu thu hoạch quá muộn (130 ngày sau trở hoa), chuối đạt giá trị cảm quan và hàm lượng đường cao nhất, nhưng lại có thời gian bảo quản ngắn, tỷ lệ hư hỏng cao. Mẫu thu hái ở thời điểm 100 - 110 ngày sau trở hoa cho thấy tỷ lệ hư hỏng thấp nhất sau 12 - 15 ngày bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Điều này khẳng định đây là độ già thu hái tối ưu, kết hợp giữa chất lượng cảm quan (ngọt, ít chát, cấu trúc còn nguyên vẹn) và khả năng bảo quản hiệu quả.

4. KẾT LUẬN

Kết quả đánh giá và theo dõi chất lượng của các mẫu chuối tây giống GL3-2 ở độ già thu hái khác nhau trước và sau bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$ đã cho thấy, các chỉ tiêu về khối lượng, kích thước, hàm lượng đường của quả chuối tây giống GL3-2 tăng dần theo độ già thu hái với mức độ tăng khác nhau. Đồng thời, độ già thích hợp cho mục đích bảo quản đối với quả chuối tây GL3-2 là 110 ngày sau khi trổ hoa, ở độ già này quả chuối có hàm lượng đường thấp (2,02%), tinh bột cao (18,40%), có tỷ lệ hư hỏng thấp nhất sau 12 ngày bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Danh Sửu, Bùi Thị Thu Huyền, Phạm Thị Xuân, Hà Minh Loan, Trần Thị Ánh Nguyệt, Đỗ Thị Thu Trang, Nguyễn Thị Tuyết (2017). *Kỹ thuật trồng và chăm sóc cây chuối*. Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam – Trung tâm Khuyến nông Quốc gia. ISBN 978-604-9803-10-9.
2. Dadzie, B. K. & Orchard, J. E. (1997). *Routine post harvest screening of Banana/Plantain hybrids: Criteria and methods*. INIBAP technical guidelines No. 2. International plant genetic resources Institute (IPGRI), Montpellier, France.
3. Pathak, N. & Srivastava, R. (2020). Post-harvest management of banana: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 2936 - 2942.
4. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
5. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7771:2007. Sản phẩm rau, quả - Xác định hàm lượng chất rắn hòa tan - Phương pháp khúc xạ kế.
6. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4594:1988. Đồ hộp - Phương pháp xác định đường tổng số, đường khử và tinh bột.
7. Lowenthal J. (1877). Über die bestimmung des gerbstoffs. *Z. Anal. Chem.*, 16: 33 - 48.
8. Robinson, J. C. & Galán Sauco, V. (2010). *Bananas and Plantains*, 2nd ed. CAB International.
9. Marriott, J., Robinson, M., & Karikari, S. K. (1981). Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(10), 1021 - 1026.
10. Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. (2007). *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. 5th Edition. UNSW Press.
11. Chen, C. R., Paull, R. E., & Nishijima, W. T. (2002). Postharvest handling and storage of banana fruit: Changes in firmness and cell wall components. *Postharvest Biology and Technology*, 26(1), 85 - 95.
12. Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3rd ed., University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
13. S. Ahmad, B. Clarke, A. Thompson (2005). Banana harvest maturity and fruit position on the quality of ripe fruit. *Ann. Appl. Biol.* 139(3), 329 - 335.
14. Wang, Y. S., Lin, H. T. & Chen, K. S. (2015). Ripening behavior and quality of “Pei-Chiao” bananas stored at different temperatures. *Scientia Horticulturae*, 190, 32 - 37.
15. González-Montelongo, R., Gloria Lobo, M., & González, M. (2010). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 119(3), 1030 - 1039.
16. Zhang, C., Tanabe, K., Tamura, F., Itai, A., Yoshida, A. & Mitani, N. (2005). Accumulation of sugars and acids in the fruit of Japanese pear during maturation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 74(4), 261 - 265.
17. Liu, F., Fu, S., Bi, X., Chen, F. & Liao, X. (2018). Sugar and organic acid composition of banana ripened in different storage conditions. *Food Chemistry*, 260, 193 - 199.
18. Seymour, G. B., Taylor, J. E. & Tucker, G. A. (Eds.). (1993). *Biochemistry of fruit ripening* (Ch. 9, pp. 83 - 106). London: Chapman & Hall.
19. Garcia, E. & Barrett, D. M. (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: *Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market* (eds. O. Lamikanra), CRC Press, 267 - 304.

20. C. R. Chen, H. S. Ramaswamy (2002). Color and texture change kinetics in ripening bananas, *LWT Food Sci. Technol*, 35, 415 - 419
21. Wills, R., Golding, J., McGlasson, B. & Graham, D. (2016). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals* (6th ed.). CABI
22. Saltveit, M. E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 279 - 292.

EFFECT OF HARVEST MATURITY ON THE STORABILITY OF GL3-2 BANANA FRUITS

Hoang Thi Le Hang¹, Nguyen Duc Hanh¹, Nguyen Hoang Viet¹, Hoang Thi Tuyet Mai

¹ *Fruit and Vegetable Research Institute*

Abstract

The study was conducted to determine the appropriate harvest maturity stage for the GL3-2 banana cultivar in order to enhance fruit quality and extend postharvest storage life. Fruits were harvested at five stages after flowering: 90, 100, 110, 120, 130 days and were subsequently stored at $15 \pm 1^\circ\text{C}$ until the spoilage rate exceeded 10%. Morphological, physiological, physicochemical and storability parameters of GL3-2 bananas at different harvest maturities were analyzed. The results showed that morphological traits (length, diameter, weight), chemical composition (starch, sugar, tannin) and sensory quality changed markedly with harvest maturity. Harvesting at 110 days after flowering was identified as the most suitable stage for fresh storage, as fruits at this stage had a low sugar content (2.02%), high starch content (18.4%) and the lowest spoilage rate (< 10%) after 12 days of storage at $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

Keywords: *Banana, GL3-2 cultivar, harvest maturity, storability.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 3/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 22/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ BAO BÌ ĐẾN KHẢ NĂNG BẢO QUẢN QUẢ CHUỐI TÂY GIỐNG GL3-2

Nguyễn Đức Hạnh^{1,*}, Hoàng Thị Lệ Hằng¹, Nguyễn Hoàng Việt¹,
Hoàng Lâm Tùng¹, Hoàng Thị Tuyết Mai¹, Nguyễn Hữu Đức Thịnh²

¹ Viện Nghiên cứu Rau quả

² Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Email: hanhbqcb@yahoo.com.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của các điều kiện nhiệt độ bảo quản ($12 \pm 1^\circ\text{C}$, $15 \pm 1^\circ\text{C}$, $20 \pm 1^\circ\text{C}$) và các loại bao bì (màng LDPE độ dày 30 và 40 μm , màng GreenMAP độ dày 30 và 40 μm và không bao bì) đến chất lượng và khả năng bảo quản của quả chuối tây giống GL3-2 sau thu hoạch. Các chỉ tiêu bao gồm: Tỷ lệ hao hụt khối lượng, hàm lượng chất khô hoà tan tổng số (TSS) và tỷ lệ thối hỏng, cường độ hô hấp, cường độ sản sinh etylen được theo dõi trong suốt thời gian bảo quản. Kết quả cho thấy, bảo quản ở nhiệt độ thấp $15 \pm 1^\circ\text{C}$ và sử dụng màng bao gói GreenMAP có hiệu quả rõ rệt trong việc ức chế quá trình chín, giảm hao hụt và kéo dài thời gian bảo quản. Với việc sử dụng bao bì GreenMAP có độ dày 30 μm và bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$, sau 30 ngày tồn trữ tỷ lệ thối hỏng là 4,46%; tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên là 4,40%; hàm lượng tinh bột là 10,92% và hàm lượng TSS là 5,7%; trạng thái quả quả xanh, cứng, thịt quả màu trắng ngà, cuống quả không bị héo.

Từ khóa: Chuối tây GL3-2, bảo quản sau thu hoạch, nhiệt độ, bao bì LDPE, bao bì GreenMAP.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuối là một trong những loại cây ăn quả quan trọng bậc nhất thế giới, đứng thứ tư về sản lượng sau lúa, lúa mì và ngô, đồng thời là mặt hàng xuất khẩu chủ lực của nhiều quốc gia đang phát triển [1]. Chuối tây (nhóm AAB), đặc biệt là giống GL3-2, là một giống chuối phổ biến và có giá trị kinh tế cao tại Việt Nam, được ưa chuộng bởi hương vị đặc trưng và giá trị dinh dưỡng phong phú [2]. Chuối chứa nhiều vitamin (C, B6), khoáng chất (kali, magiê) và chất xơ, mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe con người [3].

Tuy nhiên, chuối là loại quả hô hấp đột biến, có tốc độ chín nhanh sau thu hoạch, dẫn đến quá trình chín nhanh và thời gian bảo quản ngắn, thường dưới 7 - 10 ngày ở điều kiện thường dẫn đến tổn thất lớn về chất lượng và số lượng nếu không có biện pháp bảo quản phù hợp [4]. Quá trình chín của chuối liên quan chặt chẽ đến sự gia tăng cường độ hô hấp và sản sinh etylen, làm thay

đổi màu sắc, độ cứng, mùi vị và giá trị dinh dưỡng của quả. Hiện trạng này đặt ra thách thức lớn trong việc kéo dài thời gian bảo quản, vận chuyển và phân phối, đặc biệt đối với chuối tây giống GL3-2 khi cần phục vụ cả thị trường nội địa và xuất khẩu.

Nhiệt độ và bao bì là hai yếu tố vật lý then chốt, tác động mạnh mẽ đến các quá trình sinh lý sau thu hoạch của chuối và các loại rau quả nói chung. Nhiệt độ cao thúc đẩy mạnh mẽ cường độ hô hấp của quả (Q10 rule), làm tăng tốc độ tiêu thụ chất dự trữ, sản sinh nhiệt và CO_2 , dẫn đến lão hóa nhanh và suy giảm chất lượng [5]. Đồng thời, nhiệt độ cao cũng làm tăng hoạt động của các enzyme gây hóa nâu (polyphenol oxidase) và làm mềm quả (pectinase, amylase) cùng với việc thúc đẩy tốc độ thoát hơi nước, gây héo và giảm khối lượng. Ngược lại, dù nhiệt độ thấp có thể làm chậm quá trình chín, nhưng chuối là loại quả nhiệt đới, đặc biệt nhạy cảm với tổn thương lạnh

(chilling injury) khi bảo quản dưới 13°C, dẫn đến vỏ chuyển màu nâu sẫm, thịt quả chai và mất khả năng chín bình thường [6, 7].

Bên cạnh nhiệt độ, bao bì đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra một vi môi trường thích hợp xung quanh quả, đặc biệt là thông qua kỹ thuật bao gói khí quyển biến đổi (Modified Atmosphere Packaging - MAP). Các loại vật liệu bao gói với khả năng thẩm khí chọn lọc cho phép kiểm soát nồng độ O₂ và CO₂ bên trong, ức chế cường độ hô hấp, làm chậm quá trình chín và sản xuất etylen [8, 9]. Đồng thời, bao bì còn tạo hàng rào vật lý hạn chế sự mất nước, duy trì độ tươi và khối lượng của sản phẩm, cũng như bảo vệ quả khỏi các tổn thương cơ học trong quá trình vận chuyển. Vì vậy, nghiên cứu này sẽ cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho sản xuất, góp phần nâng cao giá trị kinh tế của chuối tây, giảm tổn thất sau thu hoạch, đáp ứng nhu cầu thị trường trong nước và xuất khẩu.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Đối tượng nghiên cứu: Chuối tây (Musa ABB) được trồng tại xã Ngọc Thanh, huyện Kim Động, tỉnh Hưng Yên. Mẫu quả chuối được thu hoạch đúng độ chín kỹ thuật theo bảng độ già thu hái tại vườn chuối được chăm sóc theo tiêu chuẩn VietGAP. Phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo TCVN 9017:2011 [10].

Bao bì: Bao gói bằng LDPE có độ dày 30 µm và 40 µm, sản xuất tại Công ty TNHH KOJIN Việt Nam. Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 30 µm và 40 µm, sản xuất tại Công ty Cổ phần Thương mại và Dịch vụ Quốc tế Sao Nam. Mỗi túi đóng 12 kg chuối.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo phương pháp hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại.

- Thí nghiệm 1: Nghiên cứu xác định loại bao bì và độ dày thích hợp.

Các buồng chuối được thu hoạch ở độ già 110 ngày sau khi trổ hoa, pha nải, lựa chọn nhằm loại bỏ các nải bị hư hỏng, bầm dập. Tiếp đó, các nải chuối rửa sạch, ngâm trong dung dịch azoxystrobin với nồng độ 0,01% trong thời gian 5

phút, dung dịch KAl(SO₄)₂ 1% trong thời gian 2 phút, theo kết quả các thí nghiệm xác định độ già thu hái, xử lý thối hỏng, nâu hóa vết cắt cuống đã được thực hiện. Chuối sau khi xử lý được để ráo và tiến hành bao gói trong các loại bao bì khác nhau theo bố trí thí nghiệm, sau đó đóng trong thùng carton có khối lượng 13 ± 0,5 kg/thùng và bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C. Quá trình theo dõi kết thúc khi tỷ lệ hư hỏng của mẫu đạt > 10%.

Thí nghiệm gồm 5 công thức: BB1: Đối chứng, không bao gói; BB2: Bao gói bằng LDPE có độ dày 0,03 mm; BB3: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,04 mm; BB4: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,03 mm; BB5: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,04 mm.

Các chỉ tiêu theo dõi: Tỷ lệ thối hỏng (%), hao hụt khối lượng tự nhiên (%), cường độ hô hấp (mlCO₂/kg.h), cường độ sản sinh etylen (µlC₂H₄/kg/h), TSS (%), hàm lượng tinh bột (%).

Thí nghiệm 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến chất lượng quả chuối tây sau thu hoạch.

Chuối tây được thu hoạch, xử lý và tiến hành bao gói trong bao bì đã được chọn ở thí nghiệm trên, có bổ sung thêm gói hấp thu etylen và được bảo quản ở các ngưỡng nhiệt độ khác nhau, từ đó xác định được nhiệt độ bảo quản phù hợp nhất.

Thí nghiệm gồm 4 công thức: CT1: Bảo quản ở nhiệt độ 12 ± 1°C; CT2: Bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C; CT3: Bảo quản ở nhiệt độ 18 ± 1°C; CT4: Bảo quản ở nhiệt độ thường.

Các chỉ tiêu theo dõi: Tỷ lệ thối hỏng (%), hao hụt khối lượng tự nhiên (%), TSS (%), hàm lượng tinh bột (%), cảm quan.

2.2.2. Phương pháp phân tích

- TSS (%) được đo bằng chiết quang kế điện tử Digital Refractometer (Atago Co., Ltd, Tokyo, Nhật Bản) theo TCVN 7771:2007 [11].

- Tỷ lệ hư hỏng (%) được xác định bằng tỷ lệ phần trăm quả có các triệu chứng bất thường trên vỏ quả: Nhũn, biến màu, thối.

$$X = 100 \times A/B$$

Trong đó: X là tỷ lệ thối hỏng (%); A là khối lượng quả hư hỏng; B là khối lượng quả theo dõi.

- Tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên (%) được xác định bằng tỷ lệ phần trăm khối lượng quả ở mỗi công thức theo dõi so với khối lượng ban đầu.

+ Xác định cường độ hô hấp và cường độ sản sinh etylen: Được đo bằng máy F950 của hãng Felix (Úc). Mẫu được đặt kín trong hộp có thể tích nhất định có nút cao su để lấy mẫu ra. Mẫu được cân khối lượng, đo thể tích tự do của hộp và được đặt tại nhiệt độ bảo quản trong thời gian 2 - 3 giờ, sau đó cắm xy lanh hút khí của thiết bị đo F950 đã được bật.

Nguyên tắc: Cường độ hô hấp của quả được xác định dựa trên nguyên tắc số ml khí CO₂ tạo ra do quả hô hấp trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị khối lượng quả. Cường độ hô hấp của quả được xác định theo công thức sau:

$$\text{ml CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{(\% \text{CO}_2 \text{ sau} - \% \text{CO}_2 \text{ đầu}) \times \text{thể tích chứa tự do của hộp (ml)}}{\text{Thời gian (h)} \times \text{khối lượng quả (kg)} \times 100}$$

+ Cường độ sản sinh etylen: Được xác định trên nguyên tắc số μl etylen do quả tạo ra trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị khối lượng quả. Cường độ sản sinh etylen được xác định theo công thức sau:

$$\mu\text{lC}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{\text{pp C}_2\text{H}_4 \text{ đo được} \times \text{thể tích chứa tự do của hộp (l)}}{\text{Thời gian (h)} \times \text{Khối lượng quả (kg)}}$$

- Đánh giá chất lượng cảm quan dựa vào phương pháp cho điểm theo TCVN 3215:1979 [12], bằng cách cho điểm các chỉ tiêu: Màu sắc vỏ quả, vị, trạng thái bên trong, mùi theo thang điểm 0 - 5.

Hội đồng cảm quan gồm 10 người. Mỗi thành viên được phát một phiếu đánh giá cảm quan và các mẫu đã được mã hóa bằng các chữ số, sau đó lập bảng thống kê điểm đối với từng mẫu. Thứ tự đánh giá các chỉ tiêu theo dõi: Màu sắc vỏ quả, trạng thái bên trong, mùi, vị.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

- Kết quả được phân tích tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Bảo quản và Chế biến, Viện Nghiên cứu Rau quả.

- Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức. Kết quả thí nghiệm được xử lý trên phần mềm SAS 9.0.

2.4. Địa điểm nghiên cứu

Bố trí thí nghiệm và đánh giá kiểm tra các chỉ tiêu theo dõi, phân tích tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Sinh lý Sinh hóa và Công nghệ sau thu hoạch, Viện Nghiên cứu Rau quả.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của bao bì bảo quản đến các chỉ tiêu chất lượng chuối tây GL3-2

Để đánh giá tác động riêng biệt của bao bì, chuối tây GL3-2 được thu hái và bố trí thí nghiệm như đã nêu tại thí nghiệm 1, mục 2.2.1.

3.1.1. Sự biến đổi một số chỉ tiêu vật lý của quả chuối tây trong quá trình bảo quản

Kết quả theo dõi ảnh hưởng của loại và độ dày bao bì đến tỷ lệ thối hỏng của quả chuối tây trong thời gian bảo quản được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Sự biến đổi tỉ lệ thối hỏng của quả chuối trong quá trình bảo quản

Đơn vị tính: %

Công thức	Thời gian bảo quản (ngày)					
	0	6	12	18	24	30
BB1	0,00	0,73 ^a	2,87 ^a	6,25 ^a	11,45 ^a	-
BB2	0,00	0,00 ^b	0,76 ^c	2,37 ^c	5,52 ^c	9,25 ^b
BB3	0,00	0,00 ^b	0,84 ^b	2,62 ^b	6,38 ^b	10,04 ^a
BB4	0,00	0,00 ^b	0,61 ^d	1,85 ^d	4,82 ^d	7,02 ^c
BB5	0,00	0,00 ^b	0,64 ^d	1,88 ^d	4,85 ^d	7,09 ^c

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. BB1: Đối chứng, không bao gói; BB2: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,03 mm; BB3: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,04 mm; BB4: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,03 mm; BB5: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,04 mm.

Bảng 1 cho thấy, tỷ lệ thối hỏng của chuối tây trong quá trình bảo quản có sự khác biệt rõ rệt giữa mẫu đối chứng và mẫu sử dụng bao bì bao gói. Qua đó có thể thấy hiệu quả của việc sử dụng bao bì trong quá trình bảo quản quả chuối tây.

Bao bì GreenMAP có hiệu quả hạn chế thối hỏng tốt hơn so với bao bì LDPE: Sau 30 ngày bảo quản, các mẫu sử dụng bao bì LDPE so với bao bì GreenMAP có mức chênh lệch cao nhất là 3,03%. Các mẫu sử dụng bao bì LDPE có độ dày 0,03 mm và 0,04 mm có tỷ lệ thối hỏng lần lượt là 9,25% và 10,04%, khác nhau có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$. Trong khi đó, tỷ lệ thối hỏng của các mẫu sử dụng túi GreenMAP có độ dày 0,03 mm và 0,04 mm không có sự sai khác về mặt thống kê. Điều này được giải thích, là do túi GreenMAP được chế tạo từ hỗn hợp các thành phần nhựa polyetylen tỷ trọng thấp (LDPE), kết hợp với một số chất phụ gia vô cơ như: Silica, zeolit, bentonite và được đục vi lỗ nên có tính thấm khí chọn lọc, cho phép O_2 ,

CO_2 và C_2H_4 khuếch tán ra vào ở tốc độ phù hợp nên giúp giảm lượng O_2 , C_2H_4 bên trong bao bì và thoát CO_2 đồng thời hấp thụ một phần độ ẩm tạo ra trong không gian túi tránh hiện tượng đọng nước, giảm hiện tượng gây thối hỏng. Trong khi đó, bao bì LDPE với độ dày 0,04 mm, không đục lỗ nên giảm tốc độ khuếch tán CO_2 , O_2 , C_2H_4 và hơi nước, từ đó dễ gây tích tụ CO_2 quá mức làm giảm sức đề kháng của quả, đồng thời gây nên hiện tượng đọng nước và tăng nhiệt độ bên trong bao bì, tạo điều kiện cho vi sinh vật (nấm mốc, vi khuẩn) gây thối hỏng phát triển. Kết quả trên cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Victor Rodov và cs (2022) [13], khi nghiên cứu ứng dụng bao bì sinh học có đục vi lỗ đến chất lượng quả chuối đã xử lý etylen.

Kết quả theo dõi ảnh hưởng của loại và độ dày bao bì đến sự biến đổi cường độ hô hấp của quả chuối tây trong thời gian bảo quản được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Sự biến đổi cường độ hô hấp và cường độ sản sinh etylen của quả chuối trong bảo quản

	Công thức	Thời gian bảo quản (ngày)					
		0	6	12	18	24	30
Cường độ hô hấp (ml CO_2 /kg.h)	BB1	3,05 ^a	5,90 ^a	11,65 ^a	22,70 ^a	26,45 ^a	-
	BB2	3,05 ^a	5,45 ^b	9,23 ^b	13,75 ^c	14,20 ^c	13,65 ^c
	BB3	3,05 ^a	4,85 ^c	8,45 ^c	14,30 ^b	16,05 ^b	18,40 ^b
	BB4	3,05 ^a	3,90 ^d	6,94 ^d	9,05 ^d	10,15 ^d	12,85 ^d
	BB5	3,05 ^a	3,75 ^d	6,40 ^d	8,90 ^d	9,90 ^d	12,58 ^d
Cường độ sản sinh etylen ($\mu l C_2H_4$ /kg/h)	BB1	0,22 ^a	0,65 ^a	2,25 ^a	3,85 ^a	4,40 ^a	-
	BB2	0,22 ^a	0,35 ^c	0,68 ^c	1,40 ^c	1,70 ^c	2,00 ^c
	BB3	0,22 ^a	0,41 ^b	0,78 ^b	1,65 ^b	1,90 ^b	2,85 ^b
	BB4	0,22 ^a	0,34 ^c	0,54 ^d	0,75 ^d	1,08 ^d	1,72 ^d
	BB5	0,22 ^a	0,32 ^c	0,50 ^d	0,71 ^d	1,05 ^d	1,70 ^d

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. BB1: Đối chứng, không bao gói; BB2: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,03 mm; BB3: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,04 mm; BB4: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,03 mm; BB5: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,04 mm.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, công thức BB1 có cường độ hô hấp tăng nhanh và đạt đỉnh vào ngày thứ 24 (26,45 ml CO₂/kg.h), sau đó giảm nhẹ do quá trình thoái hóa mô và phân hủy. Ở các công thức sử dụng bao bì LDPE, mức độ tăng cường độ hô hấp thấp hơn so với đối chứng. Đáng chú ý, công thức BB3 kiểm soát hô hấp tốt hơn trong giai đoạn đầu (ngày 6 và 12) so với công thức BB2, nhưng sau 18 ngày trở đi, cường độ hô hấp của BB3 tăng nhanh hơn BB2, có thể do sự tích tụ CO₂ và etylen nội sinh gây kích thích hoạt động trao đổi chất và quá trình chín nhanh hơn. Đặc biệt, các mẫu sử dụng bao bì GreenMAP có mức tăng cường độ hô hấp thấp nhất và ổn định nhất. Sau 30 ngày bảo quản, giá trị cường độ hô hấp của BB4 và BB5 lần lượt là 12,85 và 12,58 ml CO₂/kg.h, không có sự sai khác về mặt thống kê. Điều này chứng tỏ, bao bì GreenMAP có khả năng điều tiết môi trường khí quyển vi mô xung quanh quả chuối, giúp làm chậm tốc độ hô hấp đáng kể.

Cơ chế tác động của bao bì đến cường độ hô hấp là do khả năng thay đổi nồng độ O₂ và CO₂ bên trong bao bì. Bao bì LDPE có độ thấm khí trung bình, ban đầu giúp giảm tốc độ hô hấp nhờ hạn chế thất thoát ẩm và trao đổi khí. Tuy nhiên, khi độ dày tăng, khả năng khuếch tán khí bị hạn chế, dễ dẫn đến tích tụ CO₂ và etylen, thúc đẩy chín nhanh.

Ngược lại, bao bì GreenMAP là loại màng bán thấm có khả năng điều chỉnh chọn lọc tỷ lệ khí O₂ và CO₂, giúp duy trì môi trường phù hợp, ức chế hoạt động của các enzyme liên quan đến hô hấp như: ACC synthase và ACC oxidase - qua đó làm giảm tốc độ chín của quả. Kết quả nghiên cứu của Kader (2002) [14] cũng chỉ ra rằng, bao bì MAP có

hiệu quả cao trong việc kiểm soát hô hấp và etylen ở các loại quả climacteric như: Chuối, xoài và đu đủ.

Kết quả ở bảng 2 cũng cho thấy, cường độ sản sinh etylen của chuối tây tăng dần theo thời gian bảo quản, với mức độ khác biệt rõ rệt giữa các loại bao bì. Công thức BB1 có cường độ sản sinh etylen cao nhất ở tất cả các thời điểm, đạt đỉnh 4,40 µl C₂H₄/kg/giờ sau 24 ngày bảo quản - đặc trưng cho quá trình chín nhanh không kiểm soát. Trong khi đó, các mẫu BB2 và BB3 giúp làm chậm quá trình sinh tổng hợp etylen, tuy nhiên bao bì LDPE dày hơn (0,04 mm) lại có xu hướng tăng etylen mạnh hơn ở giai đoạn sau, có thể do khả năng khuếch tán khí kém gây tích tụ etylen nội sinh - điều này phù hợp với nhận định của Kader (2002) [14], theo đó bao bì không chọn lọc khí dễ làm rối loạn cân bằng O₂/CO₂ và kích thích hoạt động sinh lý chín.

Ngược lại, hai mẫu sử dụng bao bì GreenMAP có mức sản sinh etylen thấp và tăng chậm nhất, cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc kéo dài thời gian chín. Không có sự khác biệt đáng kể giữa hai độ dày 0,03 mm và 0,04 mm, chứng tỏ bao bì GreenMAP phát huy tốt vai trò của mình nhờ tính thấm khí chọn lọc - giúp duy trì môi trường khí tối ưu cho bảo quản. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Beaudry (2000) [15], Yahia (2011) [16], khi sử dụng bao bì khí quyển biến đổi có thể ức chế hoạt động của enzyme ACC oxidase, từ đó làm giảm tốc độ sinh tổng hợp etylen.

3.1.2. Sự biến đổi một số thành phần hóa học của quả chuối trong quá trình bảo quản

Bao bì có ảnh hưởng gián tiếp đến sự thay đổi TSS của quả chuối tây trong quá trình bảo quản thông qua việc điều tiết tốc độ hô hấp, quá trình chín sinh lý và mất nước.

Bảng 3. Sự biến đổi hàm lượng chất khô hòa tan và tinh bột của quả chuối trong bảo quản

Chỉ tiêu	Công thức	Thời gian bảo quản (ngày)					
		0	6	12	18	24	30
TSS (%)	BB1	3,52 ^a	5,24 ^a	9,50 ^a	13,65 ^a	21,13 ^a	-
	BB2	3,52 ^a	4,15 ^b	5,07 ^c	6,39 ^c	7,85 ^c	9,25 ^b
	BB3	3,52 ^a	4,05 ^b	5,05 ^b	6,70 ^b	8,46 ^b	11,28 ^a

	BB4	3,52 ^a	3,69 ^c	4,12 ^d	4,75 ^c	5,44 ^c	6,72 ^d
	BB5	3,52 ^a	3,62 ^c	4,26 ^d	4,98 ^c	5,82 ^d	7,28 ^c
Hàm lượng tinh bột (%)	BB1	18,47 ^a	15,28 ^d	10,54 ^d	7,48 ^c	3,48 ^d	-
	BB2	18,47 ^a	17,85 ^b	16,47 ^b	14,81 ^d	12,90 ^c	10,42 ^c
	BB3	18,47 ^a	17,54 ^c	16,35 ^c	14,27 ^c	12,31 ^d	9,38 ^d
	BB4	18,47 ^a	18,19 ^a	17,35 ^a	16,45 ^a	15,26 ^a	13,35 ^a
	BB5	18,47 ^a	18,10 ^a	17,32 ^a	16,48 ^a	15,01 ^b	12,90 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. BB1: Đối chứng, không bao gói; BB2: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,03 mm; BB3: Bao gói bằng túi LDPE có độ dày 0,04 mm; BB4: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,03 mm; BB5: Bao gói bằng túi GreenMAP có độ dày 0,04 mm.

Từ các số liệu thu được cho thấy, mức độ biến đổi của TSS ở các mẫu thấp nhất ở mẫu BB4 và cao nhất ở mẫu BB3 sau 30 ngày bảo quản. Điều này được giải thích, là do bao bì GreenMAP có tính thấm khí chọn lọc nên hạn chế và ổn định cường độ hô hấp, do đó quá trình chuyển hoá tinh bột thành đường chậm hơn dẫn đến TSS cũng tăng chậm và ổn định. Với mẫu BB3, do độ dày của bao bì cao nên sẽ hạn chế được quá trình hô hấp trong thời gian ngắn, sau đó do lượng etylen tạo ra tăng nhanh và mức độ khuếch tán chậm nên đã làm cường độ hô hấp tăng, do đó thúc đẩy quá trình chín và quá trình chuyển hoá tinh bột thành đường, từ đó làm tăng TSS trong quả chuối. Kết quả trên phù hợp với kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của bao bì và chất hấp thu etylen trong bảo quản quả chuối tiêu hồng của Nguyễn Đức Hạnh và cs (2020) [17].

Hàm lượng tinh bột của quả chuối giảm dần trong quá trình bảo quản do sự chuyển hóa từ tinh bột thành đường khi quá trình chín và già hoá xảy ra. Tuy nhiên, mức độ biến đổi hàm lượng tinh bột ở các mẫu có sự khác nhau rõ rệt, các mẫu được bao gói GreenMAP có hàm lượng tinh bột thay đổi ít nhất, ngược lại mẫu đối chứng lại có sự thay đổi cao nhất, sau 30 ngày bảo quản, hàm lượng tinh bột còn lại của mẫu sử dụng bao bì GreenMAP là 12,90 - 13,35%, mẫu sử dụng túi LDPE độ dày 0,04 mm là 9,38%, LDPE độ dày 0,03 mm là 10,42%. Điều này được giải thích, là do bao bì GreenMAP có tính thấm khí chọn lọc nên hạn chế quá trình hô

hấp, hạn chế quá trình chín của quả chuối tây, nên khả năng chuyển hóa tinh bột thành đường thấp hơn so với các mẫu còn lại. Mẫu sử dụng túi LDPE có độ dày 0,04 mm có độ khuếch tán khí thấp nên trong thời gian ngắn ban đầu sẽ hạn chế được quá trình hô hấp, nhưng sau đó do lượng etylen tạo ra tăng nhanh và mức độ khuếch tán chậm nên đã thúc đẩy quá trình chín, cường độ hô hấp tăng nhanh nên khả năng chuyển hoá tinh bột thành đường cao hơn so với mẫu sử dụng túi LDPE có độ dày thấp 0,03 mm. Như vậy, có thể thấy rằng, bao bì GreenMAP là tốt nhất và trong khoảng độ dày khảo sát 0,03 - 0,04 mm không ảnh hưởng đáng kể đến khả năng này.

Các kết quả cho thấy, bao bì GreenMAP có hiệu quả trong việc hạn chế các biến đổi sinh lý và sinh hóa của quả chuối tây trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$, qua đó làm chậm đáng kể quá trình chín. Trên cơ sở đó, bao bì GreenMAP với độ dày 30 μm được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến chất lượng quả chuối tây trong quá trình bảo quản

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự biến đổi một số chỉ tiêu lý hóa của quả chuối tây trong quá trình bảo quản

Thí nghiệm được tiến hành như ở mục 2.2.1 và được bảo quản ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau. Trong quá trình bảo quản, tiến hành lấy mẫu và đánh giá tỷ lệ thối hỏng quả, tỉ lệ hao hụt khối

lượng tự nhiên và đánh giá cảm quan, kết quả được trình bày ở bảng 4.

Kết quả ở bảng 4 cho thấy, tỷ lệ thối hỏng ở tất cả các mẫu đều tăng dần theo thời gian bảo quản và nhiệt độ bảo quản quả chuối tây có ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ thối hỏng của quả chuối tây. Cụ thể, ở thời điểm 18 ngày bảo quản, mẫu được bảo quản ở nhiệt độ CT1 chưa xảy ra hiện tượng thối hỏng, nhưng mẫu được bảo quản ở nhiệt độ còn lại đã xuất hiện thối hỏng ở thời gian sớm hơn, lần lượt sau 18 ngày (với tỷ lệ 4,12%), 12 ngày (với tỷ lệ 3,21%) và 6 ngày (với tỷ lệ 5,78%). Sau 30 ngày bảo quản, chỉ có mẫu được bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$ có tỷ lệ hư hỏng dưới 10% (với tỷ lệ 2,54%). Điều này được giải thích, do chuối là loại quả rất mẫn cảm với nhiệt độ lạnh nên mẫu được bảo quản ở nhiệt độ thấp ($12 \pm 1^\circ\text{C}$) bị tổn thương lạnh làm giảm sức đề kháng của quả, dễ bị hư hỏng do sự

tấn công của vi sinh vật, tăng tỷ lệ thối hỏng. Thí nghiệm cho thấy, tại thời điểm 18 ngày bảo quản, mẫu được xử lý ở nhiệt độ CT1 có màu vỏ xanh đen và có xuất hiện các đốm đen do rối loạn chuyển hóa lipit màng tế bào mô quả do tổn thương lạnh gây ra. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của S. H. Satyan và cs (1992) [18] về sự nhạy cảm nhiệt độ cao hơn của giống chuối tây so với một số giống chuối khác trong quá trình bảo quản. Ngược lại, với các mẫu được bảo quản ở nhiệt độ cao là CT3 và CT4, các phản ứng sinh lý sinh hoá cũng như hoạt động của các hệ enzym xảy ra mạnh mẽ nên dẫn đến quá trình chín và hư hỏng xảy ra rất nhanh, cường độ của các quá trình này tăng tỷ lệ thuận với nhiệt độ bảo quản. Trong khi đó, mẫu được bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$ có tỷ lệ hư hỏng thấp nhất (với tỷ lệ hư hỏng sau 30 ngày là 2,55%).

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tỷ lệ thối hỏng của quả chuối tây trong quá trình bảo quản

Chỉ tiêu	Công thức	Thời gian bảo quản (ngày)				
		6	12	18	24	30
Tỷ lệ thối hỏng (%)	CT1	0,00	0,00	4,12	6,37	14,37
	CT2	0,00	0,00	0,00	1,12	2,55
	CT3	0,00	3,21	7,81	11,43	-
	CT4	5,78	9,79	-	-	-
Tỷ lệ HHKLTN (%)	CT1	0,13	0,16	2,28	5,15	-
	CT2	0,15	0,28	0,67	1,38	2,45
	CT3	2,35	5,12	8,14	-	-
	CT4	4,72	9,21	-	-	-

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. CT1: Bảo quản ở nhiệt độ $12 \pm 1^\circ\text{C}$; CT2: Bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$; CT3: Bảo quản ở nhiệt độ $18 \pm 1^\circ\text{C}$; CT4: Bảo quản ở nhiệt độ thường; HHKLTN: Hao hụt khối lượng tự nhiên.

Tỷ lệ HHKLTN tăng dần trong quá trình bảo quản và mức độ tăng tỷ lệ thuận với nhiệt độ bảo quản ở tất cả các thời điểm theo dõi. Sau 12 ngày, tỷ lệ HHKLTN ở các mẫu tăng dần theo nhiệt độ bảo

quản, trong đó tỷ lệ HHKLTN của 2 mẫu bảo quản ở CT1 và CT2 vẫn có giá trị thấp nhất, lần lượt là 0,16% và 0,28%. Ngược lại, 2 mẫu được bảo quản ở nhiệt độ CT3 và CT4 có giá trị cao, lần lượt là 5,12%

và 9,21%. Sau 30 ngày bảo quản, tỷ lệ HHKLTN của mẫu bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$ là 2,45%.

Trong quá trình bảo quản rau quả nói chung và quả chuối nói riêng, chất lượng cảm quan của

quả sau khi bảo quản đóng góp rất lớn vào giá trị thương phẩm của sản phẩm. Chất lượng cảm quan của quả chuối trong quá trình bảo quản được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng cảm quan của quả chuối tây trong quá trình bảo quản

Thời gian Công thức	0 ngày	6 ngày	12 ngày	18 ngày	24 ngày	30 ngày
CT1 ($12 \pm 1^\circ\text{C}$)	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả vẫn duy trì xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả vẫn duy trì xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả xanh, cứng, bắt đầu xuất hiện các vết nâu. Thịt quả màu trắng ngà	Quả xanh, vỏ và cuống đều héo, mất thường có thể nhìn rõ. Xuất hiện nhiều vết nâu, thâm đen. Quả còn cứng. Thịt quả có màu vàng nhạt
CT2 ($15 \pm 1^\circ\text{C}$)	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả vẫn duy trì xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả vẫn duy trì xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả xanh, cứng, thịt quả màu trắng ngà	Quả xanh, cứng, thịt quả màu trắng ngà, cuống quả không bị héo
CT3 ($18 \pm 1^\circ\text{C}$)	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả màu vàng xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu vàng trắng	Quả chuyển sang màu vàng tươi, hơi mềm. Thịt quả có màu vàng trắng	-	-
CT4 (nhiệt độ thường)	Quả xanh, bóng và cứng. Thịt quả màu trắng	Quả dần chuyển sang màu vàng, vài quả đã chuyển qua màu vàng tươi, quả hầu như vẫn còn cứng. Thịt quả màu trắng ngà	Quả có màu vàng đậm, cùng các vết nâu đen, một số ít quả có màu vàng xỉn và thâm đen. Quả rất mềm. Thịt quả có màu vàng tươi	-	-	-

Bảng 5 cho thấy, quả chuối tây khi để ở nhiệt độ thường thì sẽ nhanh chín và thối hỏng hơn so với được bảo quản ở nhiệt độ thấp. Sau 24 ngày bảo quản, chỉ còn 2 mẫu là CT1 và CT2 có chất lượng cảm quan không có sự khác nhau: Quả xanh, cứng, bắt đầu xuất hiện các vết nâu đen nhỏ, thịt quả màu trắng ngà. Tuy nhiên, sau 30 ngày bảo

quản, mẫu CT2 có quả xanh, cứng, thịt quả màu trắng ngà, trong khi mẫu CT1 có quả xanh, vỏ và cuống đều héo, mất thường có thể nhìn rõ, xuất hiện nhiều vết nâu đen, vết thâm đen, quả còn cứng, thịt quả có màu vàng nhạt. Từ kết quả trên, CT2 có chất lượng cảm quan tốt nhất so với các mẫu bảo quản còn lại.

3.2.2. Sự biến đổi một số thành phần hóa học của quả chuối trong quá trình bảo quản

Kết quả ở bảng 6 cho thấy, TSS của mẫu được bảo quản ở ngưỡng nhiệt độ CT1 hầu như không có sự thay đổi, mẫu được bảo quản ở CT2 có mức biến đổi rất ít, ngược lại, mẫu được bảo quản ở CT3 và CT4 có mức tăng khá cao. Điều này được giải thích, là do ở nhiệt độ thấp (CT1) trong thời gian dài đã làm cho quả bị tổn thương lạnh nên đã làm rối loạn quá trình trao đổi chất, trong đó có hệ enzyme phân giải tinh bột thành đường nên TSS gần như không thay đổi trong thời gian bảo quản. Với ngưỡng nhiệt độ bảo quản lạnh CT2, đã hạn

chế hoạt độ của các hệ enzyme (như hệ enzyme amylase, glucoamylase, pectinase, cellulase) nên quá trình thủy phân tinh bột thành đường, thủy phân các hợp chất không hoà tan thành hoà tan vẫn diễn ra nhưng chậm hơn, do đó TSS vẫn tăng dần theo thời gian, nhưng tốc độ tăng chậm. Ngược lại, ở ngưỡng nhiệt độ bảo quản cao là CT3 và CT4 sẽ tạo điều kiện cho các hệ enzyme hoạt động mạnh, tinh bột chuyển hóa nhanh sang đường, protopetic thủy phân thành pectin hoà tan, thành phần xenlulo và hemixenlulo bị thủy phân thành đường đơn (nhưng không đáng kể so với phân giải tinh bột), vì vậy TSS tăng nhanh.

Bảng 6. Sự biến đổi TSS và hàm lượng tinh bột của quả chuối tây trong quá trình bảo quản

Chỉ tiêu	Công thức	6 ngày	12 ngày	18 ngày	24 ngày	30 ngày
TSS (%)	CT1	3,50 ^c	3,50 ^c	3,55 ^c	3,62 ^b	-
	CT2	3,53 ^c	3,60 ^c	3,72 ^b	4,06 ^a	4,58
	CT3	6,71 ^b	12,28 ^b	19,56 ^a	-	-
	CT4	13,72 ^a	20,08 ^a	-	-	-
Hàm lượng tinh bột (%)	CT1	18,50 ^a	18,50 ^a	18,30 ^a	18,00 ^a	-
	CT2	18,15 ^a	18,00 ^b	17,96 ^b	17,45 ^b	16,24
	CT3	16,72 ^b	12,25 ^c	8,78 ^c	-	-
	CT4	8,53 ^c	4,69 ^d	-	-	-

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. CT1: Bảo quản ở nhiệt độ $12 \pm 1^\circ\text{C}$; CT2: Bảo quản ở nhiệt độ $15 \pm 1^\circ\text{C}$; CT3: Bảo quản ở nhiệt độ $18 \pm 1^\circ\text{C}$; CT4: Bảo quản ở nhiệt độ thường.

Kết quả cũng cho thấy, hàm lượng tinh bột có trong các mẫu thí nghiệm đều giảm dần theo thời gian bảo quản. Trong đó, mẫu bảo quản ở ngưỡng nhiệt độ CT1 hầu như không có sự thay đổi và sau 24 ngày bảo quản, hàm lượng tinh bột còn lại là 18% (chỉ giảm 2,7% so với nguyên liệu). Hàm lượng tinh bột ở mẫu bảo quản CT1 có mức biến đổi thấp và sau 30 ngày giảm 12,2% so với nguyên liệu. Ngược lại, hàm lượng tinh bột còn lại trong các mẫu được bảo quản ở CT3 và CT4 giảm nhanh: Sau 12 ngày ở mẫu CT4 là 4,69%; CT3 sau 18 ngày là 8,78%. Điều này được giải thích, là do ở nhiệt độ

thấp ($12 \pm 1^\circ\text{C}$) trong thời gian dài đã ức chế hệ enzyme amylase (α -amylase và β -amylase) thủy phân tinh bột nên gần như đã đình chỉ quá trình chuyển hoá tinh bột thành đường, vì vậy hàm lượng tinh bột gần như không thay đổi trong thời gian bảo quản. Với ngưỡng nhiệt độ bảo quản lạnh CT2, chỉ hạn chế sự hoạt động của hệ enzyme thủy phân tinh bột, nên quá trình thủy phân tinh bột thành đường vẫn diễn ra nhưng chậm hơn, do đó hàm lượng tinh bột vẫn giảm theo thời gian, nhưng tốc độ giảm chậm. Ngược lại, ở ngưỡng nhiệt độ bảo quản cao CT3 và CT4 sẽ tạo điều kiện cho

enzym hoạt động mạnh, quá trình thủy phân tinh bột diễn ra mạnh mẽ nên hàm lượng tinh bột giảm rất nhanh, tỷ lệ thuận với nhiệt độ bảo quản (đặc biệt ở mẫu đối chứng). Như vậy, có thể thấy, ngưỡng nhiệt độ bảo quản $15 \pm 1^\circ\text{C}$ đã hạn chế được sự biến đổi hàm lượng tinh bột, từ đó hạn chế được quá trình già hoá và chín của quả chuối tây trong thời gian bảo quản sau thu hoạch.

Kết quả trên cho thấy, nhiệt độ bảo quản chuối tây cao hơn nhiệt độ bảo quản chuối tiêu (12°C) trong kết quả nghiên cứu của Chu Doãn Thành (2006) [19], nhưng phù hợp với kết quả nghiên cứu của S. H. Satyan và cs (1992) [18] về sự nhạy cảm nhiệt độ cao hơn của giống chuối tây so với một số giống chuối khác trong quá trình bảo quản.

4. KẾT LUẬN

Đã xác định được các thông số bao bì bảo quản thích hợp cho quả chuối tây là bao bì GreenMAP có độ dày 30 μm và nhiệt độ bảo quản thích hợp là $15 \pm 1^\circ\text{C}$. Sau 30 ngày tồn trữ, tỷ lệ thối hỏng là 2,55%; hàm lượng tinh bột 16,24% và TSS là 4,58%; trạng thái quả xanh, cứng, thịt quả màu trắng ngà, cuống quả không bị héo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Workman, D. (n.d.). *Bananas Exports by Country*. World's Top Exports. <https://www.worldstopexports.com/bananas-exports-country/>. Ngày truy cập 8/5/2025.
2. Singh, B., Singh, J.P., Kaur, A. & Singh, N. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits. A review. *Food Chemistry*, 206, 1 - 11. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.03.033.
3. Nieman, D. C., Gillitt, N. D., Henson, D. A., Sha, W., Shanely, R. A., Knab, A. M., Cialdella-Kam, L. & Jin, F. (2012). Bananas as an energy source during exercise: A metabolomics approach. *PLoS One*, 7(5), e37479. doi: 10.1371/journal.pone.0037479.
4. Morton, J. F. (1987). *Fruits of warm climates*. University of Miami, Coral Gables, Florida, USA.
5. Kays, S. J. & Paull, R. E. (2004). *Postharvest biology and technology of fruits, vegetables and flowers*. Wiley-Blackwell.
6. Choi, J. N., Lim, J. H., Kim, M. S., Jang, J. J. & Jang, S. M. (2006). Effect of storage temperature on the quality and chilling injury of bananas. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 47(5), 785 - 790.
7. Wang, C. Y. (1990). *Chilling injury of horticultural crops*. CRC press.
8. Thompson, A. K., Dhatt, S. S. & Singh, P. K. (2006). *The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks*. USDA Agricultural Handbook. Number 66.
9. Zagory, D. & Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, 42(9), 70 - 77.
10. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
11. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7771:2007 (ISO 2173:2003). Sản phẩm rau, quả - Xác định chất rắn hòa tan - Phương pháp khúc xạ.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 3215:1979. Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.
13. Victor Rodov, Ron Porat, Amit Sabag, Bettina Kochanek and Haya Friedman (2022). Microperforated compostable packaging extends shelf life of ethylene-treated banana fruit. *Foods*, 11(8), 1086 - 1097.
14. Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Agriculture and Natural Resources.
15. Beaudry, R. M. (2000). Responses of horticultural commodities to low oxygen: Limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology*, 10(3): 491 - 500.
16. Yahia, E. (2011). *Modified atmosphere and controlled atmosphere storage for fruits and vegetables*. CRC Press.
17. Nguyễn Đức Hạnh, Hoàng Thị Lệ Hằng, Nguyễn Thị Thu Hương, Hoàng Thị Tuyết Mai. (2020). Nghiên cứu biện pháp chống thối hỏng và hấp thụ etylen trong bao gói vận chuyển, bảo

quản chuối tiêu hồng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 3, 180 - 187.

18. S. H. Satyan, K. J. Scott, D. J. Best (1992). Effects of storage temperature and modified atmospheres on cooking bananas grown in New

South Wales. *Tropical Agriculture*, 69(3), 263 - 267.

19. Chu Doãn Thành (2006). *Báo cáo tổng kết khoa học kỹ thuật đề tài Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ bảo quản và chế biến chuối, măng*. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

THE EFFECTS OF TEMPERATURES AND PACKAGING ON THE STORABILITY OF BANANA VARIETY GL3-2

Nguyen Duc Hanh¹, Hoang Thi Le Hang¹, Nguyen Hoang Viet¹,
Hoang Lam Tung¹, Hoang Thi Tuyet Mai¹, Nguyen Huu Duc Thinh²

¹ *Fruit and Vegetable Research Institute*

² *Vietnam National University of Agriculture*

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of temperatures in storage ($12 \pm 1^\circ\text{C}$, $15 \pm 1^\circ\text{C}$, $20 \pm 1^\circ\text{C}$) and different packaging materials (wrapping LDPE with two thickness levels of 30 and 40 μm , wrapping GreenMAP with two thickness levels of 30 and 40 μm , and no packaging) on the quality and storability of fruits of the banana variety GL3-2 after harvest. The indicators including weight loss, total soluble solids content (TSS), fruit rot rate, respiration rate and ethylene were monitored throughout the storage time. The results show that storage at low temperatures $15 \pm 1^\circ\text{C}$ and using the wrapping material (GreenMAP) had considerable effects on slowing the ripening process down, lowering weight loss and extending the storage time of banana fruits. With using the wrapping GreenMAP having thickness of 30 μm and the storage temperature of $15 \pm 1^\circ\text{C}$, after 30 days in storage, the fruit rot rate was 2.55%; the natural weight loss was 2.45%; the starch content was 16.24% and the TSS was 4.58%; the fruits remained green and firm with ivory-white flesh and the fruit petiole remained unwilted.

Keywords: *Banana GL3-2, post-harvest storage, temperature, wrapping LDPE, wrapping GreenMAP.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 11/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 23/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN XỬ LÝ TRƯỚC GIEO HẠT ĐẾN CHẤT LƯỢNG RAU MẦM TRỒNG TỪ HẠT THANH LONG RUỘT ĐỎ (*Hylocereus polyrhizus*)

Ngô Duy Quang¹, Mai Cát Duyên^{2,3},

Lê Duy Nghĩa², Phan Thị Thanh Quế^{2,*}

¹Học viên cao học ngành Công nghệ thực phẩm K30, Đại học Cần Thơ

²Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

³Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

*Email: pttque@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Hạt thanh long ruột đỏ giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học và là loại hạt tiềm năng để phát triển sản phẩm mới, rau mầm trồng từ hạt thanh long. Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích xác định ảnh hưởng của các phương pháp xử lý trước nảy mầm (7 phương pháp) và thời gian ủ (0 - 8 giờ) đến năng suất và chất lượng rau mầm được trồng từ hạt thanh long ruột đỏ. Chất lượng của rau mầm được đánh giá thông qua các chỉ tiêu hàm lượng chất khô hòa tan, các hợp chất có hoạt tính sinh học: Polyphenol tổng số, vitamin E và C, khả năng loại gốc tự do DPPH. Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình xử lý trước nảy mầm và thời gian ủ ảnh hưởng đến năng suất cũng như hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong rau mầm. Hạt được xử lý bằng phương pháp sấy ở nhiệt độ 37°C trong 2 giờ và ủ trong thời gian 2 giờ trước khi nảy mầm có năng suất cao (400,67%); đồng thời hàm lượng polyphenol, vitamin E trong rau mầm lần lượt là 9,10 mgGAE/g và 2.605 mg/100 g; khả năng loại gốc tự do DPPH đạt 102,21 µM Trolox/g. Kết quả nghiên cứu cho thấy, rau mầm trồng từ hạt thanh long là sản phẩm mới, có nhiều tiềm năng góp phần phát triển nông nghiệp bền vững và kinh tế tuần hoàn, tận dụng hiệu quả phụ phẩm hạt thanh long, để tạo ra loại rau mầm có giá trị dinh dưỡng cao.

Từ khóa: Hạt thanh long ruột đỏ, rau mầm, xử lý trước nảy mầm, thời gian ủ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây thanh long được trồng phổ biến ở Việt Nam. Trong quả thanh long phần thịt quả chiếm khoảng 66,2 - 67,4%, phần vỏ chiếm khoảng 24,5 - 25,2% và hạt chiếm khoảng 7,9 - 8,6% [1]. Bên cạnh lượng puree sử dụng trong quá trình chế biến các sản phẩm như nước ép, nước uống lên men,... một lượng lớn các thành phần phụ phẩm là vỏ và hạt sẽ thải ra. Do vậy, những phụ phẩm này nếu được xử lý và tận dụng sẽ góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường đồng thời làm tăng giá trị kinh tế cho quả thanh long. Hạt thanh long tuy có kích thước nhỏ nhưng giá trị dinh dưỡng lại rất cao [2]. Kết quả nghiên cứu của Chemah và cs (2010) [3] cho thấy, trong hạt thanh long ruột đỏ có chứa 26,3% protein, 22,8% dầu, 6,1% tro, 44,8% carbohydrate.

Ngoài các thành phần dinh dưỡng đa lượng, hạt thanh long còn chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học quý đối với sức khỏe con người, có thể kể đến như: Chất xơ, các chất chống oxy hóa, các axit béo không no, vitamin E. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên hạt thanh long hiện nay tập trung chủ yếu vào việc trích ly dầu [4, 5]. Trong nghiên cứu này, hạt thanh long được hướng đến một ứng dụng mới là sản xuất rau mầm, loại thực phẩm giàu dinh dưỡng và dễ trồng, mở ra hướng tiếp cận mới trong việc tận dụng phụ phế phẩm, nhằm gia tăng chuỗi giá trị thanh long, góp phần phát triển nền nông nghiệp bền vững và kinh tế tuần hoàn.

Rau mầm là loại rau được thu hoạch sau khi hạt nảy mầm từ 4 - 10 ngày, tùy thuộc vào loại rau [6]. Quá trình nảy mầm làm tăng hàm lượng dinh

đưỡng vì vậy rau mầm được xem như là nguồn cung cấp protein, vitamin nhóm B, C, E, enzyme, các axit amin, khoáng chất và một số chất chống oxy hóa quan trọng như: Phenol, glucosinolate [7, 8, 9]. Nảy mầm là một kỹ thuật xử lý sinh học được ngành công nghiệp thực phẩm sử dụng để tăng cường chất dinh dưỡng trong hạt ngũ cốc, hạt có dầu, cây họ đậu và hạt rau [10, 11]. Các sản phẩm rau mầm hiện nay đều tập trung sản xuất từ các loại cây họ đậu, rau quả (cải bắp, bông cải xanh...) [9, 12]. Theo Choudhury và Karmakar (2020) [13], quá trình nảy mầm trải qua ba giai đoạn, cụ thể là giai đoạn hấp thụ hạt, giai đoạn hoạt hóa và giai đoạn nảy mầm. Trong giai đoạn đầu, hạt cần được phá vỡ miền trạng để có thể nảy mầm. Theo Bewley (1997) [14], miền trạng là hiện tượng hạt còn sống mà không nảy mầm hoặc nảy mầm chậm ngay cả khi được tạo điều kiện thuận lợi để phát triển. Mỗi loại hạt sẽ có đặc tính miền trạng khác nhau, do đó cần phải có phương pháp xử lý thích hợp. Polyphenol, carotenoid, axit ascorbic và tocopherol là chất chống oxy hóa bảo vệ các thành phần tế bào cây con khỏi bị tổn thương oxy hóa [15]. Cho đến nay chưa có nghiên cứu về giá trị dinh dưỡng cũng như thành phần các hợp chất có hoạt tính sinh học như phenolic tổng (TPC), khả năng kháng oxy hóa (DPPH), vitamin C, E trong rau mầm trồng từ hạt thanh long. Nghiên cứu này được thực hiện bước đầu xác định ảnh hưởng của các phương pháp xử lý trước nảy mầm và thời gian ủ đến tỉ lệ nảy mầm (năng suất) và thành phần các hợp chất có hoạt tính sinh học trong rau mầm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hạt thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) còn lẫn bã thịt quả được thu gom từ các nhà máy chế biến nước ép ở đồng bằng sông Cửu Long và vận chuyển về phòng thí nghiệm, sau đó được chà và rửa qua nước để thu được hạt sạch. Hạt được sấy lạnh ở nhiệt độ 25 - 28°C đến độ ẩm trong khoảng 8 - 10% và bảo quản ở nhiệt độ 4°C sử dụng trong nghiên cứu. Chế phẩm sinh học

HTMAXigest 2S nồng độ 5% (thành phần gồm: Hỗn hợp enzyme hemicellulase, cellulase, pectinase; lợi khuẩn *Bacillus subtilis* 1×10^8 CFU/g) (sản phẩm của Công ty TNHH DVĐT & XTTM Hưng Thịnh, Việt Nam).

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của các phương pháp xử lý trước nảy mầm đến chất lượng và năng suất rau mầm

Các nghiệm thức được thiết kế dựa trên việc tham khảo các phương pháp phá vỡ tính miền trạng được đề cập bởi Willan (1987) [16], đồng thời căn cứ vào các kết quả của thí nghiệm thăm dò để đưa ra các chế độ xử lý phù hợp.

Cân chính xác 50 g hạt thanh long cho vào cốc thủy tinh. Các mẫu được xử lý với các điều kiện bao gồm: Đối chứng (A_0); sấy ở 37°C, 2 giờ (A_1); ngâm ở nhiệt độ phòng 30 phút, sấy ở 37°C, 2 giờ (A_2); ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ (A_3); ngâm nước mát 5 - 7°C, 12 giờ (A_4); ngâm dung dịch HCl 0,1M, 4 giờ (A_5); ngâm chế phẩm sinh học, 4 giờ (A_6). Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả thí nghiệm trước sử dụng làm cơ sở cho thí nghiệm tiếp theo. Quá trình nảy mầm được thực hiện ở nhiệt độ môi trường (28 - 30°C), được đo bằng nhiệt kế điện tử Hanna HI98509 (Romania) sai số không quá 1°C, độ ẩm tương đối 95%. Sau 10 ngày từ khi gieo, rau mầm thanh long được thu hoạch, xác định năng suất và phân tích các chỉ tiêu chất lượng gồm: Hàm lượng chất khô hòa tan, polyphenol tổng số (TPC), vitamin C và E, khả năng loại gốc tự do DPPH.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian ủ hạt đến chất lượng và năng suất rau mầm

Hạt thanh long được xử lý trước nảy mầm với phương pháp thích hợp từ kết quả ở nội dung 2.2.1, ủ ở nhiệt độ 37°C với các mức thời gian: 0, 2, 4, 6, 8 giờ trước khi gieo vào giá thể cho nảy mầm. Các công đoạn tiếp theo và chỉ tiêu phân tích được thực hiện tương tự như nội dung 2.2.1.

2.3. Phương pháp phân tích

Năng suất được tính bằng công thức: $\frac{m_1}{m_0} \times 100$. Trong đó: m_1 là khối lượng rau mầm thu được (g), m_0 là khối lượng hạt ban đầu (g). Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) được xác định dựa trên phản ứng khử của thuốc thử Folin-Ciocalteu hấp thụ ánh sáng cực đại ở bước sóng 765 nm [17]; khả năng loại gốc tự do DPPH được xác định bằng phản ứng tiếp xúc với các chất chống oxy hóa như hợp chất phenol, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) sẽ nhận hydro và bị khử làm chuyển màu dung dịch từ màu tím sang màu vàng sáng và được đo quang phổ ở bước sóng 517 nm [18]; hàm lượng vitamin E được xác định dựa trên phản ứng tạo màu của vitamin E với thuốc thử gồm $FeCl_3$ và 2,2-dipyridin (hoặc ophenantrolin), vitamin E sẽ khử Fe^{3+} thành Fe^{2+} và Fe^{2+} phản ứng với 2,2-dipyridin (hoặc ophenantrolin), tạo một hợp chất màu đỏ hấp thụ cực đại ở bước sóng 520 nm [19]. Hàm lượng vitamin C được xác định bằng phương pháp chuẩn độ iod [20]. Hàm lượng chất khô được xác định bằng chiết quang kế cầm tay ATAGO (Nhật Bản).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được xử lý thống kê thông qua phân tích phương sai ANOVA bằng chương trình Statgraphics Centurion 19.5.01 và Design Expert 12.0.3. Sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức được đánh giá thông qua LSD (Least Significant Difference). Vẽ đồ thị bằng phần mềm Microsoft Excel 2013.

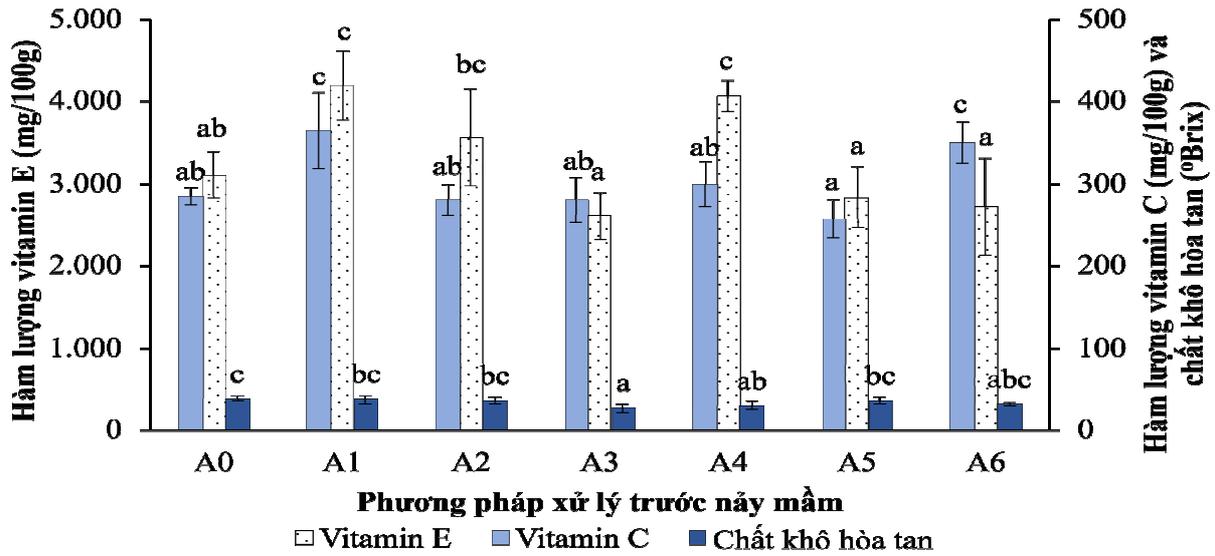
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý trước nảy mầm đến năng suất và chất lượng rau mầm thanh long

Kết quả ở đồ thị hình 1 cho thấy, các phương pháp xử lý trước nảy mầm khác nhau có ảnh hưởng đến hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong rau mầm trồng từ hạt thanh long

ruột đỏ. Cụ thể, hàm lượng vitamin E trong mẫu rau mầm thu nhận từ phương pháp sấy ở 37°C trong 2 giờ (A_1) và phương pháp ngâm trong nước ở nhiệt độ 5 - 7°C, 12 giờ (A_4) lần lượt là 4.189 và 4.069 mg/100 g, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng (A_0) và các phương pháp ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ (A_3), ngâm dung dịch HCl 0,1M, 4 giờ (A_5) và ngâm chế phẩm sinh học, 4 giờ (A_6) ($p < 0,05$). Kết quả ở hình 1 cũng cho thấy, hàm lượng vitamin C trong mẫu rau mầm thu nhận từ phương pháp sấy ở nhiệt độ 37°C trong 2 giờ (A_1) và mẫu ngâm chế phẩm sinh học, 4 giờ (A_6) cao, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các phương pháp xử lý còn lại. Quá trình sấy và các thành phần có trong chế phẩm sinh học, đặc biệt là các enzyme, có thể là tác nhân kích thích quá trình sinh tổng hợp là nguyên nhân dẫn đến hàm lượng vitamin C trong rau mầm cao. Kết quả nghiên cứu của Liu và cs (2019) [21] cho thấy, các tác nhân gây kích thích sinh học (enzyme) và tác nhân phi sinh học như nhiệt độ giúp rau mầm tăng tích tụ các hợp chất có hoạt tính sinh học như vitamin C. Ngược lại, phương pháp xử lý ngâm dung dịch HCl 0,1M, 4 giờ làm giảm đáng kể hàm lượng vitamin C, nguyên nhân có thể làm cho mầm bị tổn thương do môi trường axit nên ảnh hưởng đến quá trình sinh tổng hợp vitamin C.

Quá trình xử lý trước nảy mầm cũng giúp thúc đẩy quá trình nảy mầm, phân hủy và sử dụng chất khô hòa tan trong hạt để phát triển các tế bào và mô của cây. Mẫu không xử lý (đối chứng) có hàm lượng chất khô trong hạt cao có thể là do quá trình nảy mầm diễn ra chậm hơn. Phương pháp ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ (A_3) có xu hướng làm giảm hàm lượng chất khô hòa tan. Nguyên nhân có thể do phương pháp này giúp kích thích các enzyme thủy phân ở giai đoạn nảy mầm sớm, đồng thời cũng làm thất thoát chất khô hòa tan thông qua quá trình thẩm thấu. Hàm lượng chất khô tan ở các mẫu xử lý còn lại khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).



Hình 1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý trước nảy mầm đến hàm lượng vitamin E, vitamin C và chất khô hòa tan của rau mầm thanh long

Ghi chú: A₀: Đối chứng; A₁: Sấy ở 37°C, 2 giờ; A₂: Ngâm ở nhiệt độ phòng (28 - 30°C) 30 phút, sấy ở 37°C, 2 giờ; A₃: Ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ; A₄: Ngâm nước mát 5 - 7°C, 12 giờ; A₅: Ngâm dung dịch HCl 0,1 M, 4 giờ; A₆: Ngâm chế phẩm sinh học, 4 giờ. Các chữ cái khác nhau trong cùng một chỉ tiêu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Bảng 1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý trước nảy mầm đến hàm lượng TPC và khả năng vô hoạt gốc tự do DPPH của rau mầm thanh long

Phương pháp xử lý trước nảy mầm	TPC (mg GAE/g)	DPPH (µM Trolox/g)
A ₀ : Đối chứng	12,35 ± 3,12 ^{abc}	206,32 ± 8,19 ^{bc}
A ₁ : Sấy ở 37°C trong 2 giờ	15,73 ± 1,85 ^d	239,37 ± 19,02 ^c
A ₂ : Ngâm ở nhiệt độ phòng 30 phút, sấy ở 37°C trong 2 giờ	13,44 ± 1,80 ^{bcd}	192,18 ± 29,67 ^b
A ₃ : Ngâm nước ấm 37°C trong 2 giờ	10,85 ± 1,13 ^{ab}	170,71 ± 31,19 ^{ab}
A ₄ : Ngâm nước mát 5 - 7°C trong 12 giờ	11,59 ± 1,83 ^{ab}	176,69 ± 16,93 ^{ab}
A ₅ : Ngâm dung dịch HCl 0,1M trong 4 giờ	9,70 ± 0,77 ^a	152,80 ± 7,20 ^a
A ₆ : Ngâm chế phẩm sinh học trong 4 giờ	14,94 ± 1,90 ^{cd}	208,29 ± 28,60 ^{bc}

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

Rau mầm được thu hoạch từ hạt thanh long được xử lý trước nảy mầm bằng phương pháp sấy ở 37°C trong 2 giờ (A₁), cho hàm lượng TPC cao nhất (15,73 mgGAE/g), khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối với mẫu đối chứng và các phương pháp xử lý khác: Ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ (A₃); ngâm nước mát 5 - 7°C, 12 giờ (A₄) và ngâm dung dịch HCl 0,1 M, 4 giờ (A₅). Điều này cho thấy, quá trình sấy có thể kích thích sự tổng hợp hoặc bảo tồn các hợp chất phenolic. Quá trình nảy mầm tăng khi nhiệt độ tăng nhưng nếu nhiệt độ quá cao có thể dẫn đến làm hỏng màng tế bào [9, 22]. Thực vật sản xuất và tích lũy nhiều anthocyanin,

flavonoid, flavanol và phenolic hơn khi bị căng thẳng do nhiệt độ, khi đó các chất chuyển hóa này giúp bảo vệ tế bào thực vật khỏi mọi tổn thương do tác động nhiệt gây ra [23]. Chế phẩm sinh học có thể đóng vai trò trong việc giải phóng hoặc chuyển hóa các hợp chất phenolic. Sự kết hợp các enzyme hemicellulase, cellulase, pectinase giúp phá vỡ liên kết phenolic với màng tế bào từ đó làm gia tăng hàm lượng polyphenol [24]. Đồng thời, lợi khuẩn *Bacillus subtilis* giúp gia tăng lượng enzyme cellulase, pectinase, hemicellulase từ đó góp phần gia tăng hàm lượng polyphenol [24, 25]. Trong khi phương pháp ngâm HCl cho hàm lượng TPC thấp

nhất, có thể do sự phá hủy hoặc ức chế tổng hợp phenolic bởi axit hoặc môi trường axit có thể làm tổn thương mầm, ảnh hưởng xấu đến khả năng phát triển của cây con. Quá trình xử lý bằng axit không phù hợp có thể phá hủy cả vỏ ngoài cũng như phần nội nhũ của hạt từ đó làm ảnh hưởng đến quá trình nảy mầm cũng như hàm lượng phenolic tạo thành [26].

Bảng 2. Kết quả phân tích tương quan giữa hàm lượng TPC, vitamin C, vitamin E và khả năng vô hoạt gốc tự do DPPH

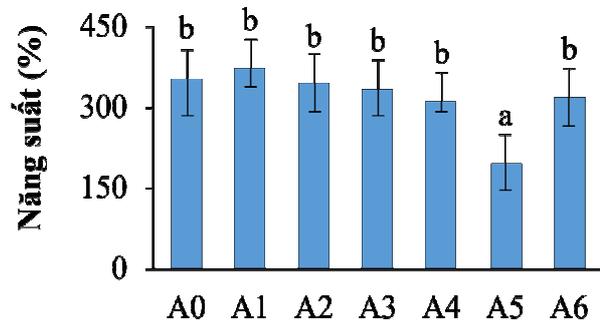
	TPC	Vitamin E	Vitamin C	DPPH
TPC		0,5444*	0,8624***	0,8898***
Vit. E	0,5444*		0,5106*	0,5852**
Vit. C	0,8624***	0,5106*		0,8478***
DPPH	0,8898***	0,5852**	0,8478***	

Ghi chú: *: $0,01 < p < 0,05$, **: $0,001 < p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Khả năng loại gốc tự do DPPH có xu hướng biến đổi tương đồng với hàm lượng polyphenol tổng số, vitamin C và E. Tuy nhiên, trong mỗi loài thì các thành phần khác nhau có mức độ đóng góp vào khả năng chống oxy hóa khác nhau [27]. Kết quả ở bảng 2 cho thấy, cả ba thành phần polyphenol, vitamin C và E đều có tham gia vào khả năng loại gốc tự do DPPH. Trong đó, vitamin C và polyphenol là hai thành phần có ảnh hưởng lớn hơn so với vitamin E, thể hiện qua hệ số tương quan Pearson (r) giữa khả năng loại gốc tự do DPPH và hàm lượng vitamin C, TPC và vitamin E lần lượt là: 0,8478; 0,8898; 0,5852. Vitamin C và E đã được chứng minh là các hợp chất có khả năng chống oxy hóa mạnh. Kết quả nghiên cứu của Andés và cs (2023) [28] và Brboric và cs (2023) [29] cho thấy, không phải tất cả các hợp chất polyphenol đều có tác dụng chống oxy hóa, tác dụng này phụ thuộc vào cấu trúc của polyphenol cũng như thành phần của thực phẩm. Ngoài ra, phương pháp thử khác nhau cũng sẽ cho các kết quả khác nhau [30]. Thuốc thử DPPH chứa gốc nitơ ổn định tương tác với các gốc peroxid liên quan đến quá trình peroxid hóa chất béo do đó khả năng phản ứng của DPPH bị giới hạn ở phần ưa béo [31]. Kết quả này cho thấy, thành phần

polyphenol trong rau mầm thanh long cũng có khả năng chống oxy hóa mạnh.

Kết quả ở hình 2 cho thấy, năng suất rau mầm thu được ở mẫu xử lý ngâm dung dịch HCl 0,1 M, 4 giờ thấp nhất (197,37%) khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các mẫu còn lại, năng suất dao động trong khoảng 313 - 374%, nguyên nhân có thể do việc ngâm axit ảnh hưởng đến sức sống của mầm. Kết quả nghiên cứu của Mandic và cs (2023) trên ngô cho thấy, nếu pH môi trường thấp hơn 5 có ảnh hưởng tiêu cực đến sự phát triển của mầm ngô, làm giảm năng suất nảy mầm, chiều dài rễ [32].



Phương pháp xử lý trước nảy mầm

Hình 2. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý trước nảy mầm đến năng suất rau mầm

Ghi chú: A₀: Đối chứng; A₁: Sấy ở 37°C, 2 giờ; A₂: Ngâm ở nhiệt độ phòng (28 - 30°C) 30 phút, sấy ở 37°C, 2 giờ; A₃: Ngâm nước ấm 37°C, 2 giờ; A₄: Ngâm nước mát 5 - 7°C, 12 giờ; A₅: Ngâm dung dịch HCl 0,1M, 4 giờ; A₆: Ngâm chế phẩm sinh học, 4 giờ. Các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Từ các kết quả trên cho thấy, xử lý hạt thanh long trước nảy mầm bằng phương pháp sấy ở nhiệt độ 37°C trong 2 giờ (A₁) có nhiều ưu điểm không những đối với chất lượng mà còn giúp tăng năng suất rau nên được lựa chọn để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến năng suất và chất lượng rau mầm thanh long

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, hàm lượng vitamin C trong rau mầm giảm khi thời gian ủ hạt dài, trong đó mẫu ủ 6 giờ có hàm lượng vitamin C thấp nhất (175,00 mg/100 g), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng và mẫu ủ

2 giờ. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Riddoch và cs (1998) [33]. Mẫu không ủ có quá trình nảy mầm diễn ra chậm hơn nên trong cùng thời gian nảy mầm thì hàm lượng vitamin C còn giữ lại nhiều hơn, trong khi các mẫu hạt xử lý ủ giúp quá trình nảy mầm diễn ra nhanh dẫn đến vitamin C suy giảm nhiều hơn. Tương tự, hạt xử lý ủ 6 giờ cho kết quả hàm lượng vitamin E và chất khô hòa tan trong rau mầm thấp nhất, lần lượt là 1.678 mg/100 g và 27,56°Brix. Điều này có thể được giải thích, do quá trình ủ thúc đẩy các hoạt động nảy mầm, đặc biệt là các enzyme phân giải các hợp chất dinh dưỡng dự trữ thành các thành phần đơn giản hơn làm cho chất khô hòa tan tăng lên đáng kể ở giai đoạn đầu. Theo Zhao và cs (2018) [34] thì hàm lượng đường có liên quan chặt chẽ đến mức độ nảy mầm của hạt và tinh bột là nguồn cung cấp năng lượng chủ yếu. Hạt có nhiều

dầu thì tỉ lệ tinh bột bị phân giải cao hơn ở hạt nhiều tinh bột, có thể lên đến gần 90% khi bước vào giai đoạn nảy mầm mạnh nhất. Tuy nhiên đến giai đoạn mầm cây phát triển, chúng lại sử dụng các chất khô hòa tan để sản sinh năng lượng thông qua quá trình hô hấp cũng như sản sinh các cấu trúc mới của cây mầm, kết quả làm lượng chất khô hòa tan giảm đi rõ rệt ở giai đoạn sau của quá trình nảy mầm. Quá trình ủ giúp cây hấp thụ nước dễ dàng hơn ở giai đoạn đầu nên thúc đẩy quá trình nảy mầm diễn ra nhanh hơn cho nên thời gian ủ càng dài thì hàm lượng chất khô hòa tan càng giảm vì đã được cây sử dụng. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Palmiano và Juliano (1972) [35] trên hạt lúa nảy mầm cho thấy, hàm lượng đường tự do đạt đỉnh sau 7 ngày nảy mầm, hàm lượng protein hòa tan đạt đỉnh 6 ngày sau nảy mầm sau đó bắt đầu giảm dần.

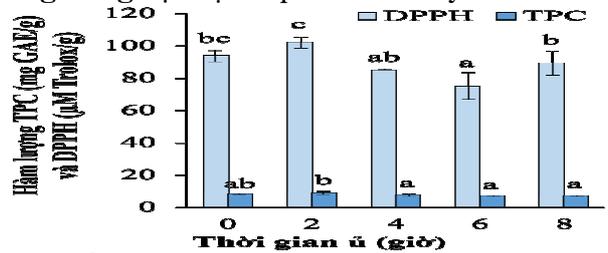
Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến hàm lượng vitamin E, vitamin C, chất khô hòa tan của rau mầm thanh long

Thời gian ủ (giờ)	Vitamin E (mg/kg)	Vitamin C (mg/100 g)	Chất khô hòa tan (°Brix)
0	2.518 ± 253 ^b	220,67 ± 14,43 ^c	35,56 ± 3,00 ^b
2	2.605 ± 373 ^b	210,67 ± 7,02 ^{bc}	36,23 ± 5,08 ^b
4	2.337 ± 416 ^b	178,00 ± 34,70 ^{ab}	30,75 ± 3,28 ^{ab}
6	1.678 ± 254 ^a	175,00 ± 12,17 ^a	27,58 ± 0,16 ^a
8	2.422 ± 211 ^b	191,33 ± 8,09 ^{abc}	27,56 ± 2,21 ^a

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

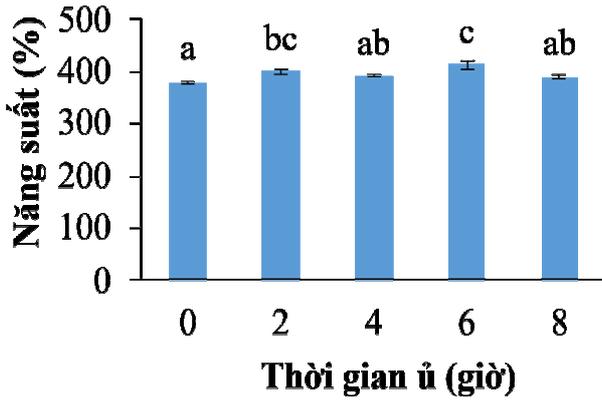
Kết quả ở hình 3 cho thấy, hàm lượng TPC và khả năng loại gốc tự do DPPH của mẫu rau mầm đạt giá trị cao nhất ở nghiệm thức ủ 2 giờ, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại. Khi hạt được ủ ở thời gian thích hợp thì quá trình nảy mầm được kích thích có thể là nguyên nhân làm tăng hàm lượng TPC và khả năng loại gốc tự do DPPH. Tuy nhiên, khi thời gian ủ quá dài sẽ tạo điều kiện cho sự phát triển quá mức của các nhóm vi sinh vật gây hại (vi khuẩn, nấm mốc), làm ảnh hưởng đến khả năng nảy mầm và phát triển của rau mầm. Kết quả nghiên cứu của Kim và cs (2022) [36] cho thấy, mật số vi sinh vật tăng lên nhanh chóng trong suốt quá trình sản xuất rau mầm. Nghiên cứu của Margot và cs (2016) [37] cũng cho rằng, sự phát

triển của vi sinh vật có thể gây bất lợi cho mầm cây thông qua việc gây bệnh hoặc cạnh tranh dinh dưỡng trong hạt trực tiếp với mầm cây.



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến hàm lượng TPC và khả năng loại gốc tự do DPPH của rau mầm thanh long

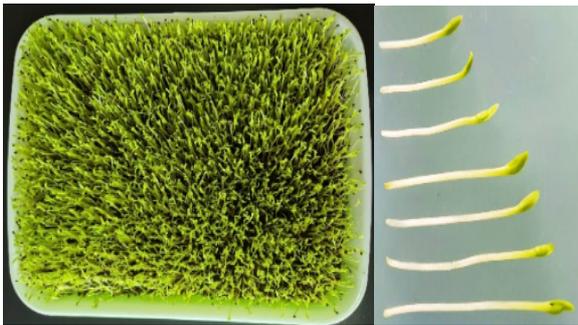
Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một chỉ tiêu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến năng suất rau mầm

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5%.

Kết quả ở hình 4 cho thấy, thời gian ủ có ảnh hưởng đến năng suất của rau mầm. Năng suất đạt giá trị cao nhất ở thời gian ủ 6 giờ (412,80%), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng không ủ (380,13%), mẫu ủ 4 giờ (391,20%) và mẫu ủ 8 giờ (388,40%). Quá trình ủ giúp hạt hút đủ nước cho nên quá trình nảy mầm diễn ra nhanh, thu được năng suất cao. Tuy nhiên, nếu thời gian ủ quá lâu có thể dẫn đến sự phát triển của vi sinh vật gây hư hỏng cho hạt dẫn đến hiệu quả nảy mầm kém, năng suất thu được thấp [36, 37].



Hình 5. Rau mầm được trồng từ hạt thanh long ruột đỏ sấy ở 37°C trong 2 giờ và ủ 2 giờ

4. KẾT LUẬN

Hạt thanh long ruột đỏ được xử lý bằng phương pháp sấy ở 37°C trong 2 giờ và ủ 2 giờ trước khi nảy mầm cho thấy hiệu quả vượt trội trong việc tăng cường hàm lượng TPC, vitamin C, vitamin E và khả năng kháng oxy hóa (DPPH), đồng thời đảm bảo năng suất cao. Nghiên cứu này

mở ra hướng đi mới cho việc tận dụng phụ phẩm hạt thanh long ruột đỏ trong sản xuất thực phẩm giàu dinh dưỡng, góp phần phát triển nông nghiệp bền vững và kinh tế tuần hoàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wichienchot, S., Jatupornpipat, M. & Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120(3), 850 - 857.
2. Sonawane, M. S. (2017). Nutritive and medicinal value of dragon fruit. *The Asian Journal of Horticulture*, 12(2), 267 - 271.
3. Chemah, T. C., Aminah, A., Noriham, A. & Wan Aida, W. M. (2010). Determination of pitaya seeds as a natural antioxidant and source of essential fatty acids. *International Food Research Journal*, 17, 1003 - 1010.
4. Boyapati, T., Rana, S. S. & Ghosh, P. (2023). Microwave-assisted extraction of dragon fruit seed oil: Fatty acid profile and functional properties. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(3), 149 - 157.
5. Phan Thị Thanh Quế, Đỗ Thảo Quyên, Lê Duy Nghĩa (2024). So sánh một số đặc điểm chất lượng của dầu hạt thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) trích ly bằng dung môi n-hexan và ethanol. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 60(SDMD), 70 - 77.
6. Nguyễn Ngân Hà, Nguyễn Thị Nhung, Nguyễn Thúy Nga (2016). Nghiên cứu khả năng sử dụng một số loại giá thể để sản xuất rau mầm củ cải trắng an toàn, chất lượng cao theo quy mô gia đình. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học trái đất và Môi trường*, 32(1S), 413 - 418.
7. Le, T. N., Luong, H. Q., Li, H. P., Chiu, C. H. & Hsieh, P. C. (2019). Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) sprouts as the potential food source for bioactive properties: A comprehensive study on

- in vitro* disease models. *Foods*, 8(11), 532. <https://doi.org/10.3390/foods8110532>
8. Ampofo, J. O. & Ngadi, M. (2020). Ultrasonic assisted phenolic elicitation and antioxidant potential of common bean (*Phaseolus vulgaris*) sprouts. *Ultrason Sonochem*, 64, 104974. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104974>
9. Sagita, D., Hasan, R. & Zahra, R. A. (2025). Ohmic heating pretreatment of mung bean seeds: Effects of voltage gradient on seed germination and growth of mung bean sprouts. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 18(01), 79 - 87.
10. Samec, D., Pavlovic, I., Radojic Redovnikovic, I. & Salopek-Sondi, B. (2018). Comparative analysis of phytochemicals and activity of endogenous enzymes associated with their stability, bioavailability and food quality in five *Brassicaceae* sprouts. *Food Chemistry*, 269, 96 - 102.
11. Zhang, X., Wang, D., Zheng, Y., Tu, Y., Xu, Q., Jiang, H., Li, C., Zhao, L., Li, Y., Zheng, H. & Gao, H. (2021). Sex-dependent effects on the gut microbiota and host metabolome in type 1 diabetic mice. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1867(12), 166266. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2021.166266>
12. Waliat, S., Arshad, M. S., Hanif, H., Ejaz, A., Khalid, W., Kauser, S. & Al-Farga, A. (2023). A review on bioactive compounds in sprouts: extraction techniques, food application and health functionality. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 647 - 665.
13. Choudhury, A. & Karmakar, S. (2020). Germination: The way of entering into a new life. *AgriCos e-Newsletter*, 1(6), 1 - 4.
14. Bewley, J. D. (1997). Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, 9(7), 1055 - 1066.
15. Bailly, C. (2007). Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*, 14(2), 93 - 107.
16. Willan, R. L. (1987). *A guide to forest seed handling*. FAO.
17. Göktürk Baydar, N., Özkan, G. & Yaşar, S. (2007). Evaluation of the antiradical and antioxidant potential of grape extracts. *Food Control*, 18(9), 1131 - 1136.
18. Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitao, G. G., Reis, A. S., dos Santos, T. C., Coube, C. S. & Leitao, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2), 127 - 130.
19. Ishaq, G. M., Saidu, Y., Bilbis, L. S., Muhammad, S. A., Jinjir, N. & Shehu, B. B. (2013). Effects of alpha-tocopherol and ascorbic acid in the severity and management of traumatic brain injury in albino rats. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, 4(3), 292 - 297.
20. Suntornsuk, L., Gritsanapun, W., Nilkamhank, S. & Paochom, A. (2002). Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 28(5), 849 - 855.
21. Liu, H., Kang, Y., Zhao, X., Liu, Y., Zhang, X. & Zhang, S. (2019). Effects of elicitation on bioactive compounds and biological activities of sprouts. *Journal of Functional Foods*, 53, 136 - 145.
22. Chen, G., Wang, Q., Liu, Y., Li, Y., Cui, J., Liu, Y., Liu, H. & Zhang, Y. (2012). Modelling analysis for enhancing seed vigour of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) using an ultrasonic technique. *Biomass and Bioenergy*, 47, 426 - 435.
23. Wang, L., Shan, T., Xie, B., Ling, C., Shao, S., Jin, P. & Zheng, Y. (2019). Glycine betaine reduces chilling injury in peach fruit by enhancing phenolic and sugar metabolisms. *Food Chemistry*, 272, 530 - 538.
24. Liu, N., An, X., Wang, Y., Qi, J., Jia, Y., Li, X., Zhang, Z. & Chen, X. (2024). Polyphenol composition and antioxidant activity of

- fermentation combined with enzymatic hydrolysis modified *Astragalus membranaceus* stems. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 153. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00674-x>.
25. Vu, V., Farkas, C., Riyad, O., Bujna, E., Kilin, A., Sipiczki, G., Sharma, M., Usmani, Z., Gupta, V. K. & Nguyen, Q. D. (2022). Enhancement of the enzymatic hydrolysis efficiency of wheat bran using the *Bacillus* strains and their consortium. *Bioresource Technology*, 343, 126092. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126092>
26. Statwick, J. M. (2016). Germination pretreatments to break hard-seed dormancy in *Astragalus cicer* L. (Fabaceae). *PeerJ*, 4, e2621. <https://doi.org/10.7717/peerj.2621>.
27. Orsavova, J., Hlavacova, I., Mlcek, J., Snopek, L. & Misurcova, L. (2019). Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes* L.) and gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) fruits. *Food Chemistry*, 284, 323 - 333.
28. Andrés, C. M. C., Pérez de la Lastra, J. M., Juan, C. A., Plou, F. J. & Pérez-Lebeña, E. (2023). Polyphenols as antioxidant/pro-oxidant compounds and donors of reducing species: Relationship with human antioxidant metabolism. *Processes*, 11(9), 2771. <https://doi.org/10.3390/pr11092771>
29. Brboric, J., Klisic, A., Kotur-Stevuljevic, J., Delogu, G., Gjorgieva Ackova, D., Kostic, K., Antonietta Dettori, M., Fabbri, D., Carta, P. & Saso, L. (2023). Natural and natural-like polyphenol compounds: *in vitro* antioxidant activity and potential for therapeutic application. *Archives of Medical Science*, 19(3), 651 - 671.
30. Vinci, G., D'Ascenzo, F., Maddaloni, L., Prencipe, S. A. & Tiradritti, M. (2022). The influence of green and black tea infusion parameters on total polyphenol content and antioxidant activity by ABTS and DPPH assays. *Beverages*, 8(2), 18. <https://doi.org/10.3390/beverages8020018>.
31. Prior, R. L., Wu, X. & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290 - 4302.
32. Mandic, V., Krnjaja, V., Simic, A., Petricevic, M., Gogic, M., Brankov, M. & Stanojkovic, A. (2023). Effect of pH on germination and seedling growth of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 39(2), 195 - 203.
33. Riddoch, C. H., Mills, C. F. & Duthie, G. G. (1998). An evaluation of germinating beans as a source of vitamin C in refugee foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(2), 115 - 118.
34. Zhao, M., Zhang, H., Yan, H., Qiu, L. & Baskin, C. C. (2018). Mobilization and role of starch, protein and fat reserves during seed germination of six wild grassland species. *Frontiers Plant Science*, 9, 234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00234>
35. Palmiano, E. P. & Juliano, B. O. (1972). Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiology*, 49(5), 751 - 756.
36. Kim, Y. S., Ban, G. H., Hong, E. W., Jang, M. J. & Kim, S. A. (2022). Microbiome shift in spouts (alfalfa, radish and rapeseed) during production from seed to spout using 16S rRNA microbiome sequencing. *Food Research International*, 152, 110896. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110896>
37. Margot, H., Stephan, R. & Tasara, T. (2016). Mungo bean sprout microbiome and changes associated with culture based enrichment protocols used in detection of Gram-negative foodborne pathogens. *Microbiome*, 4(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0193-y>.

**EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT CONDITIONS ON THE QUALITY OF SPROUTS
PRODUCED FROM RED-FLESHED DRAGON FRUIT SEEDS (*Hylocereus polyrhizus*)**

Ngo Duy Quang¹, Mai Cat Duyen^{2,3}, Le Duy Nghia², Phan Thị Thanh Que²

¹Master student cohort 30, Can Tho University

²Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

³Faculty of engineering and Technology, Souther Can Tho University

Abstract

Red-fleshed dragon fruit seeds, which are rich in bioactive compounds, have potential for developing novel products such as nutrient-rich sprouts. This research aimed to determine the effects of pre-germination treatments (7 methods) and incubation times (0 - 8 hours) on the yield and quality of sprouts produced from red-fleshed dragon fruit seeds. The total soluble solids, and bioactive compound such as total polyphenols, vitamin E, and vitamin C and DPPH free radical scavenging capacity were determined. The results showed that both pre-germination treatments and incubation time significantly influenced sprout yield and the accumulation of bioactive compounds. Notably, pre-germination treatment of seeds by drying at 37°C for 2 hours followed by a 2 hours incubation yielded the highest sprout mass (400.67%). Under these conditions, the sprouts exhibited a total polyphenol content of 9.10 mg GAE/g, vitamin E content of 2,605 mg/100 g and DPPH radical scavenging activity of 102.21 µM Trolox/g. Research results show that sprouts grown from dragon fruit seeds are a new product with great potential to contribute to the development of sustainable agriculture and circular economy, effectively utilizing dragon fruit seed by-products to create sprouts with high nutritional value.

Keywords: *Incubation time, pre-germination treatment, red-fleshed dragon fruit seed, sprout.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 11/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/7/2025

Ngày duyệt đăng: 6/8/2025

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN THỜI ĐIỂM THU HOẠCH QUẢ HỒ TIÊU THÍCH HỢP CHO QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN SẢN PHẨM HỒ TIÊU XANH TẠI TỈNH QUẢNG TRỊ

Lê Anh Tuấn^{1,*}, Trần Văn Quy¹, Vũ Kiều Sâm², Nguyễn Văn Lợi¹

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Khoa Cơ điện và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nông lâm Bắc Giang

*Email: letuan.fes@hus.edu.vn

TÓM TẮT

Tỉnh Quảng Trị có điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển cây hồ tiêu. Hiện nay, hồ tiêu được xác định là một trong những cây trồng chủ lực có lợi thế cạnh tranh của tỉnh Quảng Trị. Trong hồ tiêu thường có chứa các thành phần tạo mùi thơm, các thành phần tạo vị cay và các thành phần có hoạt tính sinh học. Các thành phần hóa học đặc trưng trong hồ tiêu là tinh dầu và alkaloid. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh. Thí nghiệm được thực hiện với quả hồ tiêu thu hoạch ở các thời điểm: 180, 195, 210 ngày kể từ khi đậu quả. Dựa vào chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng và cảm quan, đã lựa chọn được thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh là từ 195 - 210 ngày kể từ khi đậu quả. Quả hồ tiêu có khối lượng là $0,1 \pm 0,01$ g, độ cứng $7,43 \pm 0,16$ kg/mm², tỷ lệ vỏ $49,26 \pm 0,21\%$ và tỷ lệ hạt $50,74 \pm 0,17\%$, hàm lượng alkaloid từ 0,05 - 0,06%, hàm lượng tinh dầu từ 2,64 - 2,65%. Quả hồ tiêu có màu xanh đậm đều đến xanh phớt vàng, mùi thơm, vị cay, cấu trúc hạt bình thường và vỏ bình thường.

Từ khóa: *Chỉ tiêu cơ lý, chỉ tiêu cảm quan, chỉ tiêu dinh dưỡng, hồ tiêu xanh, thời điểm thu hoạch.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trên thị trường, hồ tiêu được tìm thấy dưới 2 dạng chính là hồ tiêu đen và hồ tiêu trắng. Trong khi đó, sản phẩm hồ tiêu xanh sấy khô không phổ biến bởi vẫn chưa có phương pháp sấy khô hoàn chỉnh đối với tiêu xanh. Phương pháp phơi và sấy khô thông thường cũng đã được áp dụng, song sản phẩm có màu sắc thay đổi, chủ yếu là màu nâu hoặc đen và vỏ cũng bị co lại, làm giảm giá trị của sản phẩm. Bên cạnh đó, hồ tiêu xanh dạng tươi chứa nhiều giá trị dinh dưỡng nhưng sẽ nhanh chóng chuyển sang màu đen và làm giảm giá trị dinh dưỡng, giá trị cảm quan trong quá trình bảo quản [1].

Cây hồ tiêu được trồng nhiều ở tỉnh Quảng Trị, Phú Yên, Bà Rịa - Vũng Tàu, Bình Phước, Kiên Giang, các tỉnh Tây Nguyên và Đông Nam bộ... Đặc biệt, tỉnh Quảng Trị là địa phương có điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển cây hồ tiêu. Hiện nay toàn tỉnh có gần 2,2 nghìn ha hồ tiêu,

trong đó diện tích cho sản phẩm trên 2 nghìn ha, với năng suất đạt 12,5 tạ/ha, hồ tiêu được xác định là một trong sáu cây trồng chủ lực có lợi thế cạnh tranh của tỉnh Quảng Trị. Trong hồ tiêu thường có chứa các thành phần tạo mùi thơm, các thành phần tạo vị cay và các thành phần có hoạt tính sinh học. Các thành phần hóa học đặc trưng trong hồ tiêu là tinh dầu và alkaloid. Các thành phần này trong quả hồ tiêu thường thay đổi ở các thời điểm sinh trưởng khác nhau [2]. Tùy theo người trồng hồ tiêu muốn có sản phẩm hồ tiêu xanh, đen, trắng hay đỏ mà xác định thời điểm thu hoạch khác nhau [3].

Tuy nhiên, việc nghiên cứu xác định thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho quá trình chế biến các sản phẩm hồ tiêu xanh, đen, trắng hay đỏ có rất ít các công trình nghiên cứu đã công bố. Nếu thu hoạch không đúng thời điểm sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm. Nếu để quả lâu trên cây sẽ làm cho vỏ quả bị khô, mất nước,

rụng quả và ảnh hưởng tới sự sinh trưởng, phát triển của cây, ảnh hưởng tới lứa quả tiếp theo [4, 5]. Để xác định thời điểm thu hoạch, ngoài việc dựa vào các chỉ tiêu cơ lý, chỉ tiêu cảm quan còn phải phân tích xác định các chỉ tiêu dinh dưỡng [4].

Vì vậy, để có cơ sở khoa học, khuyến cáo người nông dân trồng cây hồ tiêu thu hoạch đạt hiệu quả cao thì việc xác định sự biến đổi các chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng và cảm quan của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau phục vụ cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

2.1.1. Nguyên liệu

Quả hồ tiêu thu hoạch ở các thời điểm: 180, 195, 210 ngày kể từ khi đậu quả tại các huyện Vĩnh Linh, Hướng Hoá của tỉnh Quảng Trị. Nguyên liệu đảm bảo độ tươi mới, nguyên vẹn, không bị tổn thương và không bị sâu, bệnh. Sau khi thu hái, các quả hồ tiêu được chứa đựng trong thùng xốp đục lỗ và vận chuyển bằng ô tô có máy điều hoà nhiệt độ đến phòng thí nghiệm để tiến hành phân tích, đánh giá xác định thời điểm thu hoạch, nghiên cứu chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh.

2.1.2. Hóa chất

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, KMnO_4 , NaOH , CH_3COOH , CaCl_2 , AgNO_3 , 2,6 diclorophenolindophenol, phenolphthalein và nước cất. Hóa chất đảm bảo độ tinh khiết cao và có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng.

2.1.3. Dụng cụ, máy móc và thiết bị

Dụng cụ, máy móc và thiết bị sử dụng trong nghiên cứu gồm: Chiết quang kế ATAGO N-1 α của Nhật Bản, thiết bị ly tâm, cân đĩa Nhon Hòa loại 5 kg, cân phân tích 4 số lẻ (ABT 220-5DNM) của hãng Kern - Đức. Ngoài ra, còn sử dụng một số dụng cụ như: Thước kẹp hiện số, dây lọc inox, pipet, ống đong, ống nghiệm và nhiệt kế.

2.1.4. Địa điểm thực hiện

Thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Khoa học và Công nghệ thực phẩm, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Phòng thí nghiệm thuộc Khoa Cơ điện và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Nông lâm Bắc Giang. Phòng thí nghiệm thuộc Viện Kiểm nghiệm và Kiểm định chất lượng VNTEST.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu

Quả hồ tiêu được lấy mẫu theo TCVN 9017:2011 [6].

2.2.2. Phương pháp xác định các chỉ tiêu cơ lý

- Phương pháp xác định khối lượng của quả

Khối lượng của quả hồ tiêu được xác định bằng phương pháp cân, sử dụng cân phân tích 5 số lẻ (ABT 220-5DNM) của hãng Kern - Đức [7].

- Phương pháp xác định kích thước của quả

Đường kính và chiều dài của quả hồ tiêu được xác định bằng thước kẹp hiện số CD0021 (sai số 0,1 mm) [7].

- Phương pháp xác định độ cứng

Độ cứng của hồ tiêu được xác định bằng máy đo độ cứng Absolute. Quá trình được thực hiện bằng cách xác định độ lún của đầu đo trên thịt quả (mm) dưới tác dụng của quả cân có khối lượng nhất định (200 g) trong một thời gian nhất định (30 giây). Nếu trong thời gian dài di chuyển của đầu đo càng lớn thì độ lún càng nhỏ [7].

- Phương pháp xác định tỷ lệ vỏ và tỷ lệ hạt

Tỷ lệ vỏ và tỷ lệ vỏ hạt được xác định bằng phương pháp tính phần trăm so với khối lượng của quả. Quả hồ tiêu sau khi thu hoạch, rửa sạch, để ráo nước, đem cân 100 g quả tươi. Dùng dao bóc vỏ và tách hạt, cân khối lượng vỏ, cân khối lượng hạt thu được và tính phần trăm [8].

2.2.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu dinh dưỡng

- Phương pháp xác định hàm lượng tinh dầu

Hàm lượng tinh dầu trong hồ tiêu được xác định bằng cách cân 100 g mẫu đã được nghiền nhỏ và đong 500 ml nước cất (sao cho nguyên liệu ngập trong nước), cho vào bình cầu 1.000 ml rồi đem chưng cất tinh dầu theo phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước bằng bộ xác định hàm lượng tinh dầu nhẹ cleverger ($d < 1$) cùng với sinh hàn hồi lưu [7]. Hàm lượng tinh dầu có trong

nguyên liệu được xác định theo công thức:

$$X = \frac{V.d.10^4}{m.(100-w)} (\%)$$

Trong đó: X là hàm lượng tinh dầu có trong nguyên liệu (%); m là khối lượng nguyên liệu đem chưng cất (g); d là tỷ trọng của tinh dầu; w là hàm lượng nước của nguyên liệu (%).

- Phương pháp xác định hàm lượng alkaloid

Mẫu hồ tiêu được ngâm chiết bằng ethanol 96%, NH₄OH 12,5% và ngâm chiết kiệt bằng ethanol 96%. Dịch chiết được chưng cất loại dung môi để thu hồi cặn, hòa tan cặn bằng H₂SO₄ 2%, lọc lấy dịch lọc (các alkaloid lúc này ở dạng muối, không tan được trong CHCl₃). Đem dịch lọc loại tạp chất bằng CHCl₃, rồi đưa về pH = 9 - 10 bằng NH₄OH đậm đặc (các alkaloid khi này ở dạng bazo tự do, tan được trong CHCl₃) và chiết lấy alkaloid bằng CHCl₃. Lọc dịch chiết CHCl₃ qua giấy lọc và có Na₂SO₄ khan trên giấy lọc, rửa giấy lọc và Na₂SO₄ khan bằng CHCl₃ rồi cho bốc hơi CHCl₃ (bằng cách cô quay chân không ở 50°C) thu được cặn alkaloid toàn phần. Sau đó, định lượng alkaloid toàn phần tinh khiết trong cặn alkaloid toàn phần bằng phương pháp chuẩn độ axit - bazơ [9].

- Phương pháp xác định hàm lượng glucid tổng số

Hàm lượng glucid tổng số của hồ tiêu được xác định bằng phương pháp phân cực. Nguyên tắc của phương pháp này được xác định dựa trên tính chất cơ bản của glucid có khả năng phân cực ánh sáng. Khi ánh sáng đi qua dung dịch chứa glucid sẽ tạo thành một góc quay cực, trị số góc quay cực phụ thuộc vào nồng độ của chúng trong dung dịch, sử dụng phân cực kế hoặc đường kế để phân tích glucid tổng số [10].

- Phương pháp xác định hàm lượng protein tổng số

Hàm lượng protein tổng số của hồ tiêu được xác định theo TCVN 8125:2009 [11]. Phương pháp này xác định bằng cách nhân tổng nitơ thu được ở thời điểm xác định với hệ số chuyển đổi phù hợp.

- Phương pháp xác định hàm lượng vitamin A

Hàm lượng vitamin A của hồ tiêu được xác định theo TCVN 8674:2011 [12]. Phương pháp

được thực hiện theo nguyên tắc là mẫu được xà phòng hóa với dung dịch kali hydroxit trong ethanol và vitamin A được tách chiết trong dầu nhẹ. Loại bỏ dầu nhẹ bằng cách cho bay hơi và phần cặn được hòa tan trong 2-propanol. Nồng độ vitamin A trong dịch chiết 2-propanol được xác định bằng sắc ký lỏng pha đảo dưới các điều kiện cho pic đơn lẻ đối với tất cả các đồng phân retinol.

- Phương pháp xác định hàm lượng vitamin PP

Hàm lượng vitamin PP hay vitamin B₃, còn gọi là niacin được xác định theo TCVN 9045:2012 [13]. Nguyên tắc thực hiện là các dạng của niacin được chiết xuất ra khỏi mẫu thực phẩm bằng cách xử lý với axit hoặc enzyme hay axit/kiềm và được định lượng bằng HPLC.

- Phương pháp xác định hàm lượng vitamin B₁

Hàm lượng vitamin B₁ của hồ tiêu được xác định theo TCVN 5164:2018 [14]. Phương pháp này được thực hiện theo nguyên tắc vitamin B₁ hay thiamin được chiết ra khỏi thực phẩm sau khi thủy phân bằng axit rồi tách phospho sử dụng cách xử lý bằng enzyme và định lượng bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao.

- Phương pháp xác định hàm lượng vitamin B₂

Hàm lượng vitamin B₂ của hồ tiêu được xác định theo TCVN 8975:2018 [15]. Nguyên tắc của phương pháp này là vitamin B₂ hay riboflavin được chiết từ thực phẩm bằng cách thủy phân axit, sau đó dephosphoryl hóa bằng enzyme, được tách bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao.

- Phương pháp xác định hàm lượng phospho

Hàm lượng phospho của hồ tiêu được xác định theo TCVN 9043:2012 [16]. Nguyên tắc thực hiện là mẫu được tro hóa khô để loại bỏ chất hữu cơ. Phần phosphat còn lại có thể tan trong axit tạo thành phức chất màu xanh [(MoO₂.4MoO₃)₂.H₃PO₄] với Na₂MoO₄ khi dùng axit ascorbic làm chất khử. Cường độ của màu xanh được đo quang phổ tại bước sóng 823 nm ± 1 nm.

- Phương pháp xác định hàm lượng canxi, kali và natri

Hàm lượng canxi, kali và natri của hồ tiêu được xác định theo TCVN 10916:2015 [17].

Phương pháp này được thực hiện theo nguyên tắc mẫu thử được phân hủy trong hỗn hợp axit nitric/axit perchloric và được xác định bằng đo phổ phát xạ plasma cảm ứng cao tần [17].

2.2.4. Phương pháp xác định chỉ tiêu cảm quan

Chỉ tiêu cảm quan của quả hồ tiêu được xác định theo phương pháp mô tả. Phương pháp này được sử dụng để mô tả chi tiết các tính chất cảm quan của quả hồ tiêu như: Màu sắc, mùi, vị và cấu trúc... Hội đồng gồm có 9 thành viên, các thành viên được học và huấn luyện làm quen với các tính chất cảm quan màu sắc, mùi, vị và cấu trúc của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau, sau đó xác định thang cường độ là thang 9 điểm. Các thành viên sẽ nhận được phiếu cho điểm và các mẫu quả hồ tiêu cần đánh giá, sau đó đánh giá thử mẫu và xác định cường độ của từng chỉ tiêu

yêu cầu trên thang 9 điểm đã sử dụng. Phương pháp mô tả được thực hiện qua các bước như sau: Lựa chọn các đặc tính cần đánh giá, thực hiện các phép thử sơ bộ để các thành viên cùng thống nhất cách sử dụng thang cường độ đã đưa ra và đánh giá cường độ các đặc tính đã chọn trên thang điểm [18].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chỉ tiêu cơ lý của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

Để có cơ sở cho việc lựa chọn thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh thì xác định sự biến đổi chỉ tiêu cơ lý của quả hồ tiêu là rất cần thiết. Thí nghiệm được thực hiện ở các thời điểm: 180, 195, 210 ngày kể từ khi đậu quả. Kết quả được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

TT	Các chỉ tiêu cơ lý	Các thời điểm thu hoạch khác nhau		
		180 ngày	195 ngày	210 ngày
1	Khối lượng (g/quả)	0,09 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,11 ± 0,01
2	Đường kính (mm)	5,2 ± 0,1	5,9 ± 0,2	6,1 ± 0,2
3	Chiều cao (mm)	5,1 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,8 ± 0,2
4	Độ cứng (kg/mm ²)	6,75 ± 0,14	7,43 ± 0,16	7,67 ± 0,19
5	Tỷ lệ vỏ (%)	51,47 ± 0,23	49,26 ± 0,21	43,59 ± 0,18
6	Tỷ lệ hạt (%)	48,53 ± 0,16	50,74 ± 0,17	56,41 ± 0,26

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, ở thời điểm thu hoạch 180 ngày kể từ khi đậu quả, quả hồ tiêu xanh có khối lượng là 0,09 ± 0,01 g, đường kính 5,1 ± 0,1 mm, chiều cao 5,1 ± 0,1 mm, độ cứng 6,75 ± 0,14 kg/mm², tỷ lệ vỏ 51,47 ± 0,23% và tỷ lệ hạt 48,53 ± 0,16%. Ở thời điểm 195 ngày, khối lượng của quả là 0,1 ± 0,01 g, đường kính 5,9 ± 0,2 mm, chiều cao 5,6 ± 0,1 mm, độ cứng 7,43 ± 0,16 kg/mm², tỷ lệ vỏ 49,26 ± 0,21% và tỷ lệ hạt 50,74 ± 0,17%. Dựa vào kết quả nghiên cứu cho rằng, khi đến thời điểm 195 ngày, các chỉ tiêu khối lượng, đường kính, chiều cao và độ cứng của quả đều tăng cao. Nhưng đến thời điểm 210 ngày kể từ khi đậu quả, các chỉ tiêu khối lượng, đường kính, chiều dài tăng chậm có xu hướng ổn định. Cụ thể, ở thời điểm này khối lượng của quả là 0,11 ± 0,01 g, đường kính của quả là 6,1 ± 0,2 mm, chiều cao của quả là 5,8 ± 0,2 mm, độ cứng của quả là 7,67 ±

0,19 kg/mm² và tỷ lệ hạt là 56,41 ± 0,26% đều tăng so với giai đoạn 180 và 195 ngày, riêng tỷ lệ vỏ lại giảm. Sở dĩ có hiện tượng này là do ở thời điểm 210 ngày quả hồ tiêu đã chuyển sang giai đoạn trưởng thành, các bộ phận đã phát triển thành thực. Hàm lượng ẩm, màu sắc và độ cứng có ảnh hưởng lớn đến thời gian sấy hồ tiêu, khi thu hoạch quả tiêu ở giai đoạn trưởng thành làm tăng hiệu quả của quá trình sấy [19]. Quả hồ tiêu ở giai đoạn xanh chưa già có hàm lượng ẩm ban đầu cao hơn 79,11% so với quả chín 71,6%, quả hồ tiêu chín có tỷ lệ thu hồi sản phẩm khô cao hơn 28,84% so với quả tiêu còn xanh chưa già là 15,78%, đồng thời quả hồ tiêu chín có độ cứng cao nhất 10,5 kg/mm² so với quả hồ tiêu còn xanh chưa già 5,8 kg/mm² [19]. Trong quá trình làm khô, tỷ lệ giảm khối lượng của quả hồ tiêu thu hoạch khi còn xanh cao hơn so với quả hồ tiêu thu hoạch ở thời điểm chín.

Nguyên nhân là do hàm lượng nước cao và hàm lượng chất khô thấp ở quả hồ tiêu xanh so với quả hồ tiêu chín [19]. Để sản xuất tiêu khô có hình thức đẹp và các phẩm chất khác, quả hồ tiêu phải được thu hoạch ở đúng giai đoạn chín, điều đó rất quan trọng vì hiệu suất sau thu hoạch của hồ tiêu được xác định bởi độ chín hoặc trạng thái sinh lý của quả khi thu hoạch kết hợp với các biện pháp quản lý sau thu hoạch được áp dụng [20]. Chất lượng của hồ tiêu sẽ giảm khi quả hồ tiêu được thu hoạch ở giai đoạn chín sớm hoặc quá chín [21]. Như vậy, dựa vào chỉ tiêu cơ lý thì thời điểm 195 -

210 ngày là thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh.

3.2. Chỉ tiêu dinh dưỡng của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

Việc xác định các chỉ tiêu dinh dưỡng của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao. Chỉ tiêu dinh dưỡng của quả hồ tiêu thường thay đổi theo thời gian sinh trưởng và phát triển. Dựa vào các chỉ tiêu này sẽ giúp người sản xuất, chế biến lựa chọn được thời điểm thu hoạch phù hợp, đem lại hiệu quả kinh tế cao. Kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Chỉ tiêu dinh dưỡng của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

TT	Các chỉ tiêu dinh dưỡng	Các thời điểm thu hoạch khác nhau		
		180 ngày	195 ngày	210 ngày
1	Hàm lượng tinh dầu (%)	2,59	2,64	2,65
2	Hàm lượng alcaloid (%)	0,05	0,05	0,06
3	Hàm lượng glucid tổng số (%)	23,04	23,27	23,69
4	Hàm lượng protein tổng số (%)	6,58	6,61	6,63
5	Hàm lượng vitamin A (mg/kg)	0,02	0,023	0,025
6	Hàm lượng vitamin PP (mg/kg)	2,37	2,43	2,45
7	Hàm lượng vitamin B ₁ (mg/kg)	0,04	0,04	0,05
8	Hàm lượng vitamin B ₂ (mg/kg)	0,45	0,48	0,53
9	Hàm lượng phospho (mg/kg)	38,27	39,52	39,86
10	Hàm lượng canxi (mg/kg)	712	728	729
11	Hàm lượng kali (mg/kg)	1.126	1.132	1.146
12	Hàm lượng natri (mg/kg)	42,87	43,06	43,28

Bảng 2 cho thấy, các chỉ tiêu dinh dưỡng như: Hàm lượng glucid tổng số; protein tổng số; vitamin A, B₁, B₂, PP; canxi; phospho; kali; natri; tinh dầu; alcaloid có xu hướng tăng dần từ thời điểm thu hoạch từ 180 - 195 ngày và ổn định dần ở thời điểm thu hoạch 210 ngày. Kết quả nghiên cứu cho rằng, hàm lượng tinh dầu trong quả hồ tiêu chiếm tỷ lệ cao ở các thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu xanh. Cụ thể, ở thời điểm thu hoạch 180 ngày, hàm lượng tinh dầu là 2,59%; ở thời điểm thu hoạch 195 ngày, hàm lượng tinh dầu là 2,64% và ở thời điểm thu hoạch 210 ngày, hàm lượng tinh dầu là 2,65%. Hàm lượng alcaloid ở thời điểm thu hoạch 180 và 195 ngày đều là 0,05% và tăng lên 0,06% ở thời điểm thu hoạch 210 ngày. Hàm lượng glucid tổng số ở

thời điểm thu hoạch 180 ngày là 23,04%, tăng lên 23,27% ở thời điểm thu hoạch 195 ngày và 23,69% ở thời điểm thu hoạch 210 ngày. Trong quả hồ tiêu xanh, hàm lượng protein tổng số ở thời điểm thu hoạch 180 ngày là 6,58%, thời điểm thu hoạch 195 ngày là 6,61% và tăng lên 6,63% ở thời điểm thu hoạch 210 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giai đoạn phát triển quyết định thành phần sinh hóa và chất lượng của quả hồ tiêu [19], hàm lượng piperine trong quả hồ tiêu chín cao hơn quả hồ tiêu chưa chín [22]. Vì vậy, dựa vào sự biến đổi các chỉ tiêu dinh dưỡng của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau, thời điểm từ 195 - 210 ngày kể từ khi đậu quả là thời điểm thu hoạch

thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh.

3.3. Chỉ tiêu cảm quan của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

Chỉ tiêu cảm quan của quả hồ tiêu ở các thời

điểm thu hoạch khác nhau được biểu thị bằng màu sắc vỏ quả, màu sắc của hạt, mùi, vị của quả và cấu trúc của quả. Kết quả xác định chỉ tiêu cảm quan của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Chỉ tiêu cảm quan của quả hồ tiêu ở các thời điểm thu hoạch khác nhau

TT	Chất khô hòa tan và các chỉ tiêu cảm quan	Các thời điểm thu hoạch khác nhau		
		180 ngày	195 ngày	210 ngày
1	Màu sắc	Xanh nhạt, non	Xanh đậm đều	Xanh phớt vàng
2	Mùi	Mùi thơm nhẹ	Mùi thơm	Mùi thơm
3	Vị	Vị cay nhẹ	Vị cay	Vị cay
4	Cấu trúc	Cấu trúc hạt mềm, vỏ bình thường	Cấu trúc hạt bình thường, vỏ bình thường	Cấu trúc hạt cứng, vỏ bình thường

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, ở thời điểm thu hoạch 180 ngày kể từ khi đậu quả, quả hồ tiêu có màu xanh nhạt, non, mùi thơm nhẹ, vị cay nhẹ, cấu trúc hạt mềm và vỏ bình thường. Đến thời điểm thu hoạch 195 ngày kể từ khi đậu quả, quả hồ tiêu có màu xanh đậm đều, mùi thơm, vị cay, cấu trúc hạt bình thường và vỏ bình thường. Ở thời điểm thu hoạch 210 ngày kể từ khi đậu quả, quả hồ tiêu có màu xanh phớt vàng, mùi thơm, vị cay, cấu trúc hạt cứng và vỏ bình thường. Các thành viên hội đồng cảm quan đều cho rằng, ở thời điểm thu hoạch từ 195 - 210 ngày, quả hồ tiêu có giá trị cảm quan, màu sắc, mùi, vị và cấu trúc hấp dẫn hơn, các thành phần dinh dưỡng đã phát triển hoàn thiện hơn, điều đó đã làm tăng giá trị cảm quan của quả hồ tiêu. Sự giảm màu vàng, tăng màu đỏ và sẫm màu nhiều hơn ở quả hồ tiêu có liên quan đến di truyền, đến quá trình phát triển sinh lý. Sự sẫm màu nhanh chóng của quả hồ tiêu chín so với quả hồ tiêu xanh có liên quan đến sự tích tụ

của một số hợp chất bao gồm: Chất khô, piperine, enzyme và chất chống oxy hóa [22]. Xét về mặt cảm quan, hồ tiêu thu hoạch ở thời điểm 195 ngày kể từ khi đậu quả để chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh có nhiều ưu điểm hơn thu hoạch ở thời điểm 180 ngày kể từ khi đậu quả, vỏ có màu xanh đậm, mùi thơm, vị cay, cấu trúc hạt bình thường, đã hình thành sọ, sản phẩm sau khi chế biến có màu sắc, mùi, vị và cấu trúc hấp dẫn hơn. Ở thời điểm thu hoạch 180 ngày và trước 180 ngày kể từ khi đậu quả, quả hồ tiêu chưa hình thành sọ, màu xanh nhạt, non, mùi thơm nhẹ, vị cay nhẹ, cấu trúc mềm, khi sấy thì hao hụt lớn. Đối với thời điểm thu hoạch lớn hơn 210 ngày kể từ khi đậu quả, quả có màu vàng, màu hồng và đỏ, thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu đỏ, không thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh. Như vậy, dựa vào chỉ tiêu cảm quan thì thời điểm 195 - 210 ngày là thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh.



Hình 1. Quả hồ tiêu xanh ở thời điểm thu hoạch 180 ngày kể từ khi đậu quả



Hình 2. Quả hồ tiêu xanh ở thời điểm thu hoạch 195 ngày kể từ khi đậu quả



Hình 3. Quả hồ tiêu xanh ở thời điểm thu hoạch 210 ngày kể từ khi đậu quả

4. KẾT LUẬN

Đã lựa chọn được thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh là từ 195 - 210 ngày kể từ khi đậu quả, thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh. Ở thời điểm này, quả hồ tiêu có các đặc điểm như: Khối lượng là $0,1 \pm 0,01$ g, đường kính $5,9 \pm 0,2$ mm, chiều cao $5,6 \pm 0,1$ mm, độ cứng $7,43 \pm 0,16$ kg/mm², tỷ lệ vỏ $49,26 \pm 0,21\%$ và tỷ lệ hạt $50,74 \pm 0,17\%$, hàm lượng alcaloid dao động từ 0,05 - 0,06%, hàm lượng tinh dầu dao động từ 2,64 - 2,65%, quả hồ tiêu có màu xanh đậm đều đến xanh phớt vàng, mùi thơm, vị cay, cấu trúc hạt bình thường và vỏ bình thường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hosain D, Abbas R.A, Ali A, Mohsen A, Gholamhassan N, Jalal K (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 130 - 138.

2. Đỗ Tất Lợi (2014). *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nxb Y học, 370 - 372.

3. Mathieu W, Frederic D, Alain S. C. S, Renaud B, Mathilde H, Annaig L, Philippe B (2014). Postharvest treatments of wild pepper (*Piper* spp.) in Madagascar. *Fruits*, 69(5), 371 - 380.

4. Hosain D, Abbas R. A, Ali A, Mohsen A, Gholamhassan N, Jalal K (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 130 - 138.

5. Onwubuya E. A, Okporie E. O, Nenna M. G (2009). Nsukka yellow pepper processing and preservation techniques among women farmers in Enugu State. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9), 859 - 863.

6. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.

7. Nguyễn Văn Lợi, Nguyễn Thị Thu Hiền (2021). Sự biến đổi các chỉ tiêu cơ lý, hóa sinh và cảm quan của quả thảo quả Hà Giang ở các thời điểm thu hoạch khác nhau. *Tạp chí Công nghiệp Hóa chất*, 5, 33 - 39.

8. Loi N. V, Binh P. T (2022). Variation of the chemical components of macadamia in Vietnam at

different harvesting maturity. *Food Research*, 6(1), 253 - 259.

9. Trần Thị Văn Thi, Trần Thanh Minh (2011). Nghiên cứu phân lập và nhận dạng cấu trúc alkaloid trong dịch chiết từ lá vòng nem (*Erythrina orientalis* L. *Fabaceae*) Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, 65, 225 - 230.

10. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4594:1988. Đồ hộp - Phương pháp xác định đường tổng số, đường khử và tinh bột.

11. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8125:2009. Ngũ cốc và đậu đỗ - Xác định hàm lượng nitơ và tính hàm lượng protein thô - Phương pháp Kjeldahl.

12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8674:2011. Thức ăn chăn nuôi - Xác định hàm lượng vitamin A - Phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao.

13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9045:2012. Thực phẩm - Xác định niacin bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

14. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5164:2018. Thực phẩm - Xác định vitamin B₁ bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao.

15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8975:2018. Thực phẩm - Xác định vitamin B₂ bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao.

16. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9043:2012. Thực phẩm - Xác định hàm lượng phospho tổng số bằng phương pháp đo màu.

17. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10916:2015. Thực phẩm - Xác định các chất khoáng trong thức ăn và thực phẩm dinh dưỡng đặc biệt - Phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử.

18. Hà Duyên Tư (2010). *Kỹ thuật phân tích cảm quan thực phẩm*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, 67 - 70.

19. Christian A. C, Mtui H. D, Majubwa R. O (2023). Effect of harvesting stage on postharvest quality of black pepper (*Piper nigrum* L.) cultivars grown in Morogoro, Tanzania. *East African Journal of Science, Technology and Innovation*, 4(2), 1 - 13.

20. Bharathi C. S, Akila N (2021). Aluminium unipole ladder can replace bamboo pole used in

harvesting of black pepper at Kollihills of Tamil Nadu. *Journal of Krishi Vigyan*, 10(1), 6 - 10.

21. Mishra V. K, Gamage T.V (2020). Postharvest physiology of fruits and vegetables. In Handbook of food preservation, 25 - 44.

22. Nouck A. E, Hand M. J, Numfor E. N, Ekwel S. S, Ndouma C. M, Shang E. W, Taffouo V.

D (2021). Growth, mineral uptake, chlorophyll content, biochemical constituents and onenzymatic antioxidant compounds of white pepper (*Piper nigrum* L.) grown under saline conditions. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(4), 1457 - 1468.

RESEARCH ON SELECTING THE APPROPRIATE HARVEST TIME OF PEPPERCORNS FOR GREEN PEPPERCORN PROCESSING IN QUANG TRI PROVINCE

Le Anh Tuan¹, Tran Van Quy¹, Vu Kieu Sam², Nguyen Van Loi¹

¹*Faculty of Environmental Sciences, University of Science, Vietnam National University, Hanoi*

²*Bac Giang Agriculture and Forestry University, Faculty of Electromechanics and Food Technology*

Abstract

Quang Tri is a locality with favorable natural conditions for growing pepper. Currently, pepper is identified as one of the key crops with a competitive advantage in Quang Tri province. Pepper contains aromatic compounds, pungent components, and biologically active substances. The characteristic chemical components in pepper are essential oils and alkaloids. The objective of this study is to determine the appropriate peppercorn harvest time for processing into green peppercorn products. The experiment was conducted using peppercorns harvested at 180, 195, 210 days after fruit set. Based on physical, nutritional, and sensory criteria, the appropriate harvest time for producing green peppercorns is between 195 and 210 days after fruit set. At this stage, the peppercorns have a weight of 0.1 ± 0.01 g, hardness of 7.43 ± 0.16 kg/mm², peel ratio of $49.26 \pm 0.21\%$ and seed ratio of $50.74 \pm 0.17\%$. The alkaloid content ranges from 0.05% to 0.06% and the essential oil content ranges from 2.64% to 2.65%. The peppercorns develop from a uniform dark green to a slightly yellowish-green color, with a pleasant aroma, a spicy taste and a normal seed and peel structure.

Keywords: *Green peppercorns, harvest time, nutritional indicators, physical indicators, sensory indicators.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 14/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ KỸ THUẬT SƠ CHẾ VÀ BẢO QUẢN ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ THỜI GIAN BẢO QUẢN BẠCH CHỈ

Nguyễn Thu Huyền^{1*}, Cù Thị Hằng¹, Lê Thị Thu¹, Phan Thị Thu¹, Nguyễn Thị Nụ¹, Chu Thị Mỹ¹

¹Trung tâm Nghiên cứu trồng và Chế biến cây thuốc Hà Nội, Viện Dược liệu

* Email: cuhang159@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biện pháp sơ chế làm khô và bảo quản đến chất lượng dược liệu bạch chỉ (*Radix Angelicae dahuricae*) sau thu hoạch. Thí nghiệm sử dụng axit citric, phèn chua và nước điện phân để xác định biện pháp xử lý bạch chỉ. Làm khô dược liệu bằng phương pháp sấy nhiệt đối lưu, sấy bơm nhiệt và dùng phoi nắng làm đối chứng. Bên cạnh đó, sử dụng áp suất thấp để đánh giá hiệu quả bảo quản dược liệu bạch chỉ. Kết quả cho thấy, xử lý ngâm trong dung dịch chứa axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút hạn chế được sự phát triển của vi sinh vật và làm khô dược liệu bằng phương pháp sấy nhiệt đối lưu ở 50°C trong thời gian 20 giờ đảm bảo chất lượng dược liệu. Bảo quản dược liệu bạch chỉ bằng việc sử dụng áp suất thấp 200 mmHg, 250 mmHg, 300 mmHg bao bì PVC dày 0,04 mm sau 6 tháng ở nhiệt độ thường 25 - 30°C độ ẩm 80 - 90%, cho chất lượng dược liệu tốt hơn so với mẫu đối chứng, mẫu cho kết quả tốt nhất là ở áp suất 250 mmHg không có côn trùng gây hại, duy trì độ ẩm dược liệu, hoạt chất imperatorin ở các mẫu thí nghiệm biến đổi chậm, vi sinh vật tổng số tăng chậm trong thời gian bảo quản, đạt tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam V (2018).

Từ khóa: Bạch chỉ, axit hữu cơ, dung dịch muối điện phân, sấy đối lưu, áp suất thấp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây bạch chỉ (*Angelica dahurica* (Hoffm.) Benth. & Hook. f. ex Franch. & Sav.), họ Hoa tán (Apiaceae) là một loài thân cỏ nhiều năm, cao từ 1 - 1,5 m. Rễ cọc mọc thẳng xuống đất và phình lên thành củ, đôi khi có phân nhánh. Thân có đường kính từ 2 - 3 cm, rỗng, bên ngoài có màu tím hồng, thân non có lông che chở. Lá có kích thước lớn, bề lá phát triển ôm lấy thân. Phiến lá xẻ lông chim từ 2 - 3 lần tạo các thùy hình trứng có chiều dài 2 - 6 cm, rộng 1 - 3 cm, mép lá có răng cưa, có lông ở mặt trên lá tại vị trí các đường gân [1].

Đồng y, dược liệu bạch chỉ (*Radix Angelicae dahuricae*) có vị cay, tính ôn. Dược liệu có tính giải biểu, khu phong, thăng thấp, hoạt huyết để loại mủ, sinh cơ, giảm đau, làm thần kinh trở nên hưng phấn, khí huyết lưu thông mau chóng nên được dùng để điều trị nhức đầu, răng đau, các bệnh về

đầu, mặt, chữa huyết trắng, điều hòa kinh nguyệt. Dược liệu còn được dùng giảm đau, hút mủ trong trường hợp sưng vú, ghẻ lở. Ngoài ra, còn giảm đau trong nhức đầu, cảm mạo, hoa mắt, đau răng, hoặc cầm máu ở người chảy máu cam, đi tiêu ra máu [2].

Theo Dược điển Việt Nam V (2018) [3], cách chế biến bạch chỉ đã được thu hái khi lá chuyển vàng, tiến hành thu hái rễ (không lấy củ ở cây ra hoa). Phoi nắng hoặc sấy khô 40 - 50°C. Bộ phận dùng của bạch chỉ là rễ củ (*Radix Angelicae dahuricae*) phoi hay sấy khô. Rễ củ có dạng hình chùy đường kính khoảng 3 cm, dài từ 10 - 20 cm. Mặt ngoài có màu nâu nhạt, có dấu vết của rễ con và nhiều đường nhăn dọc. Cắt ngang có màu trắng đến trắng ngà, mùi thơm hắc, vị cay, hơi đắng.

Công nghệ sau thu hoạch bạch chỉ đã được thực hiện theo kỹ thuật đơn giản [4]: Rễ cây bạch

chỉ thường được thu hái vào mùa thu lúc trời khô ráo. Những cây khoảng 10 tháng tuổi trở lên, có lá bắt đầu úa vàng nhưng ra hoa được đào lên để lấy rễ, rửa sạch, cắt bỏ cổ rễ và các rễ con nhỏ mọc xung quanh, rồi tiến hành đặc chế bạch chỉ như sau:

Cách 1: Bỏ rễ bạch chỉ vào vại chứa vôi, đậy nắp kín lại. Sau 7 ngày lấy ra phơi nắng hoặc sấy khô. Cuối cùng dùng dao cạo sạch lớp vỏ mỏng bên ngoài.

Cách 2: Sau khi rửa sạch rễ bạch chỉ, cho vào lò xông với lưu huỳnh làm 2 lần. Thời gian xông khoảng 1 ngày một đêm cho đến khi rễ chín mềm và đạt độ ẩm dưới 13%. Đem phơi khô thu được rễ bạch chỉ có màu trắng.

Cách 3: Cạo sạch vỏ rễ bạch chỉ, thái nhỏ. Sau đó đổ chung với hoàng tinh theo tỷ lệ 1: 1 và lấy bạch chỉ ra phơi khô. Bạch chỉ sao cháy hoặc sao tẩm với giấm.

Bạch chỉ được bảo quản trong hộp, đậy nắp kín lại để nơi khô ráo. Tránh để chỗ ẩm hoặc có nắng nóng [4].

Kết quả nghiên cứu của Phan Bá Hoạt (2005) [5] cho thấy, tháng 6 - 7, bạch chỉ bắt đầu vàng úa lá lụi. Cắt hết phần thân lá trên mặt đất, dùng mai thuổng đào lấy củ, tránh đứt, xây sát rễ, củ, rửa nước sạch, phơi khô và bảo quản, bào chế: Có thể xông sinh để bảo quản lâu hơn: Bạch chỉ phiến: Ngâm bạch chỉ trong một chậu nông chứa nước sạch. Nếu lượng bạch chỉ lớn thì phải ngâm trong 1 thời gian thích hợp, sau đó đem ủ cho mềm. Sau đó thái phiến dày 1 - 3 mm, dài 5 - 7 cm. Phơi hoặc sấy nhẹ đến khô. Bạch chỉ sao cháy: Bạch chỉ sau khi thái lát đi sao cho đến khi mặt phiến bạch chỉ chuyển màu đen, có mùi cháy. Bạch chỉ dược liệu khi phơi sấy xong được đóng trong bao nylon ngoài bao dứa, xếp lên kệ cách mặt đất ít nhất 50 cm trong kho thoáng, mát.

Các biện pháp sơ chế và đặc chế bạch chỉ vẫn chủ yếu hướng dẫn chung chung, theo kinh nghiệm dân gian, có sử dụng lưu huỳnh không

đưa ra liều dùng cũng như đánh giá dư lượng lưu huỳnh sau quá trình làm khô, như vậy, ảnh hưởng đến chất lượng dược liệu và người tiêu dùng, mô tả cách làm khô không cụ thể để giúp người thực hiện dễ áp dụng.

Hiện có một số nghiên cứu xử lý sản phẩm bằng axit hữu cơ và dung dịch nước điện phân... để giảm lượng vi sinh vật bề mặt và đảm bảo duy trì được chất lượng sản phẩm. Phương pháp sấy và bảo quản bằng áp suất thấp cũng là tác nhân quan trọng ảnh hưởng chất lượng sản phẩm dược liệu. Trong phạm vi nghiên cứu ảnh hưởng của một số biện pháp sơ chế, làm khô và bảo quản bạch chỉ hướng đến sản xuất dược liệu an toàn, với mục tiêu hạn chế các hư hỏng do côn trùng, vi sinh vật và nấm mốc gây ra cho dược liệu bạch chỉ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Cây bạch chỉ (*Angelica dahurica* (Hoffm.) Benth. & Hook. f. ex Franch. & Sav.) trồng tại Trung tâm Nghiên cứu trồng và Chế biến cây thuốc Hà Nội, thu hoạch khi cây đạt độ sinh trưởng trên 240 ngày trồng, cây sinh trưởng tốt, chưa ra hoa và đảm bảo hoạt chất theo tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam V (2018) [3].

2.2. Bố trí thí nghiệm

Dược liệu bạch chỉ đạt độ tuổi thu hoạch được thu hoạch vận chuyển vào phòng thí nghiệm, Trung tâm Nghiên cứu trồng và Chế biến cây thuốc Hà Nội. Bạch chỉ được phân loại sơ bộ, đường kính củ tươi 5 - 7 cm, kích thước củ dài 10 - 15 cm, loại bỏ củ thối hỏng không đạt yêu cầu, tiếp theo rửa đất cát bằng nước máy. Tiến hành bố trí ngẫu nhiên các thực nghiệm như sau:

- Thí nghiệm ảnh hưởng của biện pháp xử lý sơ chế đến chất lượng dược liệu, lựa chọn nguyên liệu đạt tiêu chuẩn, công thức như sau: BC1: Xử lý nước điện phân anlyte 10% trong 30 phút; BC2: Xử lý phen chua 10 g/lít trong 30 phút và BC3: Xử lý axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút; công thức BC0 là mẫu đối chứng không xử lý. Nguyên liệu sau khi

xử lý được làm khô đến độ ẩm < 14% và tiến hành đánh giá các chỉ tiêu: Định lượng hoạt chất imperatorin, vi sinh vật tổng số, độ ẩm, cảm quan

- Thí nghiệm ảnh hưởng của phương pháp làm khô lựa chọn nguyên liệu đạt tiêu chuẩn, công thức như sau: BC0.1: Đối chứng (Mẫu không xử lý, phơi nắng nhiệt độ (30 - 35°C), các mẫu còn lại đều xử lý dung dịch axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút; BC0.2: phơi nắng nhiệt độ (30 - 35°C), BC4: Sấy bơm nhiệt hãng Mactech nhiệt độ (45°C), BC5: Sấy đối lưu hãng menmert nhiệt độ (50°C). Nguyên liệu sau khi xử lý được làm khô đến độ ẩm < 14% và tiến hành đánh giá các chỉ tiêu: Định lượng hoạt chất imperatorin, độ ẩm, cảm quan, vi sinh vật tổng số, thời gian làm khô.

- Thí nghiệm ảnh hưởng của áp suất thấp đến chất lượng dược liệu trong bảo quản; dược liệu được nhúng dung dịch axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút, làm khô bằng máy sấy đối lưu đến độ ẩm < 14%, sau đó đóng gói trong bao bì Polyvinyl chloride (PVC) độ dày 0,4 mm dán kín sau đó dùng máy bơm chân không hút bán chân không qua các van lắp tại bao bì chứa dược liệu ở các mức như sau: BC6: Áp suất 200 mmHg; BC7: Áp suất 250 mmHg; BC8: Áp suất 300 mmHg và mẫu BC0.3 là mẫu đối chứng không xử lý đóng gói trong bao bì PE dày 0,1 mm, dán kín; mẫu BC0.4 là mẫu đối chứng dung dịch axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút đóng gói trong bao bì PE dày 0,1 mm, dán kín; thời điểm lấy mẫu đánh giá là sau thu hoạch (0 tháng), 2 tháng, 4 tháng và 6 tháng. Điều kiện theo dõi bảo quản ở nhiệt độ phòng 25 - 30°C. Tiến hành đánh giá các chỉ tiêu: Định lượng hoạt chất imperatorin, độ ẩm, cảm quan, côn trùng, vi sinh vật tổng số (VSVTS).

Đối với mỗi thí nghiệm lựa chọn được công thức tốt nhất ở các thí nghiệm trên để làm cơ sở xử lý nguyên liệu cho các thực nghiệm sau. Mỗi công thức trong các thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

2.3. Phương pháp đánh giá chất lượng

Phương pháp lấy mẫu: Phương pháp lấy mẫu được liệu theo Dược điển Việt Nam V (2018) [3].

Đánh giá chất lượng cảm quan: Xây dựng bảng đánh giá xếp hạng bằng mô tả mức chất lượng của nguyên liệu theo tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam V (2018) [3] và đánh giá chất lượng cảm quan dựa theo phương pháp lập hội đồng chấm điểm theo TCVN 3215 - 79 [4].

Hoạt chất: Phương pháp định lượng hoạt chất chính có trong dược liệu bằng phương pháp HPLC-UV: Định lượng hoạt chất imperatorin (%) tham khảo Dược liệu Việt Nam V (2018) [3] trong dược liệu không dưới 0,08%.

Vi sinh vật tổng số: Xác định số lượng tế bào VSV tổng số theo phương pháp TCVN 6404:2016 [6]. Tiêu chuẩn theo Dược điển Việt Nam V (2018) [3] tổng số vi khuẩn hiếu khí $\leq 5.10^4$ (cfu/g).

Độ ẩm: Theo Dược điển Việt Nam V (2018) [3] sử dụng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi: Cân 3 g nguyên liệu sấy ở nhiệt độ 105°C trong thời gian 1 giờ đến khối lượng không đổi, độ ẩm đạt dưới 14%.

Xác định mật độ côn trùng: Xác định lượng côn trùng sống quan sát bằng mắt/1 kg sản phẩm theo phương pháp của Bùi Công Hiến (1995) [7].

Thời gian làm khô (giờ): Được xác định từ lúc dược liệu sơ chế xong đưa vào thiết bị sấy hoặc bật phơi.

Xử lý số liệu: Các phân tích thống kê sử dụng phần mềm SPSS và excel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả ảnh hưởng của biện pháp xử lý sơ chế đến chất lượng bạch chỉ

Dược liệu bạch chỉ được lựa chọn nguyên liệu đạt tiêu chuẩn, làm sạch và bố trí công thức như sau: BC1: Xử lý nước điện phân anlyte 10% trong 30 phút; BC2: Xử lý phèn chua 10 g/lít trong 30 phút và BC3: Xử lý axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút; BC0 là mẫu đối chứng không xử lý, kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của biện pháp xử lý sơ chế đến chất lượng của bạch chỉ được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của xử lý sơ chế đến chất lượng bạch chỉ

Mẫu	Imperatorin (%)	Cảm quan (điểm)	VSVTS (cfu/g)
BC0	0,22b	18,13a	5,28.10 ⁴ _c
BC1	0,17a	19,20ab	1,18.10 ³ _{ab}
BC2	0,18a	18,57c	1,52.10 ³ _b
BC3	0,25c	19,47bc	7,60.10 ² _a

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.



BC0 Đối chứng

BC3 axit citric pH 2-3

BC2 phèn chua

BC1 điện phân anlyte 10%

10 g/lít

Hình 1. Xử lý bạch chỉ trong các dung dịch khác nhau

Kết quả bảng 1 và hình 1 cho thấy, các biện pháp xử lý sơ chế tác động đến tổng số vi khuẩn hiếu khí trên bề mặt sản phẩm, giữa các công thức có sự sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$. Cụ thể, các mẫu xử lý BC1, BC2, BC3 có VSVTS hơn so với mẫu đối chứng BC0 với mật độ dao động 7,6.10² - 1,52.10³ cfu/g, trong khi giá trị này ở mẫu đối chứng BC0 là 5,28.10⁴ cfu/g. Kết quả nghiên cứu của Cù Thị Hằng và cs (2022) [8] cho thấy, VSVTS cũng giảm khi nhúng trong dung dịch chứa axit citric, ascorbic để xử lý đương quy, khi bảo quản trong 9 tháng. Kết quả phù hợp với một số nghiên cứu chỉ ra bạch chỉ nhúng trong dung dịch chứa axit citric cho thấy hiệu quả khử khuẩn trên bề mặt sản phẩm. Hoạt chất imperatorin là thành phần hoạt chất chính của bạch chỉ, vì vậy nó được sử dụng để đánh giá chất lượng của bạch chỉ. Trong thí nghiệm này, các phương pháp xử lý sơ chế ít ảnh hưởng đến hàm lượng hoạt chất có

trong sản phẩm vẫn đạt yêu cầu chất lượng theo tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam V (2018) [3].

Cảm quan cho thấy, màu sắc dược liệu trắng sáng, dược liệu sau khi xử lý đồng đều, sáng màu so với đối chứng mẫu thâm sẫm, điểm cảm quan có sự sai khác giữa các mẫu thí nghiệm ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Từ các kết quả cho thấy, mẫu BC3 xử lý bạch chỉ trong dung dịch chứa axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút cho kết quả tốt nhất trong việc hạn chế vi sinh vật bề mặt mà không ảnh hưởng đến hoạt chất có trong dược liệu.

3.2. Kết quả ảnh hưởng của phương pháp làm khô đến chất lượng dược liệu

Trong quá trình làm khô, nhiệt độ, độ ẩm và thời gian đều có tác động nhất định đến các phản ứng enzyme, phản ứng oxy hóa và phân hủy sản phẩm. Vì vậy, việc lựa chọn phương pháp làm khô

với nhiệt độ phù hợp có ý nghĩa to lớn trong việc đảm bảo chất lượng của dược liệu [9].

Sau khi dược liệu được xử lý trong dung dịch axit pH 2 - 3 tiến hành làm khô sản phẩm bằng các

cách: BC0.2 phơi nắng, BC4 sử dụng máy sấy bơm nhiệt và BC5: Máy sấy đối lưu. Kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của phương pháp làm khô đến chất lượng dược liệu bạch chỉ

Mẫu	Imperatorin (%)	Cảm quan (điểm)	VSVTS (CFU/g)	Thời gian làm khô (giờ)
BC0.1	0,19a	17,27a	$5,80.10^4$ d	60
BC0.2	0,26b	17,80 b	$3,04.10^3$ c	60
BC4	0,41c	19,67c	$1,84.10^3$ b	20,5
BC5	0,38c	19,20c	$1,16.10^3$ a	20

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Kết quả bảng 2 cho thấy, phương pháp làm khô ở các nhiệt độ khác nhau có tác động đến hàm lượng hoạt chất có trong dược liệu. Mẫu BC4 và BC5 sấy bơm nhiệt và sấy đối lưu cho hàm lượng imperation 0,41 và 0,38% có sự sai khác có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$ với mẫu đối chứng làm khô bằng cách phơi. Giai đoạn đầu sấy nhiệt với nhiệt độ cao đẩy tốc độ sấy nhanh và thời gian sấy ngắn, làm tăng nhanh sự thoát hơi nước của dược liệu, giảm tốc độ phản ứng oxy hóa bên trong từ đó làm giảm sự phân hủy hoạt chất.

Cảm quan củ bạch chỉ trắng, cấu trúc chắc, vị thơm đặc trưng và hơi đắng, điểm cảm quan cao 19,67 và 19,20 ở các mẫu sấy bơm nhiệt và sấy đối lưu, tương ứng. Tổng số vi khuẩn hiếu khí ở các mẫu làm khô khác nhau cũng có sự khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$. Mẫu còn lại sấy bơm nhiệt và đối lưu có mật độ VSVTS thấp nhất là $1,84.10^3$ và $1,16.10^3$ (cfu/g).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mẫu BC5 cho chất lượng dược liệu tốt nhất về hàm lượng hoạt chất, cảm quan và VSVTS trên bề mặt dược liệu, bên cạnh đó phương pháp sấy đối lưu này nhiệt độ sấy 50°C trong thời gian 20 giờ cũng giảm thời gian sấy, nâng cao chất lượng dược liệu bạch chỉ

so với làm khô bằng phơi nắng mất 60 giờ (tương đương với 8 - 9 ngày phơi tùy thuộc vào thời tiết).

3.3. Ảnh hưởng của bảo quản áp suất thấp đến chất lượng dược liệu bạch chỉ

Bảo quản trong điều kiện áp suất thấp là loại bỏ không khí khỏi túi sản phẩm và hàn kín lại. Điều này làm tăng thời gian lưu trữ sản phẩm bằng cách ức chế sự phát triển của vi sinh vật và giảm nguy cơ lây nhiễm chéo. Phương pháp này cũng đảm bảo hương vị và ngăn cản sự nhiễm ẩm trở lại của sản phẩm [10].

Các mẫu dược liệu thí nghiệm được sơ chế và đóng gói trong bao bì Polyvinyl chloride (PVC) độ dày 0,4 mm dán kín sau đó hút bán chân không: BC6: Áp suất 200 mmHg; BC7: Áp suất 250 mmHg; BC8: Áp suất 300 mmHg và mẫu BC0.3 là mẫu đối chứng không xử lý đóng gói trong bao bì PE dày 0,1 mm; mẫu BC0.4 là mẫu đối chứng có xử lý dung dịch axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút đóng gói trong bao bì PE dày 0,1 mm dán kín, thời gian theo dõi (0 tháng), 2 tháng, 4 tháng và 6 tháng ở nhiệt độ phòng 25 - 30°C. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của bảo quản áp suất thấp đến chất lượng dược liệu bạch chỉ được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của bảo quản áp suất thấp đến chất lượng dược liệu bạch chỉ

TT	Chỉ tiêu đánh giá					
	Chỉ tiêu	BC03	BC04	BC6	BC7	BC8
	0 tháng					
1	Imperatorin (%)	0,31a	0,29a	0,3a	0,34a	0,31a
2	VSVTS (cfu/g)	2,98.10 ⁴ b	1,22.10 ³ a	1,14.10 ³ a	1,20.10 ³ a	1,24.10 ³ a
3	Độ ẩm (%)	10,30a	10,23a	10,36a	10,48a	10,23a
4	Cảm quan (điểm)	17,40a	18,00b	18,80c	19,20cd	19,60d
	2 tháng					
1	VSVTS (cfu/g)	3,73.10 ⁴ e	5,40.10 ³ d	2,15.10 ³ c	1,78.10 ³ b	1,50.10 ³ a
2	Độ ẩm (%)	10,68c	10,56bc	10,39ab	10,48abc	10,29a
3	Cảm quan (điểm)	16,47a	17,77b	18,27b	19,17c	18,87c
	4 tháng					
1	VSVTS (cfu/g)	5,22.10 ⁴ d	9,86.10 ³ c	2,35.10 ³ b	1,96.10 ³ a	1,84.10 ³ a
2	Độ ẩm (%)	10,81b	10,73b	10,50a	10,56a	10,48a
3	Cảm quan (điểm)	14,33a	16,03b	17,83c	18,60d	18,27c
4	Mật độ côn trùng (con/kg)	8b	0a	0a	0a	0a
	6 tháng					
1	Imperatorin (%)	0,1a	0,12a	0,22b	0,25b	0,25b
2	VSVTS (cfu/g)	5,62.10 ⁴ e	1,32.10 ⁴ d	6,19.10 ³ c	4,55.10 ³ b	2,81.10 ³ a
3	Độ ẩm (%)	10,92c	10,83c	10,67b	10,66b	10,50a
4	Cảm quan (điểm)	9,33a	11,07b	17,60c	18,20c	17,97c
5	Mật độ côn trùng (con/kg)	12b	10b	0a	0a	0a

Ghi chú: Trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$.

Trong quá trình bảo quản, độ ẩm trong nguyên liệu là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới thời gian bảo quản, Độ ẩm là tác nhân cho nhiều mầm bệnh phát triển do vi sinh vật gây ra. Kết quả bảng 3 cho thấy, sau 6 tháng bảo quản, sử dụng áp suất thấp 200, 250, 300 mmHg, độ ẩm gần như không tăng cao so với ban đầu trong khi đó các mẫu khác độ ẩm tăng chậm. Điều cho thấy, ưu điểm chính của bao quản bằng áp suất thấp là dược liệu được có bao bì kín kiểm soát hiệu quả độ ẩm của sản phẩm [9]. Trong quá trình bảo quản, không phát hiện côn trùng gây hại ở tất cả các mẫu thí nghiệm, còn các mẫu đối chứng sử dụng bao bì PE xuất hiện côn trùng gây hại dược liệu.

Trong quá trình bảo quản hàm lượng hoạt chất có sự biến động đáng kể, có sự khác nhau ở mức ý nghĩa 0,05. Điều này cho thấy, bảo quản trong môi trường áp suất thấp có hiệu quả trong việc duy trì hoạt chất dược liệu.

Trong 6 tháng bảo quản, tổng số vi sinh vật có sự tăng lên ở các mẫu và có sự sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha = 0,05$ giữa các mẫu thí nghiệm và mẫu đối chứng. Kết quả phù hợp với một số nghiên cứu của Sanjeev và Ramesh (2006) [11] cho rằng mặc dù bao gói áp suất thấp có thể được sử dụng để kéo dài tuổi thọ và giữ chất lượng sản phẩm, nhưng sự hư hỏng do vi sinh vật hiếu khí vẫn có thể xảy ra ở các sản phẩm đã bao gói, tùy thuộc vào mức độ oxy trong khoảng không gian trong túi. Kết quả tương tự với kết luận của Cù Thị Hằng và cs (2024) [12] kết luận rằng, bảo quản bằng áp suất thấp hạn chế vi sinh vật phát triển đối với dược liệu huyền sâm, đảm bảo chất lượng sau 9 tháng bảo quản.

Từ các kết quả trên cho thấy, bảo quản bạch chỉ ở mức áp suất 250 mmHg cho chất lượng tốt về cảm quan, độ ẩm, giảm sự phát triển của vi sinh vật và ngăn ngừa sự phá hoại của côn trùng, duy trì hoạt chất trong dược liệu bạch chỉ sau bảo quản 6 tháng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tiến hành sơ chế xử lý bạch chỉ trong dung dịch chứa axit citric pH 2 - 3 trong 30 phút có hiệu quả tốt trong việc hạn chế vi sinh vật bề mặt, tăng cảm quan và giữ hàm lượng hoạt chất

có trong dược liệu. Làm khô dược liệu sử dụng phương pháp sấy đối lưu ở nhiệt độ 50°C phù hợp để làm khô dược liệu bạch chỉ, đảm bảo chất lượng dược liệu. Bảo quản bằng áp suất thấp ở mức 250 mmHg sử dụng bao bì PVC dày 0,04 mm cho chất lượng dược liệu tốt sau 6 tháng bảo quản ở nhiệt độ thường: Tổng hàm lượng hoạt chất được duy trì, độ ẩm và tổng số vi sinh vật tăng chậm, không có côn trùng gây hại và đạt tiêu chuẩn Dược điển Việt Nam V (2018).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Dược Liệu (2004). *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, tập I, trang 1017 - 1022.
2. Đỗ Tất Lợi (2006). *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nxb Y học Hà Nội.
3. Bộ Y tế (2018). *Dược điển Việt Nam V*. Nxb Y học Hà Nội.
4. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215-79. Sản phẩm thực phẩm phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.
5. Nguyễn Bá Hoạt (2005). *Kỹ thuật trồng và sử dụng cây thuốc Việt Nam*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, tập I.
6. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6404:2016 (ISO 7218:2007). Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi - Yêu cầu chung và hướng dẫn kiểm tra vi sinh vật.
7. Bùi Công Hiến (1995). *Côn trùng hại kho*. Nxb Khoa học kỹ thuật, trang 250 - 370.
8. Cù Thị Hằng, Nguyễn Thu Huyền, Chu Thị Mỹ, Trần Hữu Khánh Tân, Nguyễn Thị Hà Ly (2022). Nghiên cứu các biện pháp xử lý và bảo quản củ đương quy sau thu hoạch. *Tạp chí Công nghiệp nông thôn*, 45, 56 - 65.
9. Meena M K, Chetti M B, Nawalagatti C M, M Chandra Naik (2017). Vacuum packaging technology: A novel approach for extending the storability and quality of agricultural produce. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 7(1), 367 - 456.
10. Ren Difeng (2002). Research on quality deterioration and optimization of drying process in

the drying process of Chinese medicinal materials research [D], Beijing: China Agricultural University.

11. Sanjeev, K, and Ramesh, M, N. (2006). Low oxygen and inert gas processing of foods, *Crit, Rev. Food Nutr*, 46: 423 - 451.

12. Cù Thị Hằng, Nguyễn Thu Huyền, Chu Thị Mỹ, Phan Thị Thu, Nguyễn Bá Hưng, Nguyễn Văn Dũng (2024). Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý sau thu hoạch đến chất lượng huyền sâm. *Tạp chí Công nghiệp nông thôn*, 52, 23 - 32.

RESEARCH ON TREATMENT PRELIMINARY METHODS AND STORAGE ON QUALITY AND STORAGE OF *Radix Angelicae dahuricae*

Nguyen Thu Huyen¹, Cu Thi Hang¹, Le Thi Thu¹,
Phan Thi Thu¹, Nguyen Thi Nu¹, Chu Thi My¹

¹ *Hanoi research center for Cultivation and Processing of Medicinal Plants,
National Institute of Medicinal materials*

Abstract

The effect of pretreatment, drying and storage methods on maintaining the quality of *Radix Angelicae dahuricae* postharvest was studied. The experiments used organic acid as acid citric, kali alum, and electrolytic solution to evaluate the pretreatment of *Radix Angelicae dahuricae*. Roots of *Angelica dahurica* were dried by heat pump machine, convection drier, dry by sun was preserved by low pressure. The results showed that dipping acid citric solution pH 2 - 3 for 30 min restricted the developing of total microorganisms. Using convection drier were good sensory quality and retaining imperatorin content in *Radix Angelicae dahuricae*. The method of preserving *Radix Angelicae dahuricae* by the low pressure 200 mmHg, 250 mmHg, 300 mmHg in PVC 0.04 mm after 6 months at room temperature maintained better quality than the control, sample gives the best results at the low pressure 250 mmHg. Beside, the moisture's medicine total content, imperatorin content, total microorganisms, insects in the experiment samples changed slowly during the storage period.

Keywords: *Radix Angelicae dahuricae, organic acid, electrolytic solution, low pressure.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 02/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 20/7/2025

Ngày duyệt đăng: 8/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ CALCIUM CHLORIDE ĐẾN KHẢ NĂNG BẢO QUẢN SAU THU HOẠCH CỦA QUẢ ĐÀO LÔNG

Nguyễn Đức Tuấn^{1*}, Trần Văn Chí¹, Phạm Thị Vinh¹, Trịnh Thị Chung¹

¹Viện Công nghệ Sinh học - Công nghệ Thực phẩm,

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Thái Nguyên

*Email: nguyenductuan@tuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm xác định nồng độ CaCl_2 thích hợp để kéo dài thời gian bảo quản, duy trì chất lượng và giảm tỷ lệ hư hỏng của quả đào lông sau thu hoạch tại Việt Nam. Thí nghiệm được tiến hành xử lý ở 3 nồng độ CaCl_2 khác nhau (0,5%; 1,0%; 1,5%). Kết quả cho thấy, xử lý CaCl_2 ở nồng độ 0,5% đã kéo dài thời gian bảo quản quả đào lông đến 36 ngày ở nhiệt độ bảo quản $3 \pm 2^\circ\text{C}$, độ ẩm tương đối (RH) 90 - 95%. Sau 36 ngày bảo quản ở nồng độ 0,5% CaCl_2 , các chỉ tiêu chất lượng của quả đào lông được đánh giá như sau: Tỷ lệ thối hỏng 4,28%; hao hụt khối lượng tự nhiên 7,50%; hàm lượng vitamin C 15,31 mg%; hàm lượng axit hữu cơ tổng số 0,79% và hàm lượng đường tổng số 8,95%.

Từ khóa: Đào lông, bảo quản quả đào, duy trì chất lượng, thời gian bảo quản, nồng độ CaCl_2 .

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đào là loại quả được nhiều người trên thế giới ưa chuộng bởi hương vị thơm ngon và giàu dinh dưỡng thiết yếu tốt cho sức khỏe con người [1]. Ở Việt Nam, đào lông được trồng nhiều tại các tỉnh Lai Châu, Lào Cai, Hà Giang, Lạng Sơn... cho hiệu quả kinh tế cao. Tuy nhiên, quả đào lông có hàm lượng dinh dưỡng cao, hàm lượng nước nhiều, vỏ quả mỏng và cấu trúc kém bền nên rất dễ bị tổn thương cơ học và vi sinh vật tấn công. Mặc dù cho sản lượng và giá thành khá cao nhưng quả dễ hư hỏng sau thu hoạch, đặc biệt khi được bảo quản trong điều kiện nhiệt độ môi trường. Để làm chậm quá trình chín và trì hoãn sự suy giảm chất lượng, đào thường được lưu trữ ở nhiệt độ thấp. Tuy nhiên, cần có các công nghệ phù hợp kết hợp giữa công nghệ sau thu hoạch với nhiệt độ thấp để hạn chế thấp nhất sự thối hỏng và phân giải các hợp chất hoá học bên trong của quả, nguyên nhân chính dẫn đến sự suy giảm chất lượng trong quá trình bảo quản [2, 3].

Canxi đóng vai trò là thành phần xây dựng và làm vững chắc màng vách tế bào thực vật, giúp duy trì cấu trúc và hình dạng tế bào. Canxi được sử

dụng sau thu hoạch để làm chậm quá trình chín và lão hoá, duy trì sự vững chắc, làm giảm những rối loạn sinh lý học, từ đó giảm tổn thất sau thu hoạch [4 - 7]. Việc xử lý quả tươi sau thu hoạch bằng phương pháp nhúng trong dung dịch canxi có tác dụng ổn định chất lượng quả trong quá trình bảo quản [8, 9]. Nhúng quả sau thu hoạch trong dung dịch calcium chloride kết hợp với nhiệt độ thấp cho phép tạo thành nhóm ion COO^- từ thành phần pectin của quả với ion Ca^{2+} . Từ đó, vách tế bào trở nên cứng chắc hơn, làm chậm quá trình mềm hoá quả, góp phần kiểm soát được tốc độ chín và hạn chế tổn thương cơ học [10]. Kết quả nghiên cứu của Conway và Sam (1984) [11] cũng đã chỉ ra rằng, canxi còn góp phần hạn chế sự xâm nhập của vi sinh vật gây thối hỏng bằng cách tăng cường sự vững chắc của vách tế bào. Các nghiên cứu cho thấy, độ giòn của táo được duy trì và cải thiện nhờ việc ngâm táo trong dung dịch CaCl_2 1,0% [12]. Nghiên cứu của Nguyễn Đức Tuấn và cs (2024) [13] cũng đã tiến hành xử lý quả mận Tam hoa với dung dịch CaCl_2 1,5% kết hợp với công nghệ vi bọt khí trong vòng 10 phút đã giúp giảm tỷ lệ thối hỏng, tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên và làm chậm các biến đổi hoá học như: Hàm

lượng vitamin C, hàm lượng axit hữu cơ tổng số, hàm lượng đường tổng số và kéo dài thời gian bảo quản đến 50 ngày. Các kết quả đã chứng minh vai trò của CaCl_2 với rau, quả như kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch, giảm tỷ lệ thối hỏng và duy trì chất lượng quả tươi đến người tiêu dùng. Biện pháp kết hợp công nghệ vi bọt khí và CaCl_2 ứng dụng trên quả đào lông tươi đã mang lại hiệu quả cao hơn so với phương pháp ngâm, nhúng truyền thống.

Cho đến nay, Việt Nam chưa có công trình khoa học được công bố về nghiên cứu và sử dụng CaCl_2 kết hợp với công nghệ vi bọt khí, bảo quản ở nhiệt độ lạnh trên quả đào lông nhằm duy trì chất lượng, giảm tỷ lệ tổn thất, kéo dài thời gian bảo quản và giúp tăng giá trị kinh tế của sản phẩm. Vì vậy, việc nghiên cứu xác định nồng độ xử lý CaCl_2 thích hợp để duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản quả đào lông là cần thiết.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Quả đào lông (*Prunus salicina* (L.) Batsch) được thu hái tại vườn ở huyện Bắc Hà, tỉnh Lào Cai. Quả đảm bảo độ chín kỹ thuật và kích thước đồng đều. Hình thái quả đào lông đạt độ chín thu hái phục vụ cho bảo quản có đặc điểm: Hương thơm nhẹ, vị ngọt dịu, kích thước quả từ 5,00 - 6,75 cm, màu từ xanh vàng và xuất hiện đốm hồng, trạng thái quả cứng chắc. Quả được thu hái, đóng hộp xốp có lót lá và giấy báo để tránh va đập, vận chuyển bằng xe ô tô về địa điểm thí nghiệm trong vòng 24 giờ.

Muối calcium chloride dạng rắn, màu trắng, có độ tinh khiết 99% được cung cấp bởi Công ty TNHH Thiên Đại Phúc. Muối CaCl_2 được đóng lọ 500 g và lưu trữ trong điều kiện khô ráo, thoáng mát trước khi sử dụng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành theo sơ đồ: Quả đào lông → thu hoạch → lựa chọn → rửa bằng nước sạch → để ráo → xử lý CaCl_2 (ở các nồng độ: 0,5%; 1,0%; 1,5%) và đối chứng (Đ/C) trong thời gian 10 phút với thiết bị tạo vi bọt khí cho tất cả

các mẫu thí nghiệm → để ráo → xếp hộp carton với khối lượng mỗi hộp là 5 kg → bảo quản lạnh ở nhiệt độ $3 \pm 2^\circ\text{C}$, RH: 90 - 95%.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, mỗi thí nghiệm được thực hiện với 3 lần lặp. Mỗi công thức nghiên cứu có khối lượng 60 kg quả đào lông.

Các chỉ tiêu chất lượng như: Hàm lượng vitamin C; hàm lượng axit hữu cơ tổng số; hàm lượng đường tổng số, cũng như tỷ lệ thối hỏng, tỷ lệ hao hụt khối lượng của các mẫu được phân tích định kỳ 6 ngày/lần. Quá trình theo dõi được duy trì cho đến khi tỷ lệ hư hỏng của mẫu đạt ngưỡng 10%. Tại thời điểm này, nghiệm thức được xem là kết thúc. Dữ liệu thu thập tại thời điểm kết thúc được sử dụng để đánh giá hiệu quả bảo quản của từng công thức xử lý.

2.2.2. Phương pháp phân tích

Xác định tỷ lệ thối hỏng và tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên bằng phương pháp cân có độ chính xác 0,001 g. Hàm lượng vitamin C được xác định theo TCVN 8977:2011 [14]. Hàm lượng axit hữu cơ tổng số theo TCVN 5483:2007 [15]. Hàm lượng đường tổng số theo TCVN 4074:2009 [16].

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các nghiệm thức. Kết quả thí nghiệm được xử lý trên phần mềm SPSS 20.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ CaCl_2 xử lý đến tỷ lệ thối hỏng của quả đào lông

Sự thối hỏng của quả trong quá trình tồn trữ do nhiều nguyên nhân gây ra. Những loại quả có vỏ mỏng, thịt mềm, quả quá chín rất dễ bị hư hỏng dẫn đến giảm nhanh về hàm lượng dinh dưỡng và tăng khả năng vi sinh vật xâm nhập [17, 18]. Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nồng độ dung dịch CaCl_2 xử lý tới tỷ lệ thối hỏng của quả đào lông được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Sự thay đổi tỷ lệ thối hỏng (%) của quả đào lông trong quá trình bảo quản khi được xử lý ở các nồng độ CaCl₂ khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	0	6	12	18	24	30	36
Đ/C	0,00	1,34 ^a	2,05 ^a	3,66 ^a	7,08 ^a	8,32 ^a	11,49 ^a
0,5	0,00	0,19 ^b	0,42 ^b	1,08 ^b	2,17 ^c	2,94 ^c	4,28 ^c
1,0	0,00	0,28 ^b	0,27 ^c	1,68 ^b	3,08 ^b	4,57 ^b	6,85 ^b
1,5	0,00	0,21 ^b	0,25 ^c	0,93 ^b	3,65 ^b	5,19 ^b	7,04 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị có cùng ít nhất một chữ cái thì không khác nhau về mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Số liệu ở bảng 1 cho thấy, hiện tượng thối hỏng của quả bắt đầu xuất hiện sau 6 ngày bảo quản ở tất cả các công thức thí nghiệm và tỷ lệ này có xu hướng tăng dần trong suốt quá trình bảo quản. Tỷ lệ thối hỏng ở công thức đối chứng luôn cao nhất ở mức có nghĩa so với các công thức có xử lý dung dịch CaCl₂. Tỷ lệ thối hỏng tăng nhanh, rõ rệt ở thời điểm 24 ngày bảo quản, đạt 8,32%, tăng lên 11,49% ở giai đoạn 36 ngày bảo quản. Các công thức có xử lý CaCl₂ ở các nồng độ khác nhau từ 0,5 - 1,5% đã làm chậm đáng kể tỷ lệ thối hỏng của quả đào lông. Hiệu quả này có thể là do CaCl₂ đã gián tiếp ức chế tới việc sản sinh ethylene - một loại hormon gây chín quả, khi quả quá chín sẽ gây thối hỏng. Ngoài ra, canxi là thành phần cấu tạo và làm vững chắc màng vách tế bào thực vật, giúp duy trì cấu trúc và hình dạng tế bào [10]. Ca²⁺ kết hợp với protopectin trong quả để tạo ra phức hợp Ca-pectates bền vững, làm gia tăng độ cứng chắc của quả [19]. Tuy nhiên, tỷ lệ thối hỏng của quả khác nhau tùy thuộc vào nồng độ xử lý. Tỷ lệ thối hỏng cũng tăng lên lần lượt 4,28%; 6,85%; 7,04%, tương ứng với xử lý CaCl₂ ở 0,5%; 1,0%; 1,5% sau 36 ngày bảo quản. Kết quả cũng cho thấy, tỷ lệ thối hỏng của mẫu xử lý dung dịch CaCl₂ ở nồng độ 0,5% thấp hơn có nghĩa khi so với các mẫu xử lý ở

nồng độ 1,0% và 1,5% với mức ý nghĩa thống kê 5%. Sự gia tăng tỷ lệ thối hỏng có thể do ở các nồng độ CaCl₂ cao gây mất cân bằng ion và áp suất thẩm thấu, dẫn đến tổn thương tế bào biểu bì của quả đào lông. Bên cạnh đó, sự tích tụ ion Ca²⁺ trên bề mặt quả có thể làm thay đổi môi trường vi sinh vật, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các loài nấm gây bệnh. Hiện tượng này cũng đã được ghi nhận trong kết quả nghiên cứu của Ali và cs (2021) [18], khi nồng độ CaCl₂ vượt quá ngưỡng tối ưu có thể gây tác động tiêu cực đến chất lượng quả trong quá trình bảo quản. Do đó, mặc dù xử lý CaCl₂ ở nồng độ thấp (0,5%) có hiệu quả trong việc hạn chế thối hỏng, nhưng khi tăng nồng độ xử lý lên 1,0% và 1,5% lại không mang lại hiệu quả bảo quản tương ứng, thậm chí có thể làm gia tăng tỷ lệ thối hỏng.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ CaCl₂ xử lý đến tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên của quả đào lông

Hao hụt khối lượng tự nhiên (HHKLTN) là một trong những chỉ tiêu quan trọng đánh giá chất lượng quả sau thu hoạch. HHKLTN diễn ra ở hầu hết các loại quả sau khi thu hoạch, đặc biệt là quả hô hấp đột biến [20]. Sự biến thiên tỷ lệ HHKLTN của các mẫu khi được xử lý bằng CaCl₂ ở các nồng độ trong quá trình bảo quản được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Sự thay đổi tỷ lệ HHKLTN (%) của quả đào lông trong quá trình bảo quản khi được xử lý ở các nồng độ CaCl₂ khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	Nồng độ CaCl ₂ (%)						
	0	6	12	18	24	30	36
Đ/C	0,00	5,94 ^a	7,05 ^a	10,01 ^a	13,48 ^a	16,72 ^a	18,10 ^a
0,5	0,00	0,21 ^b	0,44 ^c	2,02 ^b	3,31 ^b	5,49 ^c	7,50 ^c
1,0	0,00	0,19 ^b	0,42 ^c	1,97 ^b	3,32 ^b	5,50 ^c	7,68 ^c
1,5	0,00	0,28 ^b	0,80 ^b	2,83 ^b	4,56 ^b	7,26 ^b	9,13 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị có cùng ít nhất một chữ cái thì không khác nhau về mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Từ kết quả thu được cho thấy, tỷ lệ HHKLTN của các công thức thí nghiệm đều tăng dần, tỷ lệ thuận với thời gian bảo quản và xu hướng này tương tự như kết quả nghiên cứu của Nguyễn Đức Tuấn và cs (2024) [13] trên quả mận Tam hoa. Tỷ lệ HHKLTN của các công thức có xử lý dung dịch muối CaCl₂ ở nồng độ 0,5% (7,50%); 1,0% (7,68%); 1,5% (9,13%) thấp hơn so với Đ/C (18,10%). Giữa các công thức có xử lý CaCl₂, thì mẫu 0,5% có sự sai khác có nghĩa về tỷ lệ HHKLTN ở giai đoạn 36 ngày bảo quản với mức ý nghĩa 5%. Kết quả phân tích chỉ ra, CaCl₂ đã làm chậm tốc độ HHKLTN của quả đào lông trong thời gian 36 ngày tồn trữ. Điều này được giải thích, khi quả được xử lý CaCl₂

có tác dụng duy trì tình trạng nguyên vẹn và chức năng của thành tế bào. Kết quả này cũng hoàn toàn phù hợp với quy luật giảm khối lượng của quả trong kết quả nghiên cứu của Trần Thị Kim Nhi và cs (2021) [20] khi xử lý CaCl₂ trên quả bơ Booth 7.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ CaCl₂ xử lý đến hàm lượng vitamin C của quả đào lông

Vitamin C là chỉ tiêu hóa sinh quan trọng đánh giá chất lượng của quả đào lông sau thu hoạch. Phương pháp bảo quản tốt sẽ hạn chế sự tổn thất về hàm lượng vitamin C. Sự biến đổi hàm lượng vitamin C của quả đào lông khi được xử lý CaCl₂ ở các nồng độ khác nhau được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Sự thay đổi hàm lượng vitamin C (mg/100 g) của quả đào lông trong quá trình bảo quản khi được xử lý ở các nồng độ CaCl₂ khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	Nồng độ CaCl ₂ (%)						
	0	6	12	18	24	30	36
Đ/C	30,53	13,11 ^b	10,95 ^b	8,72 ^c	6,53 ^b	2,40 ^c	0,43 ^c
0,5	30,53	24,04 ^a	21,90 ^a	21,81 ^a	19,61 ^a	17,47 ^a	15,31 ^a
1,0	30,53	26,23 ^a	24,08 ^a	23,99 ^a	21,79 ^a	19,65 ^a	17,52 ^a
1,5	30,53	21,85 ^a	19,71 ^a	17,44 ^b	15,25 ^a	13,10 ^b	10,94 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị có cùng ít nhất một chữ cái thì không khác nhau về mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Bảng 3 cho thấy, hàm lượng vitamin C giảm dần trong thời gian bảo quản. Sau 36 ngày, công thức được xử lý ở nồng độ dung dịch muối CaCl₂ khác nhau cho hàm lượng vitamin C khác nhau.

Kết quả phân tích cho thấy, mẫu xử lý CaCl₂ 0,5% có tỷ lệ hao hụt về hàm lượng vitamin C thấp hơn có ý nghĩa so với mẫu 1,5%, tuy nhiên không có sự sai khác có ý nghĩa khi so với mẫu 1,0% vào ngày

bảo quản thứ 36 ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Sự biến động về hàm lượng vitamin C ở mẫu ĐC có tốc độ biến thiên nhanh nhất và có sự sai khác có ý nghĩa với các mẫu thí nghiệm khác ở mức ý nghĩa 5%. Điều này có thể được lý giải, do CaCl_2 làm chậm quá trình lão hóa và giảm thiểu hoạt động của enzyme, qua đó góp phần duy trì hàm lượng vitamin C. Từ đó, quá trình hô hấp và trao đổi chất của quả giảm sẽ làm chậm quá trình sử dụng axit và chuyển hóa chúng thành đường [21]. Kết quả cho thấy, không có sự khác biệt thống kê đáng kể giữa mẫu xử lý CaCl_2 ở nồng độ 0,5% và 1,0% về hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C. Trong khi đó, nồng độ 0,5% cho tỷ lệ thối hỏng thấp hơn và

hiệu quả kinh tế cao hơn, vì vậy được xem là nồng độ xử lý phù hợp trong điều kiện nghiên cứu.

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ CaCl_2 xử lý đến hàm lượng axit hữu cơ tổng số của quả đào lông

Axit hữu cơ là thành phần chính tạo nên mùi vị đặc trưng cho quả đào. Trong quá trình bảo quản, hàm lượng axit hữu cơ tổng số thường thay đổi, sự biến đổi này có ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng quả trong quá trình bảo quản. Trong quá trình bảo quản, hàm lượng axit hữu cơ của quả sau bảo quản cũng là chỉ số quan trọng ảnh hưởng tới mức độ ưa thích của người tiêu dùng. Axit malic, axit quinic, axit succinic và axit citric là những axit phong phú nhất trong quả đào [22, 23].

Bảng 4. Sự thay đổi hàm lượng axit hữu cơ tổng số (%) của quả đào lông trong quá trình bảo quản khi được xử lý ở các nồng độ CaCl_2 khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	0	6	12	18	24	30	36
Nồng độ CaCl_2 (%)							
Đ/C	0,96	0,76 ^c	0,71 ^c	0,63 ^b	0,56 ^b	0,43 ^b	0,36 ^b
0,5	0,96	0,87 ^a	0,86 ^a	0,84 ^a	0,83 ^a	0,81 ^a	0,79 ^a
1,0	0,96	0,84 ^{ab}	0,83 ^{ab}	0,81 ^a	0,79 ^a	0,78 ^a	0,76 ^a
1,5	0,96	0,81 ^{bc}	0,79 ^b	0,78 ^a	0,76 ^a	0,74 ^a	0,73 ^a

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị có cùng ít nhất một chữ cái thì không khác nhau về mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Hàm lượng axit hữu cơ tổng số của đào lông khi đưa vào bảo quản (0 ngày) đạt 0,96% khối lượng tươi. Sau đó, thành phần này giảm dần trong quá trình bảo quản ở tất cả các mẫu thí nghiệm. Sự biến thiên về hàm lượng axit hữu cơ tổng số trên quả đào lông phù hợp với kết quả nghiên cứu của Khalid và cs (2023) [21] trên quả đào; Mahajan và cs (2008) [24]; Nguyễn Đức Tuấn và cs (2024) [13] trên quả mận. Trong thời gian bảo quản, hàm lượng axit hữu cơ ở các công thức được xử lý CaCl_2 đều cao hơn so với công thức đối chứng. Ở các mẫu có xử lý CaCl_2 từ 0,5 - 1,5% sau thời điểm 18 ngày tồn trữ không có sự sai khác ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, quả đào lông xử lý CaCl_2 ở nồng độ từ 0,5%

trở lên có hiệu quả hạn chế sự biến đổi về hàm lượng axit hữu cơ tổng số trong suốt quá trình bảo quản.

3.5. Ảnh hưởng của nồng độ CaCl_2 xử lý đến hàm lượng đường tổng số của quả đào lông

Hàm lượng đường tổng số là một chỉ tiêu rất quan trọng khi đánh giá chất lượng của quả đào lông tươi trong quá trình bảo quản. Cùng với hàm lượng axit hữu cơ tổng số, hàm lượng đường tổng số của quả đào sau bảo quản cũng là chỉ số quan trọng ảnh hưởng tới mức độ ưa thích của người tiêu dùng [22]. Kết quả theo dõi sự thay đổi hàm lượng đường tổng số ở các công thức thí nghiệm trong thời gian bảo quản 36 ngày ở điều kiện lạnh được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Sự thay đổi hàm lượng đường tổng số (%) của quả đào lông trong quá trình bảo quản khi được xử lý ở các nồng độ CaCl₂ khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	0	6	12	18	24	30	36
Đ/C	5,96	6,46 ^a	7,45 ^a	7,70 ^a	8,45 ^a	8,95 ^a	9,44 ^a
0,5	5,96	6,21 ^{ab}	6,96 ^b	7,45 ^{ab}	7,95 ^a	8,20 ^b	8,95 ^b
1,0	5,96	5,46 ^c	6,71 ^b	6,96 ^b	7,45 ^b	7,95 ^b	8,45 ^b
1,5	5,96	5,71 ^{bc}	6,46 ^b	6,96 ^b	8,20 ^a	8,45 ^b	8,70 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột, các giá trị có cùng ít nhất một chữ cái thì không khác nhau về mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự biến đổi của hàm lượng đường tổng số ở các mẫu thí nghiệm trong quá trình bảo quản là khác nhau ở độ tin cậy 95%. Ở nồng độ xử lý CaCl₂ từ 0,5 – 1,5%, hàm lượng đường tổng số có sự sai khác có nghĩa ở giai đoạn 6 ngày và 24 ngày tồn trữ. Sau 24 ngày bảo quản, hàm lượng đường tổng số tăng cao nhất ở giai đoạn này, tăng từ 1,2 - 1,4 lần so với hàm lượng đường trong quả đào lông nguyên liệu, đạt cao nhất ở mẫu ĐC (8,45%) và thấp nhất là CaCl₂ 1,0% (7,45%). Ở giai đoạn sau 30 ngày bảo quản, hàm lượng đường tăng chậm và ổn định ở tất cả các công thức thí nghiệm. Hàm lượng đường tổng số được xử lý dung dịch muối CaCl₂ ở các nồng độ từ 0,5 – 1,5% không có sự sai khác có nghĩa với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Kết quả này cho thấy, dung dịch CaCl₂ có thể làm chậm quá trình thủy phân polysaccharide và điều hòa hoạt động của các enzyme liên quan đến chuyển hóa đường. Nhiều nghiên cứu cho thấy, việc xử lý sau thu hoạch bằng CaCl₂ giúp ức chế các enzyme như polygalacturonase, pectin methylesterase và invertase - những enzyme đóng vai trò then chốt trong phân giải polysaccharide và chuyển hóa đường [10]. Đồng thời, ion Ca²⁺ còn góp phần ổn định enzyme nội bào và giảm tốc độ hô hấp, từ đó duy trì hàm lượng đường tổng số trong suốt thời gian bảo quản [24]. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên phù hợp với quy luật về sự thay đổi hàm lượng đường tổng số trong kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Hạnh (2018) [25] trên quả hồng Thạch Thất, Nguyễn Đức Tuấn và cs (2024)

[13] trên quả mận Tam hoa sau thu hoạch. Tuy nhiên, xu hướng về sự thay đổi hàm lượng đường sau thu hoạch trái ngược với kết quả nghiên cứu của Trần Thị Kim Nhi và cs (2021) [20] trên quả bơ Booth 7 sau thu hoạch, ghi nhận sự giảm sút liên tục của hàm lượng đường trong suốt thời gian tồn trữ. Sự khác biệt này có thể do đặc điểm sinh lý khác nhau giữa các loại quả và ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ sau thu hoạch áp dụng trong từng nghiên cứu.

Tóm lại, kết quả cho thấy, nồng độ CaCl₂ thích hợp nhất để xử lý quả đào lông với mục đích ổn định chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản là 0,5%. Ở nồng độ xử lý 0,5% CaCl₂ cho kết quả về hàm lượng chất dinh dưỡng tốt hơn các nồng độ xử lý CaCl₂ khác đã nghiên cứu. Vì vậy, lựa chọn nồng độ dung dịch CaCl₂ 0,5% là thích hợp nhất nhằm giảm tỷ lệ thối hỏng, duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản quả đào lông sau thu hoạch.

4. KẾT LUẬN

Nồng độ xử lý CaCl₂ thích hợp nhằm giảm tỷ lệ thối hỏng, tỷ lệ HHKLTN và làm chậm các biến đổi hoá học (hàm lượng vitamin C, hàm lượng axit hữu cơ tổng số, hàm lượng đường tổng số) xảy ra trong quả đào lông sau thu hoạch là 0,5%. Trong phạm vi nghiên cứu này, nồng độ CaCl₂ 0,5% là mức xử lý thấp nhất được khảo sát trên quả đào lông. Để đánh giá toàn diện hơn về hiệu quả bảo quản và xác định chính xác ngưỡng tối ưu, các nghiên cứu tiếp theo cần được thực hiện với dải nồng độ thấp hơn, nhằm làm rõ hiệu quả về mặt

đinh dưỡng và tính kinh tế, cũng như khả năng ứng dụng trong thực tiễn bảo quản quả sau thu hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Crisosto H. Carlos (2002). How do we increase peach consumption? *Acta Horticulturae*, 592: 601 - 605.
2. Wang L., Shan T., Xie B., Ling C., Shao S., Jin P. and Zheng Y. (2019). Glycine betaine reduces chilling injury in peach fruit by enhancing phenolic and sugar metabolisms. *Food Chemistry*, 272: 530 - 538.
3. Garcia L. G. C., Silva E. P., Silva Neto C. M., Vilas Boas E. V. B., Asquieri E. R., Damiani C., Silva F. A (2019). Effect of the addition of calcium chloride and different storage temperatures on the post-harvest of jaboticaba variety Pingo de Mel. *Food Science and Technology*, 39: 261 - 269.
4. Buescher R. W. and Hobson G. E. (1982). Role of calcium and chelating agents on regulating the degradation of tomato fruit tissue by polygalacturonase. *Journal of Food Biochemistry*, 6: 147 - 160.
5. Poovaiah, B. W. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 40: 86 - 89.
6. Conway S. W., Sam, E. C., Chien Y. W., Abbott A. J. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 49 - 53.
7. Mignani I., Greve L. C., Ben-Arie R., Stotz H. U., Shakel C. Li, K. and Sams J., Conway S. W., Abbott J. A., Lewis R. J. and Benshalom N. (1993). Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118: 623 - 627.
8. Phan Thị Xuân Thủy (2008). Cải thiện chất lượng trái cam Soàn (*Citrus sinensis* L. cv. Soan) bằng biện pháp xử lý hóa chất trước và sau thu hoạch. Luận văn Thạc sĩ Trồng trọt. Khoa Nông nghiệp và Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ.
9. Conway W. S., Sams C. E. and Hickey K. D. (2002). Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its on quality. *Acta Horticulturae*, 594: 413 - 419.
10. Conway W. E, Sams C. E and Tibias. R. B. (1993). Reduction of storage decay in apples by postharvest calcium infiltration. *Acta Horticulturae*, 118: 326 - 115.
11. Conway W. S. and Sams C. E. (1984). Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples. *Phytopathology*, 74: 208 - 210.
12. Abbott J. A., Conway S. W., Sam E. C. (1989). Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114: 935 - 936.
13. Nguyễn Đức Tuân, Ngô Xuân Bình, Vũ Mạnh Hải, Bùi Quang Đăng, Đỗ Thị Thu Hương, Lương Thị Huyền (2024). Ảnh hưởng của nồng độ calcium chloride đến chất lượng và thời gian bảo quản sau thu hoạch của quả mận Tam hoa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 6: 27 - 32.
14. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8977:2011. Thực phẩm - Xác định vitamin C bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).
15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5483:2007. Sản phẩm rau, quả - Xác định độ axit chuẩn độ được.
16. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4074:2009. Kẹo - Xác định hàm lượng đường tổng số.
17. Irfan P. K., Vanjakshi V., Keshava Prakash M. N., Ravi R., Kudachikar V. B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 82: 70 - 75.
18. Ali I., Abbasi N. A., Hafiz I. (2021). Application of calcium chloride at different phenological stages alleviates chilling injury and delays climacteric ripening in peach fruit during low - temperature storage. *International Journal of Fruit Science*, 21: 1040 - 1058.

19. Lê Văn Tân, Nguyễn Thị Hiền, Hoàng Thị Lệ Hằng, Quãn Lê Hà (2008). *Công nghệ bảo quản và chế biến rau quả*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, thành phố Hồ Chí Minh. 202 - 489.
20. Trần Thị Kim Nhi, Nguyễn Văn Toàn, Lê Văn Luận (2021). Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ calcium chloride đến chất lượng và thời gian bảo quản quả bơ booth 7 sau thu hoạch. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 125: 31 - 36.
21. Khalid N., Sammi S., Miskeen S., Khan I., Inam-u-llah, Liaquat M., Anwar K., Khan A., Shah A. M., Shah A. S., Al-Judaibi A. A. M., Ha J., Jahangir M. (2023). Impact of salicylic acid and calcium chloride on quality attributes of peach stored at refrigeration temperature. *Food Science and Biotechnology*, 32: 1281 – 1296.
22. Delgado C., Crisosto G. M., Heymann H., Crisosto C. H. (2013). Determining the primary drivers of liking to predict consumers acceptance of fresh nectarines and peaches. *Journal of Food Science*, 78: 605 – 614.
23. Wu H., Xu Y., Wang H., Miao Y., Li C., Zhao R., Shi X., Wang B. (2022). Physicochemical characteristics, antioxidant activities and aroma compound analysis of seven peach cultivars (*Prunus persica* L. Batsch) in Shihezi, Xinjiang. *Foods*, 11(19): 2944. <https://doi.org/10.3390/foods11192944>.
24. Mahajan B. V. C., Randhawa J. S., Harminder Kaur and Dhatt, A. S. (2008). Effect of post-harvest application of calcium nitrate and gibberellic acid on the storage life of plum. *Indian Journal of Horticulture*, 65: 94 - 96.
25. Nguyễn Thị Hạnh (2018). Ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến chất lượng và thời gian bảo quản quả hồng Thạch Thất. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 16: 998 - 1004.

RESEARCH ON THE EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE CONCENTRATION ON THE POSTHARVEST PRESERVATION OF FUZZY PEACHES

Nguyen Duc Tuan¹, Tran Van Chi¹, Pham Thi Vinh¹, Trinh Thi Chung¹

¹Institute of Biotechnology and Food Technology, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry, Thai Nguyen University

Abstract

This study aimed to determine the optimal CaCl₂ concentration for extending the storage duration, maintaining quality and reducing the spoilage rate of postharvest fuzzy peaches in Vietnam. Experiments were conducted by treating the fruit with three different CaCl₂ concentrations (0.5%, 1.0% and 1.5%). Results indicated that treatment with 0.5% CaCl₂ extended the storage life of fuzzy peaches to 36 days under storage conditions of 3 ± 2°C and 90 - 95% Relative Humidity (RH). After 36 days of storage with 0.5% CaCl₂ treatment, the quality parameters of fuzzy peaches were evaluated as follows: A spoilage rate of 4.28%; a natural weight loss of 7.50%; a vitamin C content of 15.31 mg%; a total organic acid content of 0.79%; a total sugar content of 8.95%.

Keywords: *Fuzzy peach, peach preservation, maintaining quality, storage time, CaCl₂ concentration.*

Ngày nhận bài: 27/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 15/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 24/7/2025

Ngày duyệt đăng: 6/8/2025

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ THẤP ĐẾN SỰ BIẾN ĐỔI SINH LÝ, SINH HÓA CỦA QUẢ CHANH DÂY TÍM (*Passiflora edulis* Sims.) TRONG BẢO QUẢN SAU THU HOẠCH

Trần Thị Kim Nhi¹, Nguyễn Đức Chung¹,
Nguyễn Thị Diễm Hương¹, Tống Thị Quỳnh Anh¹,
Nguyễn Thị Vân Anh¹, Nguyễn Huỳnh Phú Lâm², Nguyễn Văn Toàn^{1*}

¹Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

²Hợp tác xã Nông nghiệp Cây ăn trái Tây Nguyên

*Email: nguyenvantoan@hualf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định những thay đổi sinh lý, sinh hóa của quả chanh dây tím trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ thấp. Quả sau khi thu hoạch được bảo quản ở nhiệt độ $3 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $7 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm $85 \pm 5\%$ và đối chứng $25 \pm 3^\circ\text{C}$ trong các khoảng thời gian 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ngày, sau đó được đánh giá các chỉ tiêu bao gồm: Cường độ hô hấp, cường độ sản sinh ethylene, hàm lượng chất rắn hòa tan (TSS), hàm lượng vitamin C, hao hụt khối lượng, tỷ lệ hư hỏng, màu sắc của vỏ và dịch quả trong suốt thời gian bảo quản. Kết quả cho thấy, quả chanh dây tím khi bảo quản ở nhiệt độ $5 \pm 1^\circ\text{C}$ có thể làm chậm quá trình chín và hạn chế sự giảm chất lượng quả, giảm biến đổi về màu sắc, hao hụt khối lượng và tỷ lệ hư hỏng của quả, nhưng các chỉ số này bị suy giảm nhanh chóng ở $3 \pm 1^\circ\text{C}$ và gây nên hiện tượng tổn thương lạnh. Mẫu chanh dây bảo quản ở điều kiện tốt nhất ($5 \pm 1^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$, 20 ngày bảo quản) được đánh giá với cường độ hô hấp $74,92 \text{ mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; cường độ sản sinh ethylene $65,68 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; hàm lượng vitamin C $41,07 \text{ mg}/100 \text{ g}$; hàm lượng chất rắn hoà tan $17,13^\circ\text{Brix}$; tỷ lệ hao hụt khối lượng $9,56\%$; tỷ lệ hư hỏng $7,48\%$.

Từ khoá: Quả chanh dây tím, biến đổi chất lượng, nhiệt độ bảo quản, tổn thương lạnh, sau thu hoạch.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chanh dây tím (*Passiflora edulis* Sims.) là một loại cây ăn quả nhiệt đới thuộc họ *Passifloraceae*, có nguồn gốc từ Nam Mỹ. Quả chanh dây có giá trị cao nhờ chứa nhiều vitamin (A, C), khoáng chất (sắt, kali, magie, natri, lưu huỳnh, clorua), cùng với chất xơ, protein và các hợp chất có hoạt tính sinh học như: Flavonoid, tannin, phenol, glycoside, axit béo và alkaloid [1]. Các thành phần này không chỉ mang lại giá trị dinh dưỡng mà còn giúp tăng cường sức khỏe, góp phần nâng cao giá trị kinh tế của quả chanh dây.

Trong những năm gần đây, chanh dây tím được trồng phổ biến tại các vùng có điều kiện khí

hậu thích hợp ở các tỉnh: Gia Lai, Lâm Đồng, Đắk Lắk. Tính đến nay, diện tích trồng chanh dây trên toàn quốc ước đạt khoảng 9.500 ha, với sản lượng dao động từ 300.000 - 400.000 tấn/năm. Tỉnh Gia Lai là địa phương có diện tích và sản lượng lớn nhất, đạt hơn 4.263 ha và khoảng 134.000 tấn/năm. Theo định hướng phát triển, diện tích canh tác tại tỉnh Gia Lai dự kiến sẽ đạt 20.000 ha vào năm 2025 [2]. Điều này thể hiện tiềm năng phát triển mạnh mẽ của chanh dây trong cơ cấu cây trồng quốc gia. Tuy nhiên, trong quá trình thương mại hóa, chanh dây tím cũng đối mặt với nhiều thách thức, đặc biệt là về việc hạn chế sự tổn thất chất lượng sau thu hoạch. Đây là loại quả hô hấp đột biến (climacteric), có khả năng sản sinh ethylene cao,

làm quả chín nhanh, chín đồng loạt trong thời gian ngắn, từ đó ảnh hưởng đến quá trình vận chuyển, tiêu thụ nội địa và xuất khẩu [3]. Một trong những yếu tố giới hạn lớn nhất trong bảo quản quả chanh dây là khả năng bị tổn thương lạnh khi bảo quản ở nhiệt độ thấp, tình trạng phổ biến ở các loại quả có nguồn gốc nhiệt đới [4]. Tổn thương này có thể làm giảm chất lượng cảm quan và giá trị thương mại của quả [5]. Bên cạnh đó, mất nước và giảm khối lượng tươi là những vấn đề thường gặp trong quá trình bảo quản rau, quả, nguyên nhân chủ yếu là do sự thoát hơi nước qua lớp biểu bì và tốc độ hô hấp cao [6, 7].

Bảo quản nhiệt độ thấp là một trong những phương pháp phổ biến và hiệu quả nhằm kéo dài thời gian sử dụng của các loại quả nhờ tác dụng làm chậm quá trình hô hấp và ngăn ngừa mất nước [8]. Tuy nhiên, mỗi loại quả lại có mức nhiệt độ tối ưu khác nhau để bảo quản, nếu nhiệt độ bảo quản không phù hợp có thể dẫn đến tổn thương lạnh và làm giảm chất lượng quả. Đối với chanh dây tím, một số nghiên cứu cho thấy, việc bảo quản ở nhiệt độ 5°C [9, 10], 7°C [11] và 8°C [12] giúp duy trì hương vị, độ tươi và kéo dài thời gian bảo quản hiệu quả. Tuy nhiên, khi bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn, chẳng hạn như 4°C, quả có thể xuất hiện các dấu hiệu tổn thương lạnh như hiện tượng bị ngâm nước hoặc teo lại [13].

Do đó, việc xác định nhiệt độ bảo quản phù hợp là hết sức cần thiết để duy trì chất lượng cho quả được bảo quản. Tại Việt Nam, hiện chưa có công bố chuyên sâu nào đánh giá được ảnh hưởng của các mức nhiệt độ bảo quản lạnh đến chất lượng chanh dây tím sau thu hoạch, đặc biệt tại các vùng nguyên liệu chính như tỉnh Gia Lai. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản thấp đến các chỉ tiêu chất lượng và thời gian bảo quản của chanh dây tím trong quá trình bảo quản, từ đó đề xuất giải pháp bảo quản hiệu quả nhằm phục vụ tiêu thụ nội địa và xuất khẩu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các quả chanh dây tím (*Passiflora edulis* Sims.) sử dụng làm nguyên liệu cho nghiên cứu được thu hoạch từ 60 - 65 ngày sau khi đậu quả

[14] vào tháng 8 - 10/2024 từ vườn trồng chanh dây tím thuộc Hợp tác xã Nông nghiệp Cây ăn trái Tây Nguyên, tỉnh Gia Lai. Quả có hình dạng tròn đến hơi bầu dục, vỏ màu tím đậm khi chín, khối lượng trung bình đạt khoảng 70 - 75 g/quả. Phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo TCVN 9017:2011 [15]. Việc thu hoạch được thực hiện vào sáng sớm và đảm bảo quả đồng đều về màu sắc, kích thước, quả còn nguyên vẹn, không có dấu hiệu nhiễm bệnh. Thùng carton loại 3 lớp được sản xuất tại Việt Nam. Quả chanh dây được làm sạch sơ bộ, đóng trong túi LDPE 40 µm và xếp vào thùng carton. Đá khô được bọc trong xốp cách nhiệt, đặt xung quanh thùng chứa chanh dây để duy trì nhiệt độ 5 - 10°C trong quá trình vận chuyển chanh dây từ tỉnh Gia Lai về phòng thí nghiệm với thời gian 12 - 16 giờ.

2.2. Bố trí thí nghiệm

Quả sau thu hoạch → phân loại và chia mẫu (200 quả mỗi mẫu) → rửa sạch → để ráo nước (10 - 20 phút) → đóng gói vào bao bì LDPE 40 µm [16] → bố trí mẫu vào các điều kiện nhiệt độ bảo quản khác nhau ($3 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $7 \pm 1^\circ\text{C}$; độ ẩm không khí $85 \pm 5\%$ và mẫu ĐC bảo quản ở $25 \pm 3^\circ\text{C}$; độ ẩm không khí 65 - 70%) → theo dõi các chỉ tiêu chất lượng theo định kỳ (5 ngày/lần) trong suốt thời gian bảo quản cho đến khi mẫu tốt nhất có tỷ lệ hư hỏng $\leq 10\%$ thì kết thúc bảo quản. Thí nghiệm hoàn toàn ngẫu nhiên, được lặp lại 3 lần.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Cường độ hô hấp và cường độ sản sinh ethylene của quả chanh dây được xác định bằng hệ thống đo kín với thiết bị CO₂ ICA-250 và ethylene ICA 56 (International Controlled Atmosphere Ltd Instrument Division, Nhật Bản). Phương pháp được mô tả bởi Nguyen và cs (2022) [17] với một số điều chỉnh. Mỗi mẫu (4 quả) được đặt vào một hộp nhựa kín 3 L và một lỗ nhỏ được tạo ra trên nắp của mỗi hộp. Lỗ này sau đó được bịt kín bằng nút cao su. Các hộp chứa quả chanh dây được giữ ở nhiệt độ bảo quản trong 8 giờ trước khi tiến hành đo. Cường độ hô hấp của quả được biểu thị dưới dạng mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, trong khi cường độ sản sinh ethylene được biểu thị dưới dạng µL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹. Tổng chất rắn hòa tan (TSS)

trong dịch ép từ quả chanh dây ban đầu và sau mỗi 5 ngày trong suốt thời gian bảo quản được xác định bằng khúc xạ kế kỹ thuật số (Atago Co. Ltd., Tokyo, Nhật Bản) ở 20°C [18]. Hàm lượng vitamin C xác định bằng phương pháp chuẩn độ iod 0,01N [19]. Màu sắc của vỏ và dịch quả được đo bằng máy quang phổ màu (Konica Minolta CR-400, Nhật Bản), được hiệu chuẩn bằng gạch tiêu chuẩn trắng và đen. Màu vỏ quả được đo tại 3 vị trí khác nhau trên mỗi quả trong tổng số 4 quả. Trong khi đó, nước ép được tách riêng từ quả để xác định màu sắc của nước ép. Các giá trị tọa độ màu L*, a*, b* được ghi nhận và các giá trị a*, b* được chuyển đổi thành góc màu Hue (H°) theo phương pháp của Ambuko và cs (2014) [20] và được tính theo công thức:

$$\text{Hue} = \text{Arctan}(b^*/a^*)$$

Hao hụt khối lượng quả (W) ở các mẫu bảo quản được xác định theo mô tả của Adhikary và cs (2021) [21] bằng cân điện tử (Nippon Denshoku, NF 333, Nhật Bản), giữa khối lượng trước bảo quản (W1) và khối lượng sau mỗi lần theo dõi (W2) được tính toán theo công thức sau:

$$W(\%) = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Tỷ lệ hư hỏng của quả được xác định bằng cách đo diện tích bề mặt bị hư hỏng của quả theo mô tả của Nguyen và cs (2022) [17]. Trong đó, mức độ hư hỏng được biểu thị bằng 4 cấp độ gồm: Cấp 0 (N1) cho quả không bị hư hỏng; quả cấp 1

(N2) bị hư hỏng 1/4 bề mặt; cấp 2 (N3) gồm quả bị hư hỏng từ 1/4 - 1/3 bề mặt; cấp 3 (N4) còn lại quả bị hư hỏng từ 1/3 - 1/2 diện tích bề mặt. Một mẫu gồm 60 (N) quả được chọn ngẫu nhiên vào ngày đầu tiên và lặp lại cách nhau 5 ngày trong một lần xử lý trong suốt thời gian bảo quản. Phần trăm hư hỏng (T) được tính theo công thức:

$$T(\%) = [(1 \times N1 + 2 \times N2 + 3 \times N3 + 4 \times N4) / (4 \times N)] \times 100$$

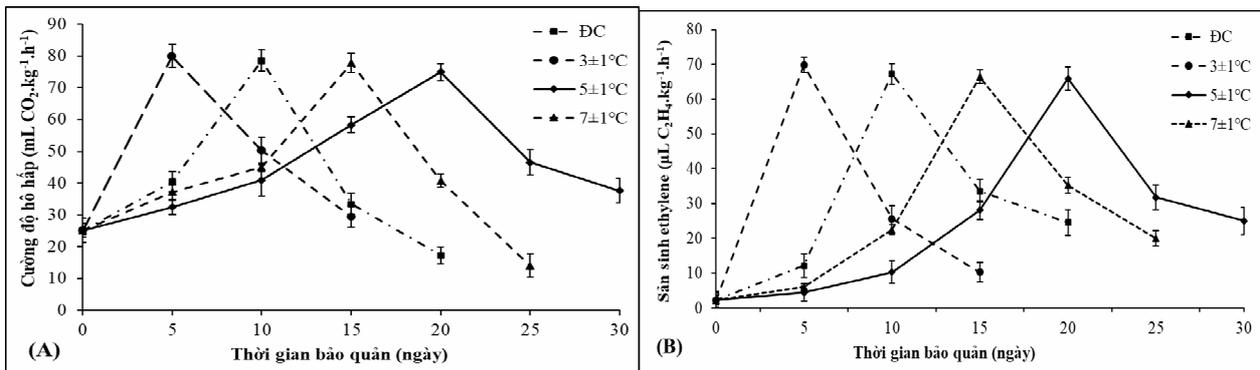
2.4. Xử lý số liệu

Dữ liệu thu thập được cho các chỉ tiêu khác nhau trong suốt thời gian bảo quản được nhập bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 và phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) bằng phần mềm SPSS 20. So sánh giữa các giá trị trung bình được thực hiện bằng cách sử dụng phép thử Duncan's Multiple Range Tets (P ≤ 0,05).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự thay đổi về cường độ hô hấp và cường độ sản sinh ethylene

Quả chanh dây tím là một loại trái cây nhiệt đới, thuộc nhóm quả hô hấp đột biến, với cường độ hô hấp và sản sinh ethylene tăng mạnh trong giai đoạn chín. Nhiệt độ bảo quản đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát các quá trình sinh lý này, ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian bảo quản và chất lượng quả và được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sự thay đổi cường độ hô hấp (A) và ethylene (B) trong thời gian bảo quản

Kết quả cho thấy, cường độ hô hấp của chanh dây tím (Hình 1A) biến động rõ rệt theo nhiệt độ và thời gian bảo quản. Ở điều kiện đối chứng (25 ± 3°C), hô hấp tăng nhanh và đạt đỉnh vào ngày bảo quản thứ 10 (78,85 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) rồi giảm. Xu

hướng này phản ánh đặc trưng của quả hô hấp đột biến trong giai đoạn chín và tương đồng với kết quả nghiên cứu của Kundan và cs (2011) [12]. Mẫu 3 ± 1°C có cường độ hô hấp đạt đỉnh sớm nhất (ngày bảo quản thứ 5), với giá trị cao nhất

(79,86 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹), cho thấy có thể đã xảy ra hiện tượng tổn thương lạnh (chilling injury). Hiện tượng này cũng được báo cáo trong kết quả nghiên cứu của Nunes và cs (2022) [11], khi chanh dây được bảo quản ở nhiệt độ thấp trong thời gian dài gây ra rối loạn sinh lý và tăng mạnh cường độ hô hấp. Ngược lại, các mẫu bảo quản ở 5 ± 1°C và 7 ± 1°C có thời điểm đạt đỉnh hô hấp muộn hơn (sau bảo quản 15 - 20 ngày) và duy trì giá trị hô hấp thấp hơn so với mẫu 3 ± 1°C và ĐC. Điều này cho thấy, khoảng nhiệt 5 - 7°C phù hợp để làm chậm quá trình hô hấp mà không gây tổn thương lạnh. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Shahidah và cs (2021) [22], theo đó bảo quản chanh dây tím ở 10°C kéo dài thời gian bảo quản đến 21 ngày mà vẫn duy trì được chất lượng cảm quan và sinh lý của quả. Kết quả nghiên cứu của Trần Thị Vân và Nguyễn Thị Huệ (2017) [9] cũng ghi nhận, nhiệt độ bảo quản quả chanh dây ở 5°C có tác dụng kìm hãm hô hấp của chanh dây tím.

Sự biến đổi về cường độ sản sinh ethylene (Hình 1B) cho thấy, mẫu đối chứng (25 ± 3°C) có cường độ sản sinh ethylene cao, đạt đỉnh vào ngày bảo quản thứ 10 (67,26 μL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹), phù hợp với sinh lý quả hô hấp đột biến, ethylene nội sinh thúc đẩy mạnh quá trình chín, làm tăng hô hấp và thay đổi đặc điểm cảm quan [23]. Sau khi đạt đỉnh,

ethylene giảm do quá trình lão hóa bắt đầu. Ở mẫu bảo quản 3 ± 1°C, ethylene đạt đỉnh sớm nhất (ngày bảo quản thứ 5), với giá trị cao nhất (69,76 μL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹), có thể do tổn thương lạnh kích hoạt mạnh hệ enzyme tổng hợp ethylene (ACC synthase và ACC oxidase), tương tự với kết quả nghiên cứu của Diaz và cs (2012) [13], khi bảo quản chanh dây tím xảy ra hiện tượng tổn thương lạnh ở 4°C. Trong khi đó, các mẫu bảo quản ở 5 ± 1°C và 7 ± 1°C cho thấy, ethylene được sản sinh chậm hơn, đạt đỉnh muộn (ngày bảo quản thứ 15 - 20) và ở mức thấp hơn so với mẫu 3 ± 1°C và ĐC. Đây là bằng chứng cho thấy, khoảng nhiệt độ 5 - 7°C là thích hợp nhất để làm chậm tiến trình chín tự nhiên mà không gây tổn thương lạnh, nhờ ức chế hoạt động enzyme liên quan đến tổng hợp ethylene. Kết quả của nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Abeles và cs (1992) [24], khi chỉ ra rằng, bảo quản quả nhiệt đới ở nhiệt độ thấp sẽ làm giảm hoạt lực enzyme ACO, từ đó giảm hàm lượng ethylene giúp kéo dài thời gian bảo quản.

3.2. Sự thay đổi màu sắc của vỏ và dịch quả

Sự biến thiên giá trị độ Hue của vỏ và thịt quả chanh dây theo nhiệt độ bảo quản được thể hiện ở bảng 1 và hình 2.

Bảng 1. Thay đổi của màu sắc của vỏ và dịch quả chanh dây tím trong thời gian bảo quản

Ngày Mẫu		0	5	10	15	20	25	30
	Màu vỏ	ĐC	262,70 ^a ± 0,03	281,44 ^{ab} ± 0,07	289,78 ^b ± 0,02	293,93 ^b ± 0,01	301,07 ^b ± 0,02	-
3 ± 1°C		262,70 ^a ± 0,03	291,74 ^c ± 0,09	296,14 ^c ± 0,09	309,06 ^c ± 0,06	-	-	-
5 ± 1°C		262,70 ^a ± 0,03	278,83 ^a ± 0,01	283,52 ^a ± 0,03	287,14 ^a ± 0,01	291,62 ^a ± 0,02	297,32 ^a ± 0,02	302,87 ^a ± 0,02
7 ± 1°C		262,70 ^a ± 0,03	284,51 ^b ± 0,08	287,99 ^b ± 0,02	291,12 ^{ab} ± 0,08	298,64 ^b ± 0,05	301,52 ^b ± 0,03	-
Màu dịch	ĐC	82,02 ^a ± 0,02	80,84 ^b ± 0,04	78,48 ^b ± 0,01	76,09 ^b ± 0,07	75,81 ^a ± 0,09	-	-
	3 ± 1°C	82,02 ^a ± 0,02	76,10 ^a ± 0,02	72,36 ^a ± 0,09	69,45 ^a ± 0,02	-	-	-
	5 ± 1°C	82,02 ^a ± 0,02	82,15 ^b ± 0,03	80,05 ^b ± 0,04	78,56 ^b ± 0,01	77,06 ^a ± 0,06	74,06 ^a ± 0,09	72,04 ^a ± 0,08
	7 ± 1°C	82,02 ^a ± 0,02	81,75 ^b ± 0,09	79,87 ^b ± 0,06	77,05 ^b ± 0,04	76,02 ^a ± 0,02	72,02 ^a ± 0,06	-

Mẫu \ Ngày	0	5	10	15	20	25	30
Đối chứng (ĐC)						-	-
3 ± 1°C					-	-	-
5 ± 1°C							
7 ± 1°C							-

Hình 2. Màu sắc của vỏ và dịch quả chanh dây tím ở nhiệt độ bảo quản khác nhau

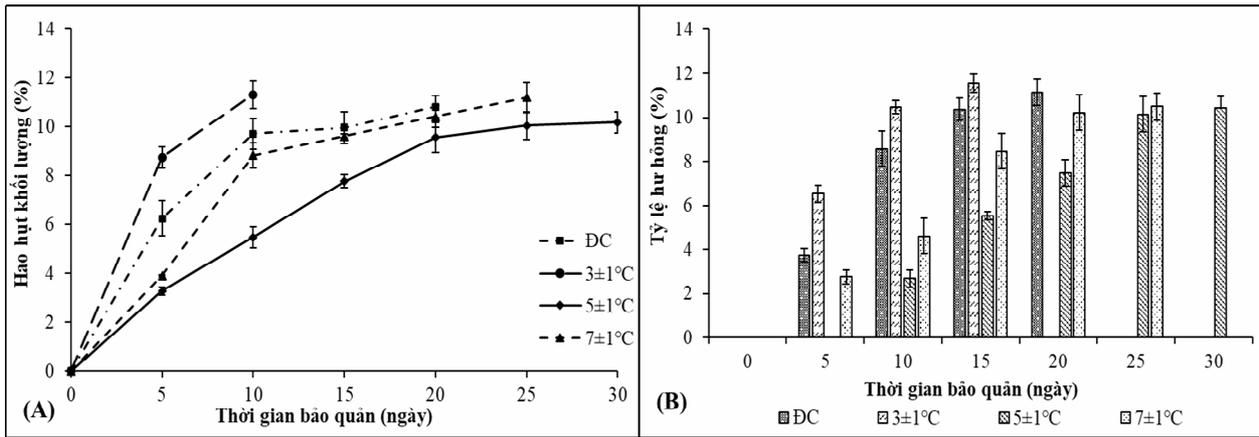
Ghi chú: - Mẫu đã dùng bảo quản.

Bảng 1 cho thấy, cường độ màu vỏ quả chanh dây tím theo thời gian bảo quản có xu hướng tăng dần ở vỏ quả nhưng giảm dần ở dịch quả trong tất cả các mẫu bảo quản. Cường độ màu mẫu đối chứng tăng từ 262,70° ở ngày 0 lên 301,07° ở ngày bảo quản thứ 20 đối với vỏ quả nhưng chỉ số này giảm từ 82,02° xuống 75,81° ở thịt quả trong cùng thời điểm bảo quản. Mẫu bảo quản ở 5 ± 1°C cũng thể hiện xu hướng tương tự, với cường độ màu vỏ tăng từ 262,70° ở ngày 0 lên 302,87° ở ngày bảo quản thứ 30, chỉ số này ở thịt quả là 83,21° và 72,04° ở cùng thời điểm bảo quản. Quan sát trên bánh xe màu cho thấy, giá trị góc màu đo được của vỏ quả nằm trong góc phần tư thứ II của bánh xe và cho thấy quả đã chín. Mẫu 5 ± 1°C duy trì màu xanh của vỏ quả dài hơn mẫu ĐC, do nhiệt độ thấp ức chế enzyme chlorophyllase, làm chậm quá trình phân hủy chlorophyll [1]. Kết quả này hoàn toàn không mâu thuẫn với kết quả nghiên cứu của Alemwati và cs (2014) [25] về sự chín sau thu hoạch của chanh dây tím và phù hợp với kết quả nghiên cứu của Pongener và cs (2014) [1], khẳng

định nhiệt độ thấp hạn chế sự thay đổi màu sắc của vỏ và dịch quả trong quá trình bảo quản.

3.3. Hao hụt khối lượng và tỷ lệ hư hỏng

Trong quá trình bảo quản, các mức nhiệt độ bảo quản khác nhau đều xảy ra hiện tượng hao hụt khối lượng, tỷ lệ hư hỏng và kết quả đánh giá được thể hiện qua đồ thị hình 3. Kết quả cho thấy, hao hụt khối lượng (Hình 3A) và tỷ lệ hư hỏng (Hình 3B) của quả chanh dây tím tăng dần theo thời gian bảo quản, nhưng mức độ phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản. Mẫu ĐC có hao hụt khối lượng ở 10,82% và hư hỏng ở 11,13% sau ngày bảo quản thứ 20, cho thấy điều kiện này không phù hợp cho bảo quản thời gian dài. Mẫu 5 ± 1°C có hao hụt khối lượng là 10,18% và hư hỏng là 10,44% sau 30 ngày bảo quản, chứng minh đây là nhiệt độ bảo quản phù hợp nhất. Ngược lại, mẫu 3 ± 1°C có cả hai chỉ số tăng cao rất nhanh (hao hụt cao sau 10 ngày, hư hỏng 11,56% sau 15 ngày bảo quản) do tổn thương lạnh. Nhiệt độ 7 ± 1°C cho kết quả trung bình, với hao hụt cao hơn mẫu 5 ± 1°C và hư hỏng đạt 10,49% sau 25 ngày bảo quản.



Hình 3. Sự thay đổi tỷ lệ hao hụt khối lượng (A) và tỷ lệ hư hỏng (B)

Các kết quả trên phù hợp với kết quả nghiên cứu của Kundan và cs (2011) [12], Cun và cs (2022) [26], khi cho rằng nhiệt độ thấp (5 - 7 °C) giúp duy trì chất lượng quả, trong khi nhiệt độ quá thấp có thể gây tổn thương lạnh. Kết quả nghiên cứu của Cha và cs (2019) [27] trên quả kiwi cũng khẳng định, hiệu quả của 5°C trong việc giảm hư hỏng. Nghiên cứu này cung cấp bằng chứng rõ ràng về nhiệt độ bảo quản ảnh hưởng đáng kể đến

tỷ lệ hao hụt khối lượng và tỷ lệ hư hỏng. Tóm lại, nhiệt độ bảo quản 5 ± 1°C được xem là nhiệt độ thích hợp nhất để làm chậm các quá trình biến đổi sinh lý, sinh hóa sau thu hoạch mà không gây tổn thương lạnh.

3.4. Sự thay đổi hàm lượng vitamin C

Sự biến thiên hàm lượng vitamin C trên quả chanh dây tím trong quá trình bảo quản được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng vitamin C trong chanh dây tím theo thời gian bảo quản

Mẫu	Ngày	0	5	10	15	20	25	30
Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)	ĐC	49,14 ^a ± 0,02	44,59 ^b ± 0,02	41,65 ^b ± 0,03	32,79 ^b ± 0,02	22,28 ^a ± 0,03	-	-
	3 ± 1°C	49,14 ^a ± 0,02	35,09 ^a ± 0,01	25,51 ^a ± 0,02	19,57 ^a ± 0,01	-	-	-
	5 ± 1°C	49,14 ^a ± 0,02	47,52 ^b ± 0,03	46,35 ^c ± 0,01	44,02 ^c ± 0,03	41,07 ^c ± 0,02	35,31 ^b ± 0,02	21,37 ^a ± 0,03
	7 ± 1°C	49,14 ^a ± 0,02	46,93 ^b ± 0,09	44,59 ^{bc} ± 0,01	41,65 ^c ± 0,01	36,96 ^b ± 0,02	22,20 ^a ± 0,03	-

Ghi chú: - : Mẫu đã dùng bảo quản.

Hàm lượng vitamin C trong quả chanh dây tím giảm dần theo thời gian bảo quản, do quá trình oxy hóa axit ascorbic dưới xúc tác của enzyme ascorbate oxidase [28], cũng như do ảnh hưởng của oxy, ánh sáng và nhiệt độ [29]. Tuy nhiên, mức độ suy giảm khác nhau tùy theo nhiệt độ bảo quản. Mẫu 5 ± 1°C duy trì hàm lượng vitamin C tốt nhất (41,07 mg/100 g sau 20 ngày bảo quản), trong khi đó mẫu 3 ± 1°C giảm rất nhanh (chỉ còn 19,57 mg/100 g sau 15 ngày bảo quản), cho thấy nhiệt độ quá thấp có thể gây tổn thương lạnh, phá vỡ cấu trúc tế bào và thúc đẩy quá trình oxy hóa

vitamin C [1]. So với mẫu đối chứng (25 ± 3°C), việc bảo quản ở 5 ± 1°C giúp duy trì vitamin C cao hơn, phù hợp với kết quả nghiên cứu của Araújo và cs (2017) [30]; Yumbya và cs (2014) [31]; Lê Hà Hải và Nguyễn Sáng (2021) [10]. Như vậy, mẫu bảo quản ở nhiệt độ 5 ± 1°C cho thấy hiệu quả tốt trong việc làm chậm sự biến đổi hàm lượng vitamin C trong quả chanh dây tím.

3.5. Hàm lượng chất rắn hoà tan

Kết quả nghiên cứu về hàm lượng TSS của quả chanh dây tím trong thời gian bảo quản được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Hàm lượng TSS trong chanh dây tím theo thời gian bảo quản

Mẫu	Ngày	0	5	10	15	20	25	30
	Hàm lượng TSS (°Brix)	ĐC	15,12 ^a ± 0,01	16,17 ^a ± 0,03	17,77 ^a ± 0,01	16,03 ^b ± 0,02	14,83 ^a ± 0,03	-
3 ± 1°C		15,12 ^a ± 0,01	17,03 ^a ± 0,02	15,47 ^a ± 0,01	13,63 ^a ± 0,01	-	-	-
5 ± 1°C		15,12 ^a ± 0,01	15,23 ^a ± 0,02	16,07 ^a ± 0,02	16,13 ^b ± 0,01	17,13 ^a ± 0,02	16,27 ^b ± 0,02	14,12 ^a ± 0,01
7 ± 1°C		15,12 ^a ± 0,01	15,91 ^a ± 0,01	16,17 ^a ± 0,02	17,53 ^b ± 0,02	15,20 ^a ± 0,01	14,41 ^a ± 0,01	-

Ghi chú: - Mẫu đã dùng bảo quản.

Nhìn chung, TSS tăng trong giai đoạn đầu bảo quản, sau đó giảm dần, đặc biệt rõ ở các mẫu ĐC và 3 ± 1°C. Sự gia tăng TSS ban đầu có thể do quá trình hô hấp và phân giải tinh bột thành đường đơn, làm tăng lượng chất hòa tan trong dịch quả [29]. Tuy nhiên, sau đó TSS bắt đầu giảm, phản ánh quá trình sử dụng đường làm cơ chất cho hô hấp, cũng như quá trình phân hủy mô tế bào khi quả bắt đầu chín quá và suy giảm chất lượng [32]. Trong số các nhiệt độ khảo sát, mẫu 5 ± 1°C cho thấy hiệu quả duy trì TSS tốt nhất, với giá trị cao nhất là 17,13°Brix tại ngày bảo quản thứ 20, phản ánh sự ức chế hoạt động của enzyme và vi sinh vật trong điều kiện lạnh vừa phải. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Trần Thị Vân và Nguyễn Thị Huệ (2017) [9], Akath và cs (2007) [33], khi bảo quản chanh dây tím ở 5°C giúp kéo dài thời gian bảo quản và duy trì một số chỉ tiêu chất lượng của chanh dây tốt hơn so với các mức nhiệt độ thấp hơn hoặc cao hơn.

4. KẾT LUẬN

Chanh dây tím bảo quản ở nhiệt độ 3 ± 1°C đã xuất hiện tổn thương lạnh vào ngày bảo quản thứ 5. Đã xác định được 5 ± 1°C là nhiệt độ thích hợp nhất với mục đích kìm hãm sự biến đổi về sinh lý, sinh hóa, đồng thời kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch quả chanh dây tím. Ở điều kiện này, quả có thể được bảo quản lên đến 20 ngày mà vẫn giữ được chất lượng thương phẩm tốt. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học quan trọng cho việc lựa chọn nhiệt độ bảo quản phù hợp trong quy trình

sau thu hoạch chanh dây tím phục vụ tiêu thụ trong nước và xuất khẩu.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua Đề tài nghiên cứu Khoa học và Công nghệ cấp Bộ năm 2025 với mã số B2025-DHH-11 và HTX Nông nghiệp Cây ăn trái Tây Nguyên, tỉnh Gia Lai. Trần Thị Kim Nhi nhận học bổng đào tạo Tiến sĩ của VINIF với mã số VINIF.2025.TS00217.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Pongener, A., Sagar, V., Pal, R. K., Asrey, R., Sharma, R. R. & Singh, S. K. (2014). Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Fruits*, 69(1), 19 - 30.
- Hoà Bình (2023). Gia Lai liên kết để phát triển cây chanh dây bền vững. <https://baodantoc.vn/gia-lai-lien-ket-de-phat-trien-cay-chanh-day-ben-vung-1694070977132.htm>. Ngày truy cập 17/3/2023.
- Abreu, S. P. M., Peixoto, J. R., Junqueira, N. T. V. & Sousa, M. A. F. (2009). Características físico-químicas de cinco genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(2), 487 - 491.
- Aharoni, N., Rodov, V., Fallik, E., Afek, U., Chalupowicz, D., Aharon, Z., Maurer, D. and

- Orenstein, J. (2007). Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae*, 8(804): 74 - 103.
5. Lufu, R., Ambaw, A. & Opara, U. L. (2021). The influence of internal packaging (*Liners*) on moisture dynamics and physical and physiological quality of pomegranate fruit during cold storage. *Foods*, 10(6), 1 - 25.
6. Siddiqui, M. W. (2015). Postharvest biology and technology of horticultural crops: Principles and practices for quality maintenance (1st ed.). Boca Raton: CRC Press.
7. Wei, S., Mei, J. & Xie, J. (2021). Effects of edible coating and modified atmosphere technology on the physiology and quality of mangoes after low-temperature transportation at 13°C in vibration mitigation packaging. *Plants (Basel)*, 10(11), 1 - 15.
8. Singh, V., Hedayetullah, M., Zaman, P. & Meher, J. (2014). Postharvest technology of fruits and vegetables: An overview. *Journal of Postharvest Technology*, 2(2), 124 - 135.
9. Trần Thị Vân và Nguyễn Thị Huệ (2017). Ảnh hưởng của nhiệt độ và màng bao gói đến thời gian bảo quản của quả chanh dây (*Passiflora edulis* Sims.). *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 15(10), 1382 - 1389.
10. Lê Hà Hải và Nguyễn Sáng (2021). Ảnh hưởng của xử lý axit propionic kết hợp với bao màng sáp sau thu hoạch đến chất lượng quả chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims.). *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(6), 819 - 828.
11. Nunes, V. X., Rosado, L. D., Ribeiro, F. C., Finger, F. L., Santos, C. M. (2022). Effect of cold storage on shelf life of sour passion fruit progenies. *Food Science and Technology*, Campinas 42, e65521.
12. Kundan Kishore; K. A. Pathak; Rohit Shukla; Rinku Bharali (2011). Effect of storage temperature on physico-chemical and sensory attributes of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 484 - 488.
13. Diaz, R. O., Moreno, L., Pinilla, R., Carrillo, W., Melgarejo, L. M., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J. P. and Hernández, M. S. (2012). Postharvest behavior of purple passion fruit in xtend® bags during low temperature storage. *Acta Horticulture*, 934, 727 - 731.
14. Zhang, Rong, Lan, Wenting, Ding, Jie, Ahmed, Saeed, Qin, Wen, He, Li, Liu, Yaowen (2019). Effect of PLA/PBAT antibacterial film on storage quality of passion fruit during the shelf-life. *Molecules*, 24(18), 1 - 18.
15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
16. Buthelezi, N. M. D. & Mafeo, T. P. (2024). Effect of perforated low-density polyethylene films on postharvest quality of avocado fruit. *Heliyon*, 10(5), e27656
17. Nguyen, L. L. P., Pham, T. T., Syium, Z. H., Zsom-Muha, V., Baranyai, L., Zsom, T., Hitka, G. (2022). Delay of 1-MCP treatment on postharvest quality of 'Bosc Kobak' pear. *Horticulturae*, 8, 2 - 11.
18. Chen, Y., Ge, Y., Zhao, J., Wei, M., Li, C., Hou, J., Cheng, Y., Chen, J. (2019). Postharvest sodium nitroprusside treatment maintains storage quality of apple fruit by regulating sucrose metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 154, 115 - 120.
19. Cai, S., Zhang, Z., Wang, J., Fu, Y., Zhang, Z., Khan, M. R. & Cong, X. (2024). Effect of exogenous melatonin on postharvest storage quality of passion fruit through antioxidant metabolism. *Food Science and Technology*, 194, 1 - 9.
20. Ambuko, J., Yumbya, M. P., Shibairo, S. & Owino, W. O. (2014). Efficacy of 1-methylcyclopropene in purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) as affected by dosage and

- maturity stage. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 4, 126 - 137.
21. Adhikary, T., Gill, P. P. S., Jawandha, S. K., Bhardwaj, R. D. and Anurag, R. K. (2021). Efficacy of postharvest sodium nitroprusside application to extend storability by regulating physico-chemical quality of pear fruit. *Food Chemistry*, (346), 128934.
22. Shahidah, M. N., Siti, N. F. M. H., Ding, P. (2021). Effects of temperature and storage duration on keeping quality of Malaysian grown passion fruit (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) *Acta Horticulturae*, 1327, 557 - 561.
23. Kader, A. A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops an overview from farm to fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 1, 1 - 8.
24. Abeles, F. B., Morgan, P. W. & Saltveit, M. E., Jr. (1992). Ethylene in plant biology. Academic Press, 1 - 13.
25. Alemwati, P., Vidyaram, S., Ram, K., Ram, A., Ram, S., Sanjay, K. (2014). Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Fruits*, (69), 19 - 30.
26. Cun, D. Z., Du, Y. X., Li, D. P., Li, J., Dong, J. M., Li, J. X., Duan, M. X., Zhu, C. H., Gao, J. Y. & Zhou, X. Y. (2022). Storage temperature of mature passion fruit: Effect on storage quality. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 38(24), 38 - 44.
27. Cha, G. H., Kumarihami, H. M. P. C., Kim, H. L., Kwack, Y. B. & Kim, J. G. (2019). Storage temperature influences fruit ripening and changes in organic acids of kiwifruit treated with exogenous ethylene. *Horticultural Science and Technology*, 37(5), 618 - 629.
28. Appiah F., Kumah P. P. and Idun I. (2011). Effect of ripening stage on composition, sensory qualities and acceptability of Keitt mango (*Mangifera indica* L.) chips. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11, 5 - 10.
29. Maniwara, P., Boonyakiat D., Poonlarp P. B., Natwichai J. & Nakano K. (2015). Changes of postharvest quality in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) under modified atmosphere packaging conditions. *International Food Research Journal*, 22, 1596 - 1606.
30. Araújo, L. S., Costa, E. M. R., Soares, T. L., Santos, I. S. & Jesus, O. N. (2017). Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. *Food Science and Technology*, 37(3), 500 - 506.
31. Yumbya, P., Ambuko, J., Shibairo, S. & Owino, W. O. (2014). Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life and postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Journal of Postharvest Technology*, 2(1), 25 - 36.
32. Dutra, J. B. B., Luiz, E. B. L., Leonardo, F. C., André, F. (2018). Use of hot water, combination of hot water and phosphite and 1-MCP as postharvest treatments for passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) reduces anthracnose and does not alter fruit quality. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 59, 847 - 856.
33. Akath Singh, Yadav DS, Patel RK, Mousumi Bhuyan (2007). Effect on shelf-life and quality of passion fruit with polyethylene packaging under specific temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 44(2), 201 - 204.

STUDY ON THE EFFECTS OF LOW TEMPERATURE ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES OF PURPLE PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* Sims.) DURING POSTHARVEST STORAGE

**Tran Thi Kim Nhi¹, Nguyen Duc Chung¹, Nguyen Thi Diem Huong¹,
Tong Thi Quynh Anh¹, Nguyen Thi Van Anh¹, Nguyen Huynh Phu Lam², Nguyen Van Toan¹**

¹University of Agriculture and Forestry, Hue University

²Agricultural Cooperatives of High Principles

Abstract

The study aimed to investigate the physiological and biochemical transformations occurring in purple passion fruit during low-temperature storage. The freshly harvested fruits were stored at temperatures of $3 \pm 1^\circ\text{C}$, $5 \pm 1^\circ\text{C}$, $7 \pm 1^\circ\text{C}$, with a relative humidity of $85 \pm 5\%$. Samples stored in these conditions were compared with fruits in a control group ($25 \pm 3^\circ\text{C}$) over storage durations of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 days. To gauge the quality of the fruits, the evaluation parameters included respiration rate, ethylene production rate, total soluble solids (TSS), vitamin C content, weight loss, decay rate and changes in peel and juice color throughout the storage periods were estimated. The results demonstrated that storing purple passion fruit at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ effectively delayed ripening and minimized quality degradation, reducing color changes, weight loss and decay rate. In contrast, storage at $3 \pm 1^\circ\text{C}$ led to rapid declines in these indices, resulting in chilling injury. The optimal storage conditions were found to be at $5 \pm 1^\circ\text{C}$, accompanied by $85 \pm 5\%$ relative humidity for 20 days. With $85 \pm 5\%$ relative humidity for 20 days. Under these conditions, the fruit exhibited a respiration rate of $74.92 \text{ mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, an ethylene production rate of $65.86 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a vitamin C content of $41.07 \text{ mg}/100 \text{ g}$, total soluble solids of 17.13°Brix , a weight loss of 9.56% and a decay rate of 7.48% .

Keywords: *Purple passion fruit, quality changes, storage temperature, chilling injury, postharvest.*

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 8/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 29/7/2025

Ngày duyệt đăng: 6/8/2025

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG HỖN HỢP DỊCH CHIẾT GIÀU ASTAXANTHIN TRONG DUNG MÔI EUTECTIC SÂU KẾT HỢP CHITOSAN TRONG QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN QUẢ CHUỐI GIÀ (*Musa paradisiaca* L.)

Trần Chí Hải¹, Đặng Thị Hiền Diệu¹,
Phan Văn Mẫn^{2*}, Nguyễn Thanh Sang³

¹Trường Đại học Công Thương thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Cao đẳng Kỹ thuật Công nghệ Bà Rịa - Vũng Tàu

³Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn

*Email: pvman.dbv@moet.edu.vn

TÓM TẮT

Chuối là một loại trái cây dễ chín và dễ hỏng sau thu hoạch, gây ra nhiều khó khăn trong việc bảo quản và phân phối. Nghiên cứu này đã phát triển một lớp phủ sinh học từ chitosan kết hợp với dung môi eutectic sâu (DES) giàu astaxanthin – một chất chống oxy hóa mạnh mẽ, nhằm kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng của chuối tươi. Lớp phủ được áp dụng bằng phương pháp nhúng và để khô, tạo thành một lớp màng mỏng bao phủ trực tiếp bề mặt vỏ chuối. Trong suốt 15 ngày bảo quản, các chỉ tiêu chất lượng như: Màu sắc vỏ (L^* , a^* , b^*), độ hao hụt khối lượng, hàm lượng đường khử, axit hữu cơ và chất rắn hòa tan được phân tích và đánh giá. Kết quả cho thấy, lớp phủ chitosan - DES ở tỷ lệ 4: 1 mang lại hiệu quả tốt nhất trong việc làm chậm quá trình chín tự nhiên của chuối, giúp duy trì màu sắc tươi sáng, hạn chế mất nước và bảo vệ các thành phần hóa học quan trọng. Loại màng phủ này không chỉ thân thiện với môi trường mà còn tiềm năng trở thành một giải pháp đơn giản và hiệu quả cao cho việc bảo quản chuối cũng như các loại trái cây nhiệt đới sau thu hoạch.

Từ khóa: Bảo quản chuối, chitosan, dung môi eutectic sâu, astaxanthin, lớp phủ sinh học, chất lượng sau thu hoạch.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuối (*Musa* spp.) là một trong những loại cây ăn quả nhiệt đới quan trọng nhất trên thế giới, với sản lượng toàn cầu đạt khoảng 179 triệu tấn trong năm 2022 [1]. Ấn Độ, Trung Quốc, Indonesia, Brazil và Philippines là các quốc gia sản xuất hàng đầu, trong khi Ecuador và Philippines là hai nước xuất khẩu chuối lớn nhất, chủ yếu là giống Cavendish – loại chuối được ưa chuộng nhất trên thị trường quốc tế [1, 2].

Tại Việt Nam, chuối được canh tác trên diện tích khoảng 162.000 ha, cho sản lượng gần 3 triệu tấn vào năm 2024 [3]. Trong các giống chuối phổ biến, chuối tiêu (còn gọi là chuối già (*Musa paradisiaca* L.), thuộc nhóm giống AAA) chiếm tỷ trọng lớn do khả năng thích nghi tốt, năng suất ổn

định và giá trị thương phẩm cao [2]. Chuối tiêu được trồng tập trung tại các tỉnh như: Đồng Nai, Sơn La, Long An và Hưng Yên. Dù sản lượng chuối ở Việt Nam khá lớn, nhưng chỉ khoảng 15 - 20% được xuất khẩu, chủ yếu sang các thị trường: Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản và châu Âu, trong đó Trung Quốc là thị trường chủ lực [3, 4].

Tuy nhiên, việc mở rộng thị phần chuối Việt Nam trên thị trường quốc tế hiện vẫn gặp nhiều rào cản. Các thách thức bao gồm: Tồn dư thuốc bảo vệ thực vật, tổn thất sau thu hoạch cao, mô hình sản xuất nhỏ lẻ và thời gian bảo quản ngắn [3, 4]. Các phương pháp truyền thống như bảo quản lạnh hoặc xử lý hóa học tuy có hiệu quả nhất định nhưng không còn phù hợp với xu hướng tiêu dùng hiện đại, vốn đề cao tiêu chí an toàn thực phẩm và thân thiện với môi trường. Trong bối cảnh

đó, các công nghệ bảo quản sinh học, đặc biệt là ứng dụng màng phủ sinh học từ polysaccharide như chitosan, gelatin, kết hợp với các hoạt chất có nguồn gốc tự nhiên đang được nghiên cứu như một giải pháp tiềm năng, bền vững và phù hợp với yêu cầu thị trường [5, 6].

Trong số các vật liệu sinh học, chitosan - một polysaccharide thu được từ vỏ giáp xác, là vật liệu nổi bật nhờ khả năng kháng khuẩn, tạo màng, tính phân hủy sinh học cao và tương thích sinh học [5 - 7]. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, màng chitosan có thể làm chậm quá trình oxy hóa, ức chế vi sinh vật và kéo dài thời gian bảo quản cho các loại trái cây nhiệt đới như chuối, ổi, vải [5 - 9]. Tuy nhiên, nhược điểm chính của chitosan nguyên chất là tính giòn, dễ nứt, thiếu đàn hồi, ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng thực tế [10, 11].

Để khắc phục nhược điểm này, các dung môi sinh học như deep eutectic solvents (DES) đã được sử dụng như chất hóa dẻo thay thế an toàn cho các dung môi hữu cơ truyền thống [10 - 12]. Nhiều nghiên cứu cho thấy, việc bổ sung DES vào màng chitosan giúp tăng độ bền kéo, độ giãn dài, cải thiện tính đàn hồi cũng như hỗ trợ tải, giải phóng hoạt chất sinh học như polyphenol, genipin, proanthocyanidin [12, 13, 15, 16]. Nhờ đó, màng chitosan chứa DES có khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn và ổn định cơ học vượt trội hơn so với chitosan nguyên chất.

Một hoạt chất sinh học có tiềm năng cao để bổ sung vào màng chitosan là astaxanthin - một carotenoid tự nhiên với hoạt tính sinh học mạnh mẽ, nổi bật nhất là khả năng chống oxy hóa mạnh mẽ, vượt trội hơn cả β -caroten và vitamin E [17, 18]. Astaxanthin còn được chứng minh có khả năng kháng khuẩn, kháng viêm và bảo vệ tế bào khỏi stress oxy hóa [18]. Gần đây, astaxanthin đã được tích hợp thành công vào một số hệ màng sinh học như pullulan/gellan gum, gelatin và các hệ polysaccharide phức hợp, góp phần tăng cường hoạt tính kháng oxy hóa và cải thiện tính chất cơ lý của màng [12, 13, 19]. Tuy nhiên, ứng dụng của các hệ màng này trong bảo quản trái cây tươi vẫn còn hạn chế. Nghiên cứu của Yao và cs (2025) [19] đã phát triển màng pullulan/gellan gum chứa nano astaxanthin và ứng dụng thành công trong bảo

quản dâu tây, giúp giảm mất nước, hạn chế oxy hóa lipid, duy trì màu sắc và kéo dài thời gian bảo quản từ 12 - 18 ngày. Dù vậy, cho đến nay, chưa có nghiên cứu nào tích hợp astaxanthin vào hệ màng chitosan chứa DES để ứng dụng trong bảo quản trái cây tươi, đặc biệt là chuối già (*Musa paradisiaca* L.). Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu phát triển một hệ màng chitosan chứa DES và astaxanthin ở các tỷ lệ phối trộn khác nhau và đánh giá hiệu quả bảo quản chuối trong điều kiện lưu trữ lạnh. Các chỉ tiêu chất lượng như: Màu sắc vỏ quả, tổn thất khối lượng, hàm lượng đường tổng và axit hữu cơ sẽ được theo dõi để đánh giá tính khả thi và tiềm năng ứng dụng thực tiễn của hệ màng sinh học này trong bảo quản trái cây tươi sau thu hoạch.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu chuối

Chuối già (*Musa paradisiaca* L.) được thu nhận từ nông trường trồng chuối xuất khẩu huyện Châu Đức, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Các buồng chuối được cắt vào ngày thứ 70 sau khi nở hoa từ các cây chuối 6 tháng tuổi. Những quả chuối có màu xanh, kích thước đồng đều (dài 18 - 23 cm, đường kính và chu vi lần lượt là 1,5 - 2 cm và 5 - 7 cm), không bị hư hỏng và nhiễm bệnh đã được sử dụng cho nghiên cứu này.

2.2. Chuẩn bị dung dịch nhúng chuối

Dung dịch chitosan 1% được chuẩn bị bằng cách hòa tan 10 g chitosan (mức độ deactyl hóa lớn hơn 90%, Trung Quốc) vào 1 lít dung dịch axit acetic 1%. Hỗn hợp được khuấy trộn trong 24 giờ đến khi hòa tan hoàn toàn và bảo quản ở ngăn mát tủ lạnh ít nhất 8 giờ trước khi được sử dụng để loại bỏ các bọt khí.

Hỗn hợp dịch chiết astaxanthin trong dung môi eutectic sâu gồm cholin chloride: Axit lactic (tỷ lệ mol 1: 2) được thu nhận theo quy trình chiết của Tran Chi Hai và cs (2025) [17], có hàm lượng astaxanthin đạt xấp xỉ $5 \pm 0,2$ mg/L. Các dung dịch nhúng có chứa astaxanthin được chuẩn bị bằng cách phối chế dung dịch chitosan 1% và dịch chiết astaxanthin trong dung môi eutectic sâu với các tỷ lệ lần lượt là 4: 1; 5: 1 và 6: 1.

2.3. Quy trình nhúng chuối

Các quả chuối được nhúng ngập vào các dung dịch nhúng (dung dịch chitosan 1%, dung dịch chitosan: Dịch chiết astaxanthin các tỉ lệ (4: 1; 5: 1; 6: 1) trong 1 phút trước khi được để ráo ở nhiệt độ phòng trong 30 phút [20]. Mẫu được bảo quản ở nhiệt độ $26 \pm 2^\circ\text{C}$ trong 15 ngày, định kỳ 3 ngày một lần tiến hành lấy mẫu để đánh giá chất lượng. Mẫu đối chứng là mẫu không được nhúng dung dịch phủ màng.

2.4. Đánh giá chất lượng của chuối

2.4.1. Đánh giá các chỉ tiêu vật lý

- Độ hao hụt khối lượng

Độ hao hụt khối lượng của chuối được xác định là phần trăm khối lượng hụt đi giữa ngày bảo quản thứ t và ngày bảo quản 0 (là khối lượng của chuối ở ngày bảo quản ban đầu) [20] và được mô tả theo công thức sau:

$$\text{Độ hao hụt khối lượng (\%)} = \frac{\text{Khối lượng}_{\text{ngày } 0} - \text{Khối lượng}_{\text{ngày bảo quản thứ } t}}{\text{Khối lượng}_{\text{ngày } 0}} \times 100$$

- Màu sắc vỏ quả chuối

Màu sắc vỏ quả chuối già trong quá trình bảo quản được xác định dựa trên 3 chỉ số L^* , a^* , b^* theo hệ màu CIELAB. Mỗi quả được đo tại 3 vị trí (đầu, giữa, cuối), sau đó lấy trung bình. Phép đo được thực hiện bằng máy so màu CR-400 (Minolta, Nhật Bản) [20]. Trong đó: L^* là biểu thị độ sáng (0 – 100); a^* là biểu thị sắc thái từ xanh lá (giá trị âm) đến đỏ (giá trị dương); b^* là biểu thị sắc thái từ xanh lam (âm) đến vàng (dương). Sự biến đổi các chỉ số này phản ánh quá trình chín và thay đổi chất lượng vỏ quả trong suốt thời gian bảo quản.

2.4.2. Đánh giá các chỉ tiêu hóa học

- Tổng hàm lượng chất rắn hòa tan và độ axit

10 g hỗn hợp thịt chuối được đồng nhất và xay với 40 mL nước cất bằng máy xay sinh tố. Hỗn hợp sau đó được ly tâm 5.500 rpm trong 5 phút và thu lấy phần dịch trong. Dịch trong được xác định hàm lượng chất rắn hòa tan bằng khúc xạ kế (độ Brix) [16, 21]. Trong khi đó, độ axit được xác định bằng phương pháp chuẩn độ điện thế. 5 mL dịch trong được bổ sung bằng 2 - 3 giọt chỉ thị phenolphthalein 0,1% và chuẩn độ bằng axit NaOH

0,1 N đến khi pH đạt 8,1 thì ghi nhận thể tích [9]. Kết quả được thể hiện là % axit malic trên 100 g khối lượng tươi.

- Hàm lượng đường khử

Hàm lượng đường khử được xác định bằng phương pháp quang phổ so màu với thuốc thử DNS (3,5-dinitrosalicylic axit) [22]. Dịch chuối trong thu được chuẩn bị tương tự phương pháp xác định hàm lượng tổng chất rắn hòa tan. Sau đó, phần dịch chiết này được phản ứng với thuốc thử DNS và xác định hàm lượng đường khử với chất chuẩn là glucose.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng phép kiểm định Duncan ở mức ý nghĩa 5%.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến đổi chỉ tiêu vật lý của chuối trong quá trình bảo quản

Trong suốt 15 ngày bảo quản, các chỉ tiêu vật lý như màu sắc vỏ quả (L^* , a^* , b^*) và tỷ lệ tổn thất khối lượng (%) của chuối *Musa paradisiaca* L. có sự biến đổi rõ rệt, phản ánh tiến trình chín sinh lý tự nhiên cũng như mức độ ảnh hưởng của lớp phủ sinh học đến chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản. Những biến đổi này chủ yếu bắt nguồn từ quá trình phân hủy chlorophyll dưới tác động của các enzyme như: Chlorophyllase, Mg-dechelataze và pheophytinase; đồng thời đi kèm với sự tích lũy carotenoid và hiện tượng mất nước qua bề mặt vỏ [21, 23]. Đây là những yếu tố then chốt chi phối chất lượng cảm quan và mức độ hao hụt sau thu hoạch của trái cây tươi.

Chỉ số L^* (độ sáng) có xu hướng tăng ở tất cả các mẫu trong suốt quá trình bảo quản, cho thấy sự chuyển màu của vỏ chuối từ xanh sang vàng nhạt – đặc trưng của quá trình chín do sự suy giảm hàm lượng chlorophyll (Hình 1 và bảng 1). Đối với mẫu đối chứng, chỉ số L^* tăng mạnh từ 51,43 lên 63,81, cho thấy chuối chín nhanh khi không có lớp bảo vệ. Trong khi đó, với lớp phủ chitosan, chỉ số L^* chỉ tăng lên 60,84, cho thấy màng chitosan đã

làm chậm quá trình chín này. Đặc biệt, các mẫu chuối được xử lý bằng dung dịch chitosan – DES chứa astaxanthin cho thấy hiệu quả kiểm soát màu sắc vượt trội. Mẫu CS – DES với tỷ lệ 4: 1 có mức tăng L^* thấp nhất, từ 51,43 lên 58,85 (tăng 7,42 đơn vị), chứng tỏ khả năng ức chế phân hủy chlorophyll và duy trì màu xanh tốt hơn so với các tỷ lệ khác (5: 1: +8,19; 6: 1: +8,96). Kết quả này cho thấy, lớp phủ CS – DES tỷ lệ 4: 1 tạo ra một hàng rào bán thấm hiệu quả trên bề mặt vỏ, làm giảm sự xâm nhập của oxy, từ đó làm chậm quá trình oxy hóa và ức chế hoạt động của các enzyme gây biến màu. Kết quả tương tự cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Roidoung và cs (2025) [6] khi áp dụng lớp phủ sinh học trong bảo quản chuối Cavendish.

Tương tự, chỉ số a^* – biểu thị sự chuyển từ xanh (giá trị âm) sang đỏ (giá trị dương) cũng tăng ở tất cả các mẫu chuối già ($p < 0,05$). Mẫu đối chứng tăng nhanh nhất từ -20,26 lên -11,57 (+8,69), trong khi mẫu chitosan và CS – DES 4: 1 chỉ tăng lần lượt +5,39 và +5,18, cho thấy hiệu quả giữ màu xanh và làm chậm quá trình chín. Chỉ số b^* – phản ánh mức độ vàng hóa cũng tăng mạnh ở mẫu đối chứng (+11,19 đơn vị), trong khi mẫu CS – DES 4: 1 chỉ tăng +5,48 đơn vị. Kết quả này tương tự với kết quả của các nghiên cứu khác, cho thấy màng sinh học có khả năng điều hòa trao đổi khí, ức chế sự hoạt động của enzyme chlorophyllase và làm chậm quá trình hô hấp – các yếu tố liên quan trực tiếp đến duy trì màu sắc vỏ quả [6, 7, 21].

Ngoài màu sắc, tổn thất khối lượng là một chỉ tiêu vật lý quan trọng phản ánh mức độ thoát ẩm trong quá trình bảo quản. Chuối có vỏ mỏng và hoạt tính sinh lý cao, do đó rất dễ mất nước và chín nhanh nếu không có lớp bảo vệ. Kết quả ở hình 2A

đã chứng minh điều này: Mẫu đối chứng mất đến 12,38% khối lượng sau 15 ngày bảo quản, trong khi mẫu được phủ lớp chitosan chỉ mất 9,24%. Đặc biệt, các mẫu sử dụng màng chitosan – DES chứa astaxanthin cho thấy, hiệu quả bảo quản vượt trội hơn, với tổn thất khối lượng chỉ dao động từ 8,72 - 8,93%, trong đó mẫu CS – DES tỷ lệ 4: 1 có tổn thất khối lượng thấp nhất (8,72%, $p < 0,05$). Hiện tượng này có thể giải thích, bởi cấu trúc màng bán thấm hình thành nhờ các liên kết hydro giữa nhóm amin và hydroxyl của chitosan với các nhóm chức phân cực trong DES. Những liên kết này tạo thành một rào cản vật lý, làm chậm quá trình khuếch tán hơi nước. Đồng thời, tính kỵ nước của astaxanthin giúp tăng cường sự ổn định của màng trong môi trường có độ ẩm thay đổi [13 - 15]. Astaxanthin, với cấu trúc phân tử chứa nhóm hydroxyl (-OH) và ketone (C=O), dễ dàng tương tác với chitosan và DES thông qua liên kết hydro, nhờ đó cải thiện độ bền và tính đồng nhất của màng bảo vệ [11, 24, 25].

Bên cạnh vai trò cấu trúc, astaxanthin còn là một chất chống oxy hóa mạnh, có khả năng ức chế quá trình oxy hóa lipid và hoạt động của các enzyme, giúp bảo vệ cấu trúc mô vỏ quả, làm chậm quá trình chín và gián tiếp giảm thoát nước do hô hấp và bốc hơi [11, 25]. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Yao và cs (2025) [19]; Trần Chí Hải và cs (2025) [24], đã chứng minh rằng, lớp màng chitosan kết hợp astaxanthin có thể cải thiện các đặc tính rào cản, tăng độ bền cơ học và kéo dài thời gian bảo quản, đặc biệt là trong bảo quản dâu tây. Điều này cho thấy, tiềm năng ứng dụng của hệ màng chitosan – DES – astaxanthin trong bảo quản các loại trái cây tươi nhạy cảm với mất nước như chuối.

Bảng 1. Thay đổi màu sắc vỏ chuối già (L^* , a^* , b^*) trong quá trình bảo quản 15 ngày với các loại màng phủ khác nhau

Thời gian bảo quản (ngày)	Loại màng	L^*	a^*	b^*
0	Đối chứng	51,43 ^f ± 1,29	-20,26 ^a ± 0,41	37,79 ^c ± 1,02
	Chitosan	51,43 ^f ± 1,29	-20,26 ^a ± 0,41	37,79 ^c ± 1,02
	CS – DES 4: 1	51,43 ^f ± 1,29	-20,26 ^a ± 0,41	37,79 ^c ± 1,02

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ

	CS – DES 5: 1	51,43 ^f ± 1,29	-20,26 ^a ± 0,41	37,79 ^c ± 1,02
	CS – DES 6: 1	51,43 ^f ± 1,29	-20,26 ^a ± 0,41	37,79 ^c ± 1,02
3	Đối chứng	54,56 ^e ± 1,36	-18,62 ^b ± 0,37	40,45 ^d ± 1,09
	Chitosan	53,37 ^c ± 1,33	-19,03 ^{ab} ± 0,38	40,11 ^d ± 1,08
	CS – DES 4: 1	52,76 ^c ± 1,32	-19,49 ^{ab} ± 0,39	38,87 ^{de} ± 1,05
	CS – DES 5: 1	52,94 ^c ± 1,32	-19,37 ^{ab} ± 0,39	39,16 ^d ± 1,06
	CS – DES 6: 1	53,11 ^c ± 1,33	-19,25 ^{ab} ± 0,39	39,45 ^d ± 1,07
6	Đối chứng	56,56 ^d ± 1,41	-16,69 ^c ± 0,33	42,82 ^c ± 1,16
	Chitosan	54,78 ^e ± 1,37	-16,97 ^c ± 0,34	42,67 ^c ± 1,15
	CS – DES 4: 1	53,81 ^c ± 1,35	-17,68 ^c ± 0,35	40,96 ^d ± 1,11
	CS – DES 5: 1	53,91 ^c ± 1,35	-17,51 ^c ± 0,35	41,31 ^{cd} ± 1,12
	CS – DES 6: 1	54,02 ^c ± 1,35	-17,34 ^c ± 0,35	41,65 ^{cd} ± 1,12
9	Đối chứng	58,79 ^c ± 1,47	-15,17 ^c ± 0,3	43,09 ^c ± 1,16
	Chitosan	57,37 ^{cd} ± 1,43	-16,01 ^c ± 0,32	43,06 ^c ± 1,16
	CS – DES 4: 1	57,08 ^{cd} ± 1,43	-16,36 ^c ± 0,33	41,89 ^{cd} ± 1,13
	CS – DES 5: 1	57,1 ^{cd} ± 1,43	-16,24 ^c ± 0,32	42,16 ^c ± 1,14
	CS – DES 6: 1	57,12 ^{cd} ± 1,43	-16,12 ^c ± 0,32	42,43 ^c ± 1,15
12	Đối chứng	61,23 ^{ab} ± 1,53	-13,62 ^d ± 0,27	45,45 ^b ± 1,23
	Chitosan	59,62 ^b ± 1,49	-15,73 ^c ± 0,31	43,49 ^c ± 1,17
	CS – DES 4: 1	58,48 ^c ± 1,46	-15,86 ^c ± 0,32	42,67 ^c ± 1,15
	CS – DES 5: 1	58,83 ^c ± 1,47	-15,77 ^c ± 0,32	42,76 ^c ± 1,15
	CS – DES 6: 1	59,17 ^b ± 1,48	-15,69 ^c ± 0,31	42,84 ^c ± 1,16
15	Đối chứng	63,81 ^a ± 1,6	-11,57 ^e ± 0,23	48,98 ^a ± 1,32
	Chitosan	60,84 ^b ± 1,52	-14,87 ^d ± 0,3	43,69 ^c ± 1,18
	CS – DES 4: 1	58,85 ^c ± 1,47	-15,08 ^c ± 0,3	43,27 ^c ± 1,17
	CS – DES 5: 1	59,62 ^b ± 1,49	-15,02 ^c ± 0,3	43,40 ^c ± 1,17
	CS – DES 6: 1	60,39 ^b ± 1,51	-14,97 ^d ± 0,3	43,52 ^c ± 1,18

Ghi chú: Trong mỗi cột, các chữ cái thường khác nhau đi kèm với các giá trị cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$.



Hình 1. Biến đổi màu sắc vỏ chuối già khi bảo quản: (A) không dùng màng, (B) nhúng trong dung dịch chitosan, (C - E) nhúng trong dung dịch chitosan kết hợp với DES chứa astaxanthin ở các tỷ lệ khác nhau (4: 1; 5: 1; 6: 1) qua 15 ngày bảo quản

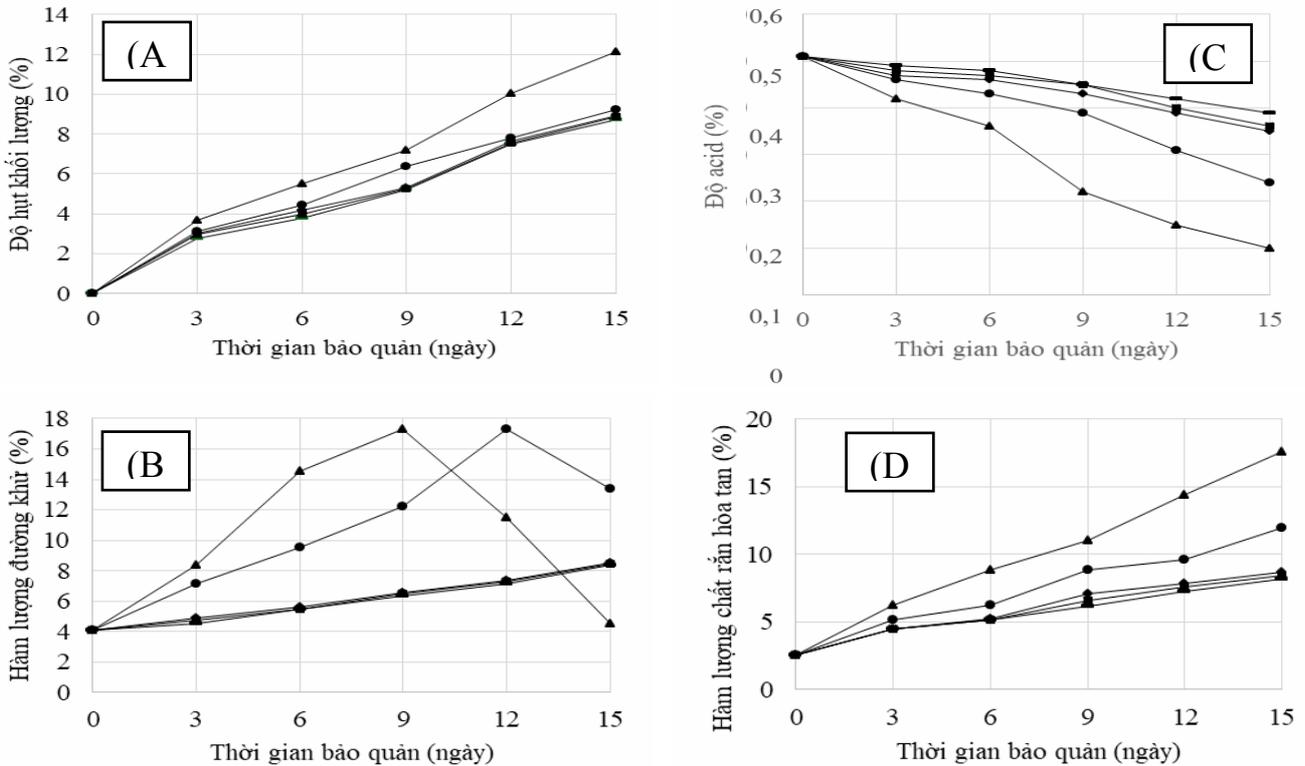
3.2. Biến đổi chất lượng quả chuối dưới ảnh hưởng của các loại màng bảo quản

Quá trình bảo quản chuối trong 15 ngày, các chỉ tiêu chất lượng như: Hàm lượng đường khử, axit hữu cơ và tổng chất rắn hòa tan đều có sự biến động đáng kể, phản ánh không chỉ diễn tiến sinh lý tự nhiên của quả mà còn cho thấy hiệu quả điều

tiết của các lớp phủ sinh học được áp dụng (Hình 2). Sự khác biệt rõ nét giữa các mẫu không phủ, phủ chitosan và phủ chitosan kết hợp DES giàu astaxanthin (CS - DES) cho thấy vai trò của lớp phủ trong việc kiểm soát chuối phản ứng hóa sinh bên trong mô quả.

Trong số các chỉ tiêu theo dõi, sự thay đổi hàm lượng đường khử có mối quan hệ chặt chẽ với quá sự thay đổi về khối lượng màu sắc, cũng như các chỉ tiêu về tổng chất rắn hòa tan và độ axit. Kết quả ở hình 2A cho thấy, mẫu đối chứng có sự phân giải mạnh mẽ với hàm lượng đường khử tăng nhanh và đạt cực đại 17,33% vào ngày thứ 9, sau đó giảm mạnh do bị tiêu hao qua hô hấp (Hình 2B). Trong khi đó, mẫu chitosan có đỉnh muộn hơn (17,29% vào ngày 12), phản ánh tác dụng trì hoãn quá trình chín. Đáng chú ý, các mẫu CS - DES không chỉ làm chậm mà còn giới hạn đáng kể mức

tăng đường khử, duy trì dưới 9% trong suốt thời gian bảo quản, thấp nhất là mẫu CS - DES 4: 1 với chỉ 6,34%. Sự ức chế này có thể được lý giải bởi lớp phủ bán thấm làm giảm khả năng khuếch tán oxy - chất cần thiết cho hoạt động enzyme như amylase; invertase và môi trường axit nhẹ mà DES tạo ra không thuận lợi cho hoạt động enzyme phân giải [16, 26, 27]. Như vậy, lớp màng phủ chitosan chứa DES - astxanthin thể hiện rõ khả năng ức chế ethylene - chất kích thích chín, cũng như kiểm soát các phản ứng phân hủy đường [18].



Hình 2. Biến đổi chất lượng của chuối già (độ lạt khối lượng (A), hàm lượng đường khử (B), độ axit (C) và hàm lượng chất rắn hòa tan (D) trong 15 ngày bảo quản với các phương pháp tạo màng khác nhau (▲: Đối chứng (không nhúng), ●: Chitosan, ■: Chitosan - DES (4: 1), ◆: Chitosan: DES (5: 1) và ⊕: Chitosan : DES (6: 1))

Tác động điều tiết tương tự cũng được ghi nhận ở axit hữu cơ, yếu tố ảnh hưởng đến vị chua và là sản phẩm phụ của quá trình hô hấp. Tất cả các mẫu đều cho thấy xu hướng tích lũy axit nội sinh theo thời gian. Mẫu đối chứng tăng nhanh và đạt 1,36% vào ngày 15, trong khi lớp phủ chitosan giới hạn ở mức 1,17% (Hình 2C). Đặc biệt, các mẫu CS - DES cho thấy sự tích lũy axit thấp hơn đáng kể (0,97 - 1,08%), trong đó mẫu CS - DES 4: 1 thấp nhất. Điều này một lần nữa nhấn mạnh vai trò của

cấu trúc màng bán thấm, không chỉ cản trở oxy mà còn điều hòa khuếch tán khí (CO₂, thylene) và trao đổi ion, từ đó hạn chế hình thành axit và duy trì pH ổn định [16, 26]. Sự giảm tích lũy axit hữu cơ cũng đồng nghĩa với việc làm chậm quá trình mềm hóa và hư hỏng mô quả, qua đó nâng cao chất lượng cảm quan trong suốt thời gian bảo quản.

Cuối cùng tổng chất rắn hòa tan, đại diện cho các hợp chất hòa tan như đường và axit, là dấu hiệu quan trọng phản ánh quá trình chín và sự

thay đổi bên trong tế bào quả. Mẫu đối chứng cho thấy sự tích lũy mạnh mẽ khi tổng chất rắn hòa tan tăng từ 2,57% lên 17,63% vào ngày 15 (Hình 2D). Mẫu phủ chitosan ghi nhận mức tăng chậm hơn (11,95%), trong khi các mẫu CS - DES chỉ dao động trong khoảng 8,15 - 8,71%, thấp nhất vẫn là CS - DES 4: 1. Điều này không chỉ phản ánh sự kiểm soát quá trình thủy phân tinh bột mà còn liên quan đến hiệu quả hạn chế thoát ẩm, giúp duy trì áp suất thẩm thấu và giảm nồng độ tương đối của các chất hòa tan trong tế bào [26, 27]. Nhờ đó, mức độ ngọt của quả được duy trì ở ngưỡng dễ chịu và ổn định trong thời gian dài.

Từ các chỉ tiêu cho thấy, lớp phủ chitosan, đặc biệt là khi kết hợp với DES chứa astaxanthin không chỉ đơn thuần đóng vai trò như hàng rào vật lý mà còn can thiệp sâu vào các quá trình sinh hóa bên trong mô quả. Nhờ đặc tính tạo màng bán thấm, kháng khuẩn và tương tác phân tử hiệu quả, màng CS - DES đã làm chậm đáng kể các phản ứng liên quan đến chín sinh lý và hình thành các chất chuyển hóa. Trong đó, công thức CS - DES 4: 1 nổi bật với khả năng kiểm soát tối ưu quá trình mất nước, thủy phân tinh bột tích lũy đường, axit và tổng chất rắn hòa tan, qua đó khẳng định tiềm năng ứng dụng như một lớp phủ sinh học hiệu quả cho bảo quản sau thu hoạch trái cây tươi như chuối.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Lớp phủ sinh học chitosan kết hợp dung môi eutectic sâu (DES) chứa astaxanthin có khả năng kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng chuối già (*Musa paradisiaca* L.) trong 15 ngày ở điều kiện thường. Lớp phủ này giúp làm chậm quá trình biến đổi màu vỏ, giảm tổn thất khối lượng, hạn chế thủy phân tinh bột thành đường, ổn định hàm lượng axit hữu cơ và duy trì tổng chất rắn hòa tan ở mức ổn định hơn so với đối chứng. Trong số các công thức khảo sát, tỷ lệ chitosan - DES 4: 1 cho kết quả tối ưu nhất, với tổn thất khối lượng thấp nhất (8,72%) và sự biến đổi màu chậm nhất, có sự khác biệt rõ rệt so với mẫu đối chứng ($p < 0,05$). Từ những kết quả này, có thể đề xuất ứng dụng lớp phủ chitosan - DES chứa astaxanthin như một giải pháp bảo quản sinh học tiềm năng cho trái cây tươi nói chung và chuối nói riêng theo

hướng tự nhiên, an toàn và thân thiện với môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FAO (2024). Banana market review. Rome.
2. J. C. Robinson, D. J. Nel and K. Eckstein (1992). A field comparison of ten cavendish subgroup banana cultivars and selections (*Musa* AAA) over four crop cycles in the subtropics. *Horticultural science*, 68: 511 - 521. doi: 10.1080/00221589.1993.11516379.
3. Son Trang and Le Binh (2023). Dong Nai promotes banana exports to many markets. <https://vietnamagriculture.nongnghiep.vn/dong-nai-promotes-banana-exports-to-many-markets-d349299.html>. Accessed: Jun. 16, 2025. [Online].
4. Opportunities for vietnamese banana exports. <https://elmarspices.com/opportunities-for-vietnamese-banana-exports/>. Accessed: Jun. 16, 2025. [Online].
5. S. Soradech, J. Nunthanid, S. Limmatvapirat and M. Luangtana-anan (2017). Utilization of shellac and gelatin composite film for coating to extend the shelf life of banana. *Food Control*, 73, 1310 - 1317. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.10.059.
6. S. Roidoung, S. Wongsudtho, M. Pongsanhan, H. Samsudin and D. S. Sogi (2025). Effect of nanoclay in chitosan - based coating on ripening retardation of banana fruits. *Discover Food*, 5(1): 1 - 10. doi: 10.1007/s44187-025-00431-5.
7. M. H. Shinga, Y. Silue and O. A. Fawole (2025). Recent advancements and trends in postharvest application of edible coatings on bananas: A comprehensive review. *Plants*, 14(4): 1 - 31. doi: 10.3390/plants14040581.
8. W. B. Silva, G. M. C. Silva, D. B. Santana, A. R. Salvador, D. B. Medeiros, I. Belghith, N. M. da Silva, M. H. M. Cordeiro, G. P. Misobutsi (2018). Chitosan delays ripening and ROS production in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Food Chemistry*, 242, 232 - 238. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.052.
9. T. Adhikary, P. P. S. Gill, S. K. Jawandha and A. Sinha (2022). Chitosan coating modulates cell wall degrading enzymes and preserved postharvest quality in cold - stored pear fruit. *Journal of Food Measurement and*

- Characterization*, 16(2): 1395 - 1403. doi: 10.1007/s11694-022-01291-8.
10. J. Kowalonek, M. Hamieau and A. Szydłowska-Czerniak (2024). Influence of different deep eutectic solvents and plant extracts on antioxidant, mechanical and color properties of alginate film. *Polymers (Basel)*, 16(14): 1 - 17. doi: 10.3390/polym16142084.
11. M. Gierszewska, E. Jakubowska and A. Richert (2023). The adenine - modified edible chitosan films containing choline chloride and citric acid mixture. *Scientific Reports*, 13(1): 1 - 16. doi: 10.1038/s41598-023-39870-4.
12. J. Yu, S. Xu, G. Goksen, C. Yi and P. Shao (2023). Chitosan films plasticized with choline - based deep eutectic solvents: UV shielding, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 135, 108196. doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108196.
13. P. Inthamat, Y. S. Lee, A. Boonsiriwit and U. Siripatrawan (2022). Improving moisture barrier and functional properties of active film from genipin - crosslinked chitosan/astaxanthin film by heat curing. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(1): 137 - 144. doi: 10.1111/ijfs.15396.
14. K. Rolińska, E. Jakubowska, M. Żmieńko and K. Łeczycka-Wilk (2024). Choline chloride - based deep eutectic solvents as plasticizer and active agent in chitosan films. *Food Chemistry*, 444, 138375. doi: 10.1016/j.foodchem.2024.138375.
15. T. F. P. Alves, N. Teixeira, J. Vieira, A. A. Vicente, N. Mateus, V. de Freitas and H. K. S. Souza (2022). Sustainable chitosan packaging films: Green tea polyphenolic extraction strategies using deep eutectic solvents. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133589. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.133589.
16. W. Zhou, J. Yu, L. Zhao, K. Wang, Z. Hu, J-Y. Wu, X. Liu (2024). Enhancement of chitosan - based film physicochemical and storage properties by interaction with proanthocyanidin and natural deep eutectic solvent. *International Journal of Biological Macromolecules*, 278, 134611. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.134611.
17. Tran Chi Hai, Phan Van Man and Le Thi Hong Anh (2025). Microwave - assisted extraction of astaxanthin from shrimp shell by - products (*Penaeus monodon*) using deep eutectic solvents and evaluation of antioxidant activity. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19: 4796 - 4811. doi: 10.1007/s11694-025-03292-9.
18. R. R. Ambati, P. S. Moi, S. Ravi and R. G. Aswathanarayana (2014). Astaxanthin: Sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications - A review. *Marine Drugs*, 12(1): 128 - 152. doi: 10.3390/md12010128.
19. L. Yao, Q. Tao, F. Xian, Z. Chen, L. Huang, N. Zhong, J. Gao (2025). Development of pullulan/gellan gum films loaded with astaxanthin nanoemulsion for enhanced strawberry preservation. *Food research international*, 201, 115644. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115644>.
20. M. Maqbool, A. Ali, P. G. Alderson, N. Zahid and Y. Siddiqui (2011). Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10): 5474 - 5482. doi: 10.1021/jf200623m.
21. V. T. Hang, C. J. Scarlett, Q. Vuong (2019). Changes of phytochemicals and antioxidant capacity of banana peel during the ripening process; with and without ethylene treatment. *Scientia Horticulturae*, 253(5): 255 - 262. DOI:10.1016/j.scienta.2019.04.043.
22. A. V. Gusakov, E. G. Kondratyeva and A. P. Sinitsyn (2011). Comparison of two methods for assaying reducing sugars in the determination of carbohydrase activities. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2011(1): 1 - 4. doi: 10.1155/2011/283658.
23. N. Pongprasert, V. Srilaong, A. Sunpapao (2021). Postharvest senescent dark spot development mechanism of *Musa acuminata* ("Khai" banana) peel associated with chlorophyll degradation and stomata cell death. *Food biochemistry*, 1, 1 - 12. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13745>.
24. Trần Chí Hải, Đỗ Hạo Nam, Phan Văn Mẫn, Lê Thị Hồng Ánh (2025). Ứng dụng dung môi sâu eutectic chứa astxanthin trích ly từ vỏ tôm để nâng cao đặc tính màng chitosan. *Tạp chí Khoa*

- học Đại học Công Thương*, 3, 3 - 12. https://doi.org/10.62985/j.huit_ojs.vol25.no3.19.
25. Y. Dang, Z. Li, F. Yu (2024). Recent advances in astaxanthin as an antioxidant in food applications. *Antioxidants*, 17(3): 879-894. <https://doi.org/10.3390/antiox13070879>
26. L. Dai, X. Wang, J. Zhang and C. Li (2025). Application of chitosan and its derivatives in postharvest coating preservation of fruits. *Foods*, 14(8): 1318-1338. doi: 10.3390/foods14081318.
27. G. Kerch (2015). Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2): 159 - 166. doi: 10.1016/j.tifs.2015.10.010.

**APPLICATION OF A DEEP EUTECTIC SOLVENT - BASED
ASTAXANTHIN - RICH EXTRACT COMBINED WITH CHITOSAN FOR
THE POSTHARVEST PRESERVATION OF *Musa paradisiaca* L. BANANAS**

Tran Chi Hai¹, Dang Thi Hien Dieu¹, Phan Van Man², Nguyen Thanh Sang³

¹*Ho Chi Minh city University of Industry and Trade*

²*Ba Ria - Vung Tau College of Technology*

³*Saigon Technology University*

Abstract

Bananas (*Musa paradisiaca* L.) are highly perishable fruits that undergo rapid ripening and deterioration after harvest, leading to significant losses during storage and transportation. This study investigates the use of an edible coating composed of chitosan and a deep eutectic solvent (DES) enriched with astaxanthin, a potent antioxidant, to extend the shelf life and preserve the postharvest quality of bananas. The coating was applied by immersing the bananas in the chitosan – DES - astaxanthin solution, followed by air-drying to form a thin protective layer on the fruit peel. Over a 15 day storage period, key quality parameters including peel color (L*, a*, b*), weight loss, reducing sugars, organic acids and total soluble solids were monitored. The results indicated that the chitosan - DES coating, particularly at a 4: 1 ratio, was most effective in maintaining the fruit's quality. This coating significantly slowed down the ripening process, preserved the peel's color, reduced water loss and helped retain the internal quality of the bananas. These effects were attributed to the semi-permeable barrier created by the coating, which reduced the exchange of oxygen and moisture and to the antioxidant properties of astaxanthin, which protected the fruit from oxidative damage. This natural, biodegradable coating offers a sustainable solution for postharvest preservation, providing an environmentally friendly alternative to conventional chemical treatments. The findings suggest that chitosan-based coatings enriched with DES and astaxanthin have significant potential for enhancing the shelf life and quality of bananas and other tropical fruits.

Keywords: *Banana preservation, chitosan, deep eutectic solvent, astaxanthin, edible coating, postharvest quality.*

Ngày nhận bài: 26/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 15/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 30/7/2025

Ngày duyệt đăng: 6/8/2025

CÔNG NGHỆ BONG BÓNG NANO TRONG BẢO QUẢN THỦY SẢN: CƠ CHẾ VÀ ỨNG DỤNG

Vũ Đình Tiến^{1,*}, Vũ Duy Hưng¹

¹Đại học Bách Khoa Hà Nội

* Email: tien.vudinh@hust.edu.vn

TÓM TẮT

Ngành thủy sản đối mặt với những thách thức đáng kể trong việc duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm do quá trình hư hỏng nhanh chóng bởi vi sinh vật, enzyme nội tại và quá trình oxy hóa. Các phương pháp bảo quản truyền thống như sử dụng nước đá, cấp đông hay hóa chất đều có những hạn chế nhất định. Công nghệ bong bóng nano (nanobubble - NB) nổi lên như một giải pháp "xanh" và tiên tiến, với các bong bóng khí kích thước siêu nhỏ mang những đặc tính lý hóa độc đáo. Bài báo này tổng quan về định nghĩa, đặc điểm, phương pháp và các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành bong bóng nano. Đặc biệt, bài viết tập trung phân tích cơ chế và ứng dụng của bong bóng nano sử dụng các loại khí khác nhau (oxy, ozone, nito) trong việc tăng cường oxy hòa tan, kiểm soát vi sinh vật gây bệnh, rửa và khử trùng, từ đó kéo dài thời hạn sử dụng và nâng cao chất lượng thủy sản sau thu hoạch. Công nghệ này hứa hẹn mang lại những cải tiến đột phá, tuy nhiên vẫn còn những thách thức về chi phí, quy trình chuẩn hóa và cần nhiều nghiên cứu hơn để tối ưu hóa ứng dụng trong ngành thủy sản.

Từ khóa: Bong bóng nano, bảo quản thủy hải sản, Ozone nanobubble, kiểm soát vi sinh vật.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành thủy sản toàn cầu đóng vai trò thiết yếu trong việc cung cấp thực phẩm, nhưng các sản phẩm này rất dễ hỏng sau thu hoạch. Sự suy giảm chất lượng nhanh chóng là do vi sinh vật, enzyme tự nhiên và các phản ứng hóa học như oxy hóa chất béo, dẫn đến tổn thất kinh tế và rủi ro an toàn thực phẩm [1]. Các phương pháp bảo quản truyền thống như dùng đá lạnh, cấp đông hoặc hóa chất đều có hạn chế. Bảo quản bằng nước đá chỉ hiệu quả trong thời gian ngắn và có thể làm giảm chất lượng sản phẩm. Cấp đông kéo dài thời gian sử dụng nhưng làm thay đổi cấu trúc và chất lượng cảm quan khi rã đông. Hóa chất bảo quản gây lo ngại về an toàn thực phẩm. Do đó, cần có công nghệ bảo quản mới, hiệu quả, an toàn và bền vững hơn.

Công nghệ bong bóng nano (NB) đang nổi lên như một giải pháp tiên tiến. Đây là những bong bóng khí siêu nhỏ với các đặc tính lý hóa độc đáo, được xem là công nghệ "xanh" và có tiềm năng ứng dụng rộng rãi. Trong ngành thực phẩm và thủy sản, NB được kỳ vọng sẽ cải thiện chất lượng,

đảm bảo an toàn và kéo dài thời hạn sử dụng sản phẩm. Các loại khí như oxy, ozone, nito có thể được sử dụng để tạo bong bóng nano, mỗi loại có cơ chế bảo quản riêng biệt, từ cung cấp oxy hòa tan, khử trùng, tạo môi trường yếm khí chống oxy hóa đến hỗ trợ làm sạch.

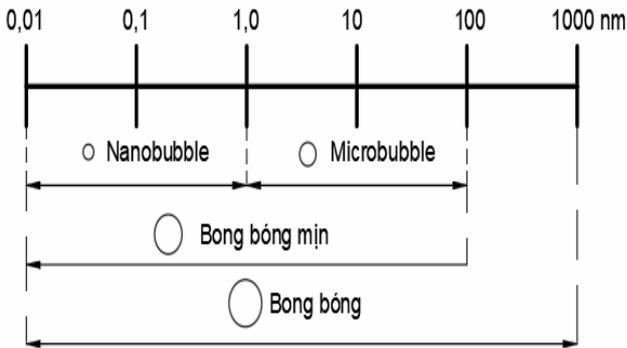
2. BONG BÓNG NANO

2.1. Định nghĩa và đặc điểm bong bóng

Dựa trên kích thước, bong bóng nước, là các khoang chứa khí trong chất lỏng, có thể được phân thành 3 loại: Bong bóng còn gọi là bong bóng lớn, microbubble (MB) và nanobubble (NB). Bong bóng lớn được định nghĩa là có kích thước trong phạm vi > 100 μm , đủ lớn để nổi lên nhanh chóng trong môi trường nước và vỡ ra khi đến bề mặt. Các bong bóng mịn có thể được tách thành MB và NB [2].

Bong bóng nano (Nanobubble - NB), còn gọi là bong bóng siêu mịn, là các khoang chứa khí trong chất lỏng với đường kính hiệu dụng nhỏ hơn 1 μm (1.000 nm) [3]. Chúng bao gồm NB bề mặt (tồn tại ở dạng rắn và lỏng) và NB khối (tồn tại trong dung dịch) [4]. NB có những đặc điểm nổi

bật như: Độ hòa tan cao, điện thế zeta cao, khả năng hình thành gốc tự do, diện tích bề mặt lớn và giải phóng năng lượng cao khi phân hủy [5]. Khác với các bong bóng lớn, NB có thể lơ lửng trong chất lỏng thời gian dài (hàng giờ hoặc hàng ngày) [6] nhờ kích thước nhỏ và vận tốc tăng thấp khoảng $2,7 \text{ nm.s}^{-1}$ với NB 50 nm [3] và 272 nm.s^{-1} với NB 500 nm [7]. Tuổi thọ dài này giúp NB tối ưu hóa quá trình truyền khối.



Hình 1. Phân loại kích thước bong bóng sủi theo Khan và cs (2020) [2]

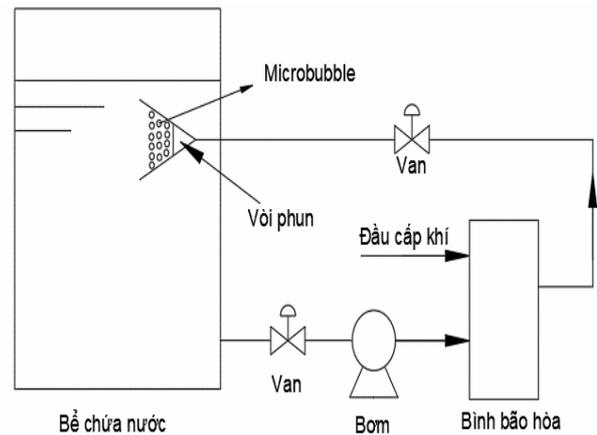
Áp suất bên trong NB tỷ lệ nghịch với bán kính, do đó NB có áp suất nội tại rất cao, có thể gấp hàng chục hoặc hàng trăm lần áp suất khí quyển (Ví dụ: Khoảng 30 atm đối với NB 100 nm) [8]. Áp suất cao này giúp hòa tan khí vào chất lỏng tốt hơn và giải phóng nhiều năng lượng bề mặt khi bong bóng vỡ, thúc đẩy các phản ứng hóa học như tạo gốc tự do. NB có khả năng tạo ra các loại oxy phản ứng (Reactive Oxygen Species - ROS) giúp chúng làm sạch hiệu quả [9]. Phương trình Young-Laplace chỉ ra rằng áp suất bên trong NB cao hơn áp suất khí quyển. Khi vỡ, năng lượng bề mặt giải phóng sẽ chuyển đổi phân tử oxy thành ROS. NB oxy có thể liên tục tạo ROS trong ít nhất 24 giờ [10]. Theo Chu và cs (2008) [11], bong bóng siêu nhỏ có thể tạo gốc hydroxyl trong quá trình ozone hóa, các gốc này phản ứng mạnh với chất thải hữu cơ và hóa chất trong nước, ứng dụng trong vệ sinh. Cơ chế hình thành ROS dựa trên sự vỡ của NB, giải phóng năng lượng bề mặt kích thích electron, tạo ROS bằng cách phân tách phân tử nước [12]. Điện thế zeta là điện thế tại mặt phẳng trượt của lớp điện kép NB. Điện thế zeta cao làm tăng độ ổn định của các NB trong huyền phù do lực đẩy giữa các bong bóng. Điện thế zeta giảm dẫn đến độ ổn

định và đồng tụ kém hơn. Điện thế zeta của huyền phù NB khối là hàm của chất điện phân, chất hoạt động bề mặt trong dung dịch, độ pH và loại khí. Các bong bóng nano được báo cáo là tích điện âm ở các giá trị pH từ 4 - 12 và giá trị điện thế zeta từ -4,3 đến -62 mV. Ở độ pH trung tính, các giá trị điện thế zeta đo được nằm trong khoảng từ -20 đến -30 mV [13].

2.2. Phương pháp tạo MB và NB

2.2.1. Hòa tan dưới áp suất

Để tạo bong bóng bằng phương pháp hòa tan dưới áp suất, khí sẽ được hòa tan trong nước dưới áp suất cao (thường là 3 - 4 atm) bên trong bình bão hòa để tạo ra trạng thái siêu bão hòa [14]. Khi dòng nước siêu bão hòa này được đưa vào bể nước thông qua vòi phun dưới áp suất khí quyển (Hình 2), MB được hình thành nhanh chóng do khí thoát ra.

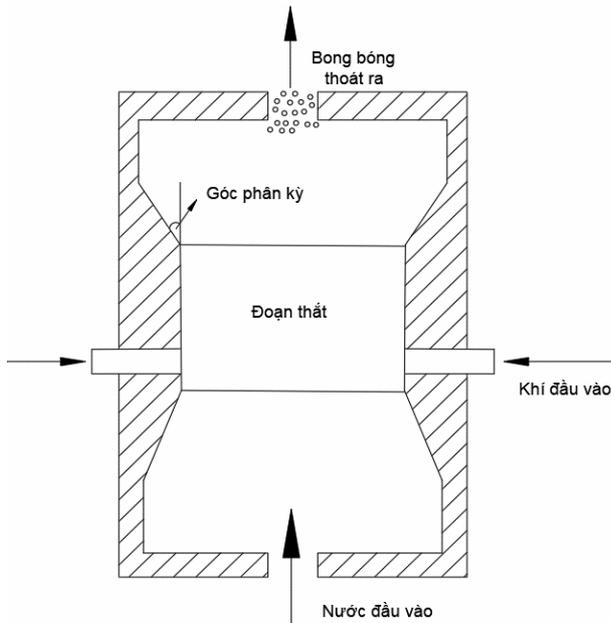


Hình 2. Máy tạo bong bóng hòa tan dư áp suất sủi theo Agarwal và cs (2011) [14]

Bằng cách tăng nồng độ khí hòa tan trong pha lỏng, đường kính trung bình và số lượng bong bóng cũng sẽ tăng lên. Sử dụng máy tạo bong bóng dựa trên phương pháp hòa tan dưới áp suất và thời gian vận hành tăng dẫn đến nồng độ bong bóng khí cao hơn và sự phân bố kích thước bong bóng khí dịch chuyển về kích thước nhỏ hơn khi thời gian vận hành dài hơn [15].

2.2.2. Venturi

Quá trình tạo bong bóng khí dựa trên nguyên lý Venturi bao gồm 3 bộ phận chính: Một đầu vào hội tụ, một đoạn thắt và một đầu ra phân kỳ như ở hình 3.



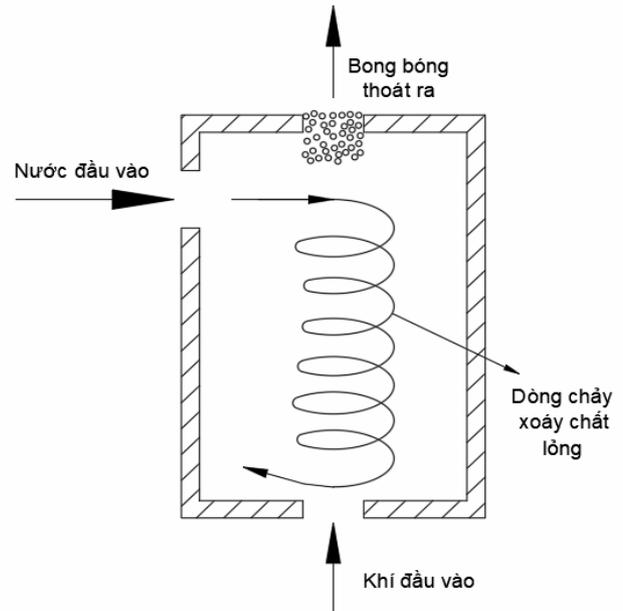
Hình 3. Nguyên lý tạo bong bóng kiểu Venturi sửa theo Zhao và cs (2017) [16]

Quá trình này bao gồm việc bơm khí vào ống Venturi cùng với nước thông qua đầu vào hội tụ hoặc tại đoạn thắt. Máy tạo bong bóng kiểu Venturi tạo bong bóng do sự giảm áp suất và tăng tốc độ tại vùng thắt. Khi các bong bóng này đi vào đoạn đầu ra phân kỳ, chúng giảm tốc đột ngột do phục hồi áp suất. Sự chênh lệch vận tốc giữa pha lỏng và bong bóng khí tạo ra sóng xung kích với lực cắt cao, làm biến dạng và vỡ các bong bóng khí lớn thành nhiều bong bóng nhỏ hơn [16]. Các bong bóng khí siêu nhỏ với đường kính nhỏ hơn 100 μm có thể được tạo ra bằng phương pháp này. Góc phân kỳ và tốc độ dòng chảy của chất lỏng là hai yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất của máy tạo bong bóng kiểu Venturi: Kích thước bong bóng giảm khi góc phân kỳ tăng và tốc độ dòng chảy chất lỏng cao hơn giúp tạo ra sự phân bố kích thước bong bóng đồng đều hơn [17].

2.2.3. Dòng chảy xoáy

Bong bóng được tạo ra hiệu quả bằng cách bơm nước áp suất cao vào một bình trụ, tạo ra dòng chảy xoắn ốc (Hình 4).

Dòng chảy này hình thành vùng áp suất thấp ở trục trung tâm, hút không khí từ đáy bình vào tâm xoáy nước. Các bong bóng nhỏ xuất hiện ở phần trên của bình do lực cắt lớn khi dòng xoáy bị phá vỡ [14].



Hình 4. Nguyên lý tạo bong bóng dạng dòng chất lỏng xoáy sửa theo Agarwal và cs (2011) [14]

2.2.4. Màng xốp

Quá trình tạo bong bóng màng xốp diễn ra khi khí nén được đưa vào bên trong màng qua các lỗ nhỏ, đồng thời pha lỏng chảy bên trong màng tạo ra lực cắt hình thành bong bóng [18]. Xie và cs (2021) [19] đã thiết kế hệ thống tạo microbubble bằng màng gồm xốp. Kết quả nghiên cứu cho thấy, kích thước lỗ màng là yếu tố quan trọng, với lỗ màng nhỏ hơn tạo microbubble nhỏ hơn. Ngược lại, Khirani và cs (2012) [18] đã nghiên cứu sự hình thành microbubble qua màng gồm hình ống với các pha khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy, kích thước lỗ màng nhỏ hơn dẫn đến kích thước bong bóng lớn hơn.

2.2.5. Điện phân

Điện phân tạo bong bóng khí oxy và nitơ tại cực dương và cực âm thông qua phản ứng oxy hóa khử [20]. Mật độ dòng điện là yếu tố chính kiểm soát tốc độ tạo bong bóng, với mật độ dòng điện cao hơn làm tăng tốc độ này. Thêm NaCl và giảm khoảng cách điện cực giúp giảm công suất điện phân. Kết quả nghiên cứu của Ulatowski và cs (2021) [21] cho thấy, nồng độ muối làm tăng đường kính bong bóng khí nitơ và oxy, trong khi kéo dài thời gian điện phân chỉ làm giảm kích thước bong bóng hydro.

2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành NB

2.3.1. Nhiệt độ và áp suất

Nhiệt độ và áp suất có ảnh hưởng lớn đến sự hình thành của các bong bóng khí nano. Áp suất tác động mạnh mẽ đến đường kính của các NB được tạo ra. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc tăng áp suất trong quá trình tạo bong bóng khí dẫn đến sự gia tăng mật độ khí, từ đó hình thành các NB có kích thước nhỏ hơn [22]. Nhiệt độ cũng có vai trò quan trọng trong việc tạo ra NB, ảnh hưởng đến các đặc tính khác nhau của chất lỏng được sử dụng để tạo NB. Các đặc tính này bao gồm sức căng bề mặt, áp suất hơi và khả năng hòa tan khí của chất lỏng. Nhiệt độ tăng làm giảm độ hòa tan của khí [23].

2.3.2. Loại khí và nồng độ

Loại khí được sử dụng đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành và hoạt động của bong bóng nano. Lượng khí hòa tan trong nước và tốc độ hình thành mầm bong bóng có mối liên hệ mật thiết. Có thể tạo ra nhiều bong bóng hơn bằng cách sử dụng các loại khí có độ hòa tan cao và tốc độ tạo mầm tốt do sức căng bề mặt giảm. Độ hòa tan của khí tăng dẫn đến giảm ổn định hình dạng và sức căng bề mặt. Nồng độ oxy hòa tan cao giúp duy trì sự chênh lệch nồng độ khí thấp giữa bong bóng và môi trường chất lỏng [24].

2.3.3. Chất hoạt động bề mặt và chất điện phân

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng các phân tử chất hoạt động bề mặt có khả năng hydrat hóa có thể bám vào bề mặt tiếp xúc giữa không khí và nước của các NB, tạo ra một lớp rào cản bảo vệ giúp chúng cực kỳ ổn định [25]. Việc thêm chất lỏng ion vào nước cất kết hợp với siêu âm có thể làm giảm kích thước của NB. Sự thay đổi điện thế zeta có thể do sự hấp thụ các chất hoạt động bề mặt ion hóa vào cấu trúc lớp chất lỏng bao quanh NB hoặc do các ion bị giữ lại trong màng bong bóng [5]. Trong dung dịch điện phân, các điện tích có thể bị hấp thụ trên bề mặt NB, tạo ra lực đẩy tĩnh điện ngăn chặn sự kết tụ của các bong bóng. Ngoài ra, sự hiện diện của các ion điện có thể làm giảm độ dày của lớp điện tích kép, tạo điều kiện cho sức căng bề mặt làm giảm kích thước của

bong bóng. Kết quả nghiên cứu của Uchida và cs (2016) [26] cho thấy, việc thêm một lượng nhỏ natri clorua có thể giúp ổn định NB thông qua hiệu ứng che chắn ion. Các nghiên cứu chi tiết về ảnh hưởng của các chất điện phân khác nhau (NaCl và CaCl₂) và chất hoạt động bề mặt lên NB đã cho thấy, trong dung dịch chứa chất hoạt động bề mặt, NB thể hiện kích thước nhỏ hơn đáng kể (150 - 350 nm) ($p < 0,05$).

2.4. Đo kích thước NB

Trong nhiều lĩnh vực ứng dụng của các NB, việc xác định sự tồn tại và phân bố kích thước của chúng là rất quan trọng. Các công cụ như tán xạ ánh sáng động học (Dynamic Light Scattering - DLS), kính hiển vi lực nguyên tử (Atomic Force Microscope - AFM), kính hiển vi điện tử truyền qua (Transmission Electron Microscopy - TEM) và kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscopy - SEM) có thể xác minh sự hiện diện của NB trong môi trường nước và trên ranh giới chất lỏng - bề mặt kỵ nước. Trong đó, DLS và AFM được xem là các thiết bị tiêu biểu nhất để đo lường kích thước và phân bố kích thước của NB.

2.4.1. Tán xạ ánh sáng động học

Phương pháp tán xạ ánh sáng động học đã được biết đến như một phương pháp đã được ứng dụng để đo kích thước và sự phân bố kích thước của các hạt nano trong phạm vi rộng từ 0,5 - 6 μm trong dung dịch hoặc huyền phù keo. Nguyên tắc cơ bản của phương pháp này là mẫu được chiếu sáng bởi một chùm tia laser và cường độ ánh sáng tán xạ dao động với tốc độ phụ thuộc vào kích thước của các hạt hoặc bong bóng. Sự dao động này là do chuyển động Brown của các NB lơ lửng, trong đó các NB lớn hơn gây ra sự tán xạ mạnh hơn nhưng dao động chậm hơn. Bằng cách phân tích tốc độ chuyển động của NB hoặc cường độ dao động, sự phân bố kích thước có thể được đánh giá bằng cách sử dụng phương trình Stokes-Einstein. Đã có một vài nỗ lực được thực hiện để mô tả đặc điểm kích thước và sự phân bố kích thước của NB bằng hệ thống DLS. Ví dụ, sự phân bố kích thước nano của các NB oxy hòa tan siêu nhỏ dao động từ 0,5 - 10.000 nm với đỉnh ở 137 nm, đã được xác định bằng cách áp dụng DLS [27].

2.4.2. Kính hiển vi lực nguyên tử

Phương pháp kính hiển vi lực nguyên tử với chế độ gõ (Tapping Mode - TM) đã trở thành một công cụ hữu ích để xác định thông tin về hình dạng của các NB tại giao diện rắn - lỏng [28]. Phương pháp này mang lại khả năng làm việc trong môi trường nước và cung cấp độ phân giải ở kích thước nanomet. Do AFM với chế độ TM có điều kiện quét nhẹ hơn so với các chế độ tiếp xúc thông thường, vốn tạo ra tương tác dao động lặp đi lặp lại với bề mặt mẫu, nên TM AFM phù hợp để nghiên cứu các mẫu mềm như NB bề mặt mà không phá hủy cấu trúc. TM AFM cũng có ưu điểm trong việc phát hiện sự khác biệt về tính chất cơ học dựa trên sự dịch pha của dao động đầu dò trong quá trình quét. Ngoài ra, nó có thể được áp dụng trực tiếp cho bề mặt kỵ nước trong nước bất kể độ ổn định của nó, các NB tại giao diện rắn - lỏng có hình dạng tương tự như các chỏm cầu với chiều cao 10 nm và đường kính khoảng 100 nm.

3. CÔNG NGHỆ BONG BÓNG NANO TRONG NUÔI TRỒNG VÀ BẢO QUẢN THỦY SẢN

3.1. Công nghệ bong bóng nano trong nuôi trồng thủy sản

3.1.1. Bong bóng nano trong việc tăng năng suất nuôi cá và tôm

NB không khí và oxy có thể làm tăng nồng độ oxy hòa tan (DO) trong nước. Ebina và cs (2013) [29] đã báo cáo mức tăng DO lên hơn 4 lần, giúp tăng khối lượng cuối cùng của cá hồi hương và cá hồi vân lần lượt là 127% và 37% so với nhóm đối chứng. Điều đáng chú ý là sự gia tăng oxy do NB không gây ra bệnh bọt khí ở cá, không giống như các phương pháp bão hòa oxy quá mức trước đây, do bản chất của khí được sử dụng tương tự như không khí trong khí quyển. Trong hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn (RAS) sục khí NB giúp cải thiện đáng kể năng suất và khối lượng cá mú, đồng thời duy trì các thông số chất lượng nước thuận lợi, bao gồm cả việc điều chỉnh độ pH về mức trung tính có lợi cho cá và hoạt động của bộ lọc sinh học [30].

Theo Rahmawati và cs (2021) [31], tôm được nuôi bằng NB oxy tinh khiết có khối lượng và chiều dài trung bình cao hơn đáng kể so với tôm được nuôi bằng macrobubble không khí. Điều này

dẫn đến sản lượng thu hoạch tăng gấp đôi, với mức tăng trung bình 214 kg và tỷ lệ sống sót được cải thiện 17%, không cần bổ sung thức ăn. Ngoài ra, NB không khí còn cho thấy khả năng tăng tỷ lệ lợi khuẩn trong đường ruột tôm. Những lợi khuẩn này, bao gồm các chi *Rhodobacter*, *Oscillospira* và *Faecalibacterium*, ức chế vi khuẩn gây bệnh, thúc đẩy tiêu hóa tốt hơn và cải thiện chức năng miễn dịch. Phát hiện này cho thấy, việc xử lý bằng NB có thể giúp giảm sử dụng kháng sinh do tần suất mắc bệnh ở tôm thấp hơn, giải quyết một trong những thách thức lớn nhất trong các hệ thống sản xuất tôm hiện nay là dịch bệnh [32].

3.1.2. Bong bóng nano trong việc xử lý ammonia, nitrite, nitrate.

Trong nuôi trồng thủy sản, ngộ độc ammonia là nguyên nhân chính gây tử vong, làm giảm tỷ lệ sống sót, ức chế tăng trưởng và gây rối loạn sinh lý ở các loài thủy sản. NB có khả năng chuyển oxy hiệu quả vào nước thải và thúc đẩy quá trình phân hủy ammonia sinh học. Một số kết quả nghiên cứu gần đây đã kiểm tra thành công tác dụng của NB đối với quá trình nitrat hóa, mặc dù việc ứng dụng chúng trong hệ thống nuôi trồng thủy sản vẫn còn ít được khám phá [33]. Subhan và cs (2021) [34] đã sử dụng NB không khí và oxy (kích thước đường kính trung bình 432 - 608 nm) để loại bỏ ammonia từ hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn (RAS) cho trại cá da trơn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, NB không khí và oxy đã loại bỏ lần lượt 62 - 67% và 70 - 83% ammonia trong 45 phút, trong khi nước thải nuôi trồng thủy sản cho thấy, giảm 40% ammonia với NB oxy. DO tối đa được báo cáo trong nghiên cứu này là 25,4 mg/L.

3.1.3. Bong bóng nano trong việc kiểm soát vi sinh vật gây bệnh

NB đang được nghiên cứu rộng rãi để kiểm soát các vi sinh vật gây bệnh trong nuôi trồng thủy sản. Một trong những mối quan tâm lớn nhất là vi khuẩn *Vibrio parahaemolyticus*, nguyên nhân gây bệnh "vibriosis" là mầm bệnh lây truyền qua thực phẩm ở người. Kết quả nghiên cứu của Nghia và cs (2021) [35] đã chứng minh rằng, NB không khí và oxy có thể loại bỏ *V. parahaemolyticus* lần lượt 54% và 31% trong một tuần, NB ozone có thể loại bỏ 100% vi khuẩn trong vài phút do nồng độ DO cao

và tiềm năng oxy hóa tăng. NB ozone có thể tiêu diệt > 99,99% *V. parahaemolyticus* trong 1 phút và kéo dài sự sống của tôm bị nhiễm bệnh ở nồng độ thấp, mặc dù nồng độ cao lại gây độc cho tôm. Một vi khuẩn gây bệnh khác là *Aeromonas hydrophila*, gây bệnh bại huyết di động (MAS) ở cá. Rafeeq và cs (2020) [36] đã thành công trong việc bất hoạt cả *A. hydrophila* và *V. parahaemolyticus* bằng cách kết hợp NB oxy với xử lý siêu âm cường độ cao, dẫn đến giảm đáng kể số lượng vi khuẩn.

3.2. Công nghệ bong bóng nano trong việc bảo quản thủy sản

3.2.1. Bong bóng nano trong bảo quản vận chuyển cá sống

Nghiên cứu về việc sử dụng NB trong vận chuyển cá sống đã cho thấy, kết quả đáng kể trong việc nâng cao tỷ lệ sống sót của cá và duy trì chất lượng nước. Trong hệ thống kín, cá hồi vân được vận chuyển trong túi chứa 500 - 750 con cá mỗi túi, NB ozone đạt tỷ lệ sống sót cao đáng kể là $99,6 \pm 0,10\%$ và $99,3 \pm 0,0\%$ so với $64,5\%$ khi sử dụng phương pháp đóng gói oxy thông thường. NB ozone cũng kéo dài thời gian duy trì oxy hòa tan cho đến khi nồng độ đạt 4 mg/L. Đối với hình thức vận chuyển mở, NB oxy với kích thước đường kính khoảng 100 - 600 nm đã mang lại tỷ lệ sống sót là $99,0 \pm 0,10\%$ vượt trội đáng kể so với $76,7 \pm 5,20\%$ của phương pháp sục khí oxy thông thường. Các hệ thống nanobubble duy trì nồng độ oxy hòa tan cao ổn định (8 - 9 mg/L) và giảm nồng độ amoniac (0,01 - 0,03 mg/L), cho thấy khả năng bảo vệ cá tốt hơn trong quá trình vận chuyển [37].

3.2.2. Bong bóng nano trong bảo quản cá

NB nitơ để bảo quản cá ngừ vây vàng tươi (*Thunnus albacares*) đã chứng minh hiệu quả trong việc duy trì chất lượng, ức chế sự phát triển của vi sinh vật và kéo dài thời hạn sử dụng. Phương pháp NB nitơ được chứng minh là duy trì mức oxy hòa tan thấp (< 1 mg/L) trong suốt quá trình xử lý, điều này rất quan trọng để ngăn chặn quá trình oxy hóa lipid và sự phát triển của vi khuẩn hiếu khí. Mặc dù các đặc tính cảm quan (màu sắc, kết cấu và mùi thơm) giữa xử lý NB nitơ và phương pháp bảo quản thông thường không có

sự khác biệt đáng kể, nhưng hàm lượng histamine và thủy ngân thấp được tìm thấy trong xử lý NB nitơ lần lượt là 11,8 mg/kg và 0,14 mg/kg [38].

3.3. So sánh công nghệ bong bóng nano với các phương pháp bảo quản cá truyền thống.

3.3.1. NB so với ướp lạnh

Ướp lạnh hiệu quả trong việc bảo quản ngắn hạn bằng cách làm chậm quá trình hư hỏng. NB (đặc biệt là oxy) chủ yếu tập trung vào việc duy trì sức khỏe cá sống và chất lượng nước, điều này có thể gián tiếp dẫn đến chất lượng tốt hơn khi thu hoạch. Tuy nhiên, NB ozone có thể kéo dài thời hạn sử dụng của cá ướp lạnh bằng cách giảm tải lượng vi sinh vật. NB nitơ mang đến một cách tiếp cận khác bằng cách tạo ra môi trường oxy thấp, tương tự như MAP được sử dụng kết hợp với việc ướp lạnh.

3.3.2. NB so với ướp muối

Ướp muối chủ yếu được sử dụng để bảo quản lâu dài bằng cách giảm hoạt độ nước. Công nghệ NB không trực tiếp làm giảm hoạt độ nước. Tuy nhiên, NB ozone có thể cung cấp một giải pháp thay thế không hóa chất để kiểm soát vi sinh vật, đây là một trong những mục tiêu của việc ướp muối. NB nitơ nhằm mục đích ức chế sự hư hỏng do vi khuẩn hiếu khí, tương tự như một khía cạnh của việc ướp muối. Công nghệ NB mang đến một chiến lược bảo quản khác biệt so với ướp muối, chủ yếu tập trung vào việc cải thiện môi trường (oxy, khử trùng) thay vì trực tiếp làm thay đổi hoạt độ nước của cá.

3.3.3. NB so với phơi khô

Phơi khô đạt được sự bảo quản lâu dài bằng cách giảm hàm lượng nước. Công nghệ NB không trực tiếp loại bỏ độ ẩm khỏi cá. Tuy nhiên, bằng cách cải thiện chất lượng nước và giảm tải lượng vi sinh vật (đặc biệt với NB ozone), nó có thể giúp duy trì chất lượng cá dự định để phơi khô. Công nghệ NB và phơi khô giải quyết vấn đề bảo quản thông qua các cơ chế hoàn toàn khác nhau. NB tập trung vào môi trường nước và kiểm soát vi sinh vật, trong khi phơi khô trực tiếp làm thay đổi trạng thái vật lý của cá bằng cách loại bỏ nước.

3.3.4. NB so với xông khói

Xông khói bảo quản thông qua khử nước và các hợp chất kháng khuẩn từ khói. Công nghệ NB không trực tiếp làm khô cá hoặc tạo ra hương vị khói. Tuy nhiên, NB ozone có thể cung cấp tác dụng kháng khuẩn, đây là một trong những lợi ích của việc xông khói. Công nghệ NB mang đến một cách tiếp cận bảo quản khác biệt với xông khói. Trong khi xông khói cung cấp hương vị và bảo quản thông qua nhiều cơ chế, NB ozone chủ yếu nhắm vào việc kiểm soát vi sinh vật.

3.4. Thách thức và cơ hội của công nghệ bong bóng nano trong ngành thủy sản

3.4.1. Thách thức

Mặc dù có nhiều tiềm năng, công nghệ NB vẫn đối mặt với một số thách thức trong ứng dụng bảo quản thủy sản như:

- Tính ổn định và cơ chế hoạt động: Cần nghiên cứu thêm để hiểu rõ cơ chế hình thành và hòa tan, cũng như đạt được sự ổn định lâu dài của bong bóng nano.

- Chi phí và hiệu quả năng lượng: Cần đánh giá kỹ lưỡng tổng mức tiêu thụ năng lượng và phân tích chi phí - lợi ích để chứng minh hiệu quả kinh tế so với công nghệ hiện có, do chi phí đầu tư và sản xuất ban đầu cao.

- Thiếu tiêu chuẩn quy trình: Hiện chưa có quy trình chuẩn cho việc sử dụng NB trong bảo quản thủy sản cho các loài thủy sản và mục tiêu khác nhau.

- Ảnh hưởng của chất lượng nước: Hiệu quả của NB bị ảnh hưởng bởi độ mặn, độ pH và chất hữu cơ trong nước, đòi hỏi nghiên cứu để xác định các thông số tối ưu.

- Nghiên cứu hạn chế về bảo quản sau thu hoạch: Hầu hết các nghiên cứu hiện tập trung vào nuôi trồng thủy sản. Cần nhiều nghiên cứu hơn về ứng dụng NB (oxy, ozone, nitơ) để bảo quản thủy sản sau thu hoạch, nhằm kéo dài thời hạn sử dụng, duy trì chất lượng và đảm bảo an toàn.

3.4.2. Cơ hội

Công nghệ NB mang lại nhiều lợi ích đáng kể trong việc bảo quản thủy sản, góp phần nâng cao chất lượng và tính bền vững của ngành:

- Kéo dài thời gian bảo quản: NB giúp kéo dài đáng kể thời gian bảo quản sản phẩm tươi sống, giảm thiểu hư hỏng và lãng phí thực phẩm.

- Cải thiện chất lượng: Công nghệ này duy trì độ tươi, màu sắc, kết cấu và giá trị dinh dưỡng của thủy sản trong thời gian dài hơn.

- Giảm phụ thuộc hóa chất: NB cung cấp một phương pháp bảo quản tự nhiên và vật lý, giảm sự phụ thuộc vào các chất bảo quản hóa học truyền thống.

- Tăng cường an toàn thực phẩm: NB hiệu quả trong việc giảm hoặc loại bỏ các vi sinh vật gây bệnh và gây hư hỏng, nâng cao an toàn thực phẩm.

- Mở rộng thị trường: Bằng cách kéo dài khả năng vận chuyển thủy sản tươi và chất lượng cao, NB giúp mở rộng cơ hội tiếp cận các thị trường mới.

- Đóng góp vào tính bền vững: Công nghệ này góp phần xây dựng một ngành công nghiệp thủy sản bền vững hơn thông qua việc giảm thiểu tổn thất sau thu hoạch.

4. KẾT LUẬN

Công nghệ bong bóng nano đang cho thấy tiềm năng lớn trong bảo quản thủy sản nhờ các đặc tính độc đáo như độ ổn định cao và diện tích bề mặt lớn. Bong bóng nano oxy giúp duy trì độ tươi bằng cách tăng cường oxy hòa tan, ức chế vi khuẩn kỵ khí. Bong bóng nano ozone có khả năng kháng khuẩn mạnh mẽ, giúp giảm vi sinh vật và kéo dài thời hạn sử dụng, nhưng cần lưu ý về độc tính và sản phẩm phụ ở nồng độ cao. Trong khi đó, bong bóng nano nitơ tạo môi trường ít oxy, ức chế vi khuẩn hiếu khí và quá trình oxy hóa lipid, đặc biệt hiệu quả với cá ngừ. Mặc dù công nghệ này mang lại nhiều lợi ích, vẫn còn những thách thức về mở rộng quy mô, chi phí và quy định cần được nghiên cứu thêm. Tuy nhiên, bằng chứng hiện tại cho thấy, đây là một giải pháp bền vững và hiệu quả để duy trì chất lượng và an toàn của thủy sản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Burt, J. R. (2003). Hypoxanthine a biochemical index of fish quality - Process Biochemistry, 11(10): 23 - 25.
2. Khan P, Zhu W, Huang F, Gao W, Khan N A. (2020). Micro - nanobubble technology and

- water - related application - *Water Science and Technology: Water Supply*, 20(6): 2021 - 2035.
3. Alheshibri, M., Qian, J., Jehannin, M., Craig, V. S. J. (2016). A history of nanobubbles - *Langmuir*, 32(43): 11086.
 4. Wang Q, Zhao H, Qi N, Qin Y, Zhang X, *et al.* (2019). Generation and stability of size-adjustable bulk nanobubbles based on periodic pressure change - *Scientific Reports*, 9: 1118.
 5. Khaled Abdella Ahmed A, Sun C, Hua L, Zhang Z, Zhang Y, *et al.* (2018). Colloidal properties of air, oxygen, and nitrogen nanobubbles in water: Effects of ionic strength, natural organic matters, and surfactants - *Environmental Engineering Science*, 35: 720 – 727.
 6. Ushikubo, F. Y., Furukawa, T., Nakagawa, R., Enari, M., Makino, Y., Kawagoe, Y., Shiina, T., Oshita, S. (2010). Evidence of the existence and the stability of nano - bubbles in water - *colloids surf. A Physicochem. Eng. Asp*, 361: 31 - 37.
 7. Li, M., Qin, Z., Duan, M., Wang, Q., Zhou, B., Weng, H. (2024). Effects of micro - nano bubble water addition on maturation degree and microbial community during aerobic composting – *Chemosphere*, 353: 141657.
 8. Nirmalkar, N., Pacek, A. W., Barigou, M. (2018). Interpreting the interfacial and colloidal stability of bulk nanobubbles - *soft matter*, 14: 9643 - 9656.
 9. Ghadimkhani A, Zhang W, Marhaba T. (2016). Ceramic membrane defouling (cleaning) by air Nano Bubbles – *Chemosphere*, 146: 379 - 384.
 10. Liu S, Oshita S, Makino Y, Wang Q, Kawagoe Y, *et al.* (2016). Oxidative capacity of nanobubbles and its effect on seed germination - *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4: 1347 - 1353.
 11. Chu LB, Yan ST, Xing XH, Yu AF, Sun XL, *et al.* (2008). Enhanced sludge solubilization by microbubble ozonation – *Chemosphere*, 72: 205 - 212.
 12. Thi Phan K. K., Truong T., Wang Y., Bhandari B. (2020). Nanobubbles: Fundamental characteristics and applications in food processing - *Trends in Food Science & Technology*, 95: 118 - 130.
 13. Bui, T. T., Nguyen, D. C., Han, M. (2019). Average size and zeta potential of nanobubbles in different reagent solutions. *J. Nanoparticle Res*, 21: 173.
 14. Agarwal, A., Ng, W. J., Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment - *Chemosphere*, 84(9): 1175 - 1180.
 15. Norarat, R., Thonglek, V., and Ueda, Y. (2019). Size distribution and filtering characteristics of pressure dissolved oxygen ultrafine bubbles - *Aquaculture*, 9: 11.
 16. Zhao, L., Mo, Z., Sun, L., Xie, G., Liu, H., Du, M. (2017). A visualized study of the motion of individual bubbles in a venturi - type bubble generator - *Prog. Nucl. Energy*, 97: 74 - 89.
 17. Huang, Q., and Long, X. (2020). Analysis of the influencing factors on oil removal efficiency in large - scale flotation tanks: experimental observation and numerical simulation – *Energies*, 13(4): 927.
 18. Khirani, S., Kunwapanitchakul, P., Augier, F., Guigui, C., Guiraud, P., Hébrard, G. (2012). Microbubble generation through porous membrane under aqueous or organic liquid shear flow - *Ind. Eng. Chem. Res*, 51(4): 1997 - 2009.
 19. Xie, B. Q., Zhou, C. J., Sang, L., Ma, X. D., and Zhang, J. S. (2021). Preparation and characterization of microbubbles with a porous ceramic membrane - *Chem. Eng. Process*, 159: 108213.
 20. Favvas, E. P., Kyzas, G. Z., Efthimiadou, E. K., Mitropoulos, A. C. (2021). Bulk nanobubbles, generation methods and potential applications - *Curr. Opin. Colloid Interface Sci*, 54: 101455.
 21. Ulatowski, K., Jezak, R., Sobieszuk, P. (2021). Impact of process parameters on the diameter of nanobubbles generated by electrolysis on platinum - coated titanium electrodes using box behnken experimental design – *Energies*, 14(9): 2542.

22. Temesgen T., Bui T. T., Han M., Kim T., Park H. (2017). Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water - treatment techniques: A review - *Advances in Colloid and Interface Science*, 246: 40 - 51.
23. Rosa A. F., Rubio J. (2018). On the role of nanobubbles in particle–bubble adhesion for the flotation of quartz and apatitic minerals - *Minerals Engineering*, 127: 178 – 184.
24. Rooze J., Rebrov E. V., Schouten J. C., Keurentjes J. T. (2013). Dissolved gas and ultrasonic cavitation – a review - *Ultrasonics Sonochemistry*, 20: 1 - 11.
25. Wu C, Nessel K, Masliyah J, Xu Z. (2012). Generation and characterization of submicron size bubbles - *Advances in Colloid and Interface Science*, 179 - 182: 123 - 132.
26. Uchida T, Liu S, Enari M, Oshita S, Yamazaki K, Gohara K. (2016). Effect of NaCl on the lifetime of micro - and nanobubbles – *Nanomaterials*, 6: 31.
27. Ushikubo, F. Y., Enari, M., Furukawa, T., Nakagawa, R., Makino, Y., Kawagoe, Y., Oshita, S. (2010). Zeta - potential of micro - and/or nano - bubbles in water produced by some kinds of gases - *IFAC Proceedings volumes*, 43(26): 283 - 288.
28. Ducker, W. A. (2009). Contact angle and stability of interfacial nanobubbles – *Langmuir*, 25(16): 8907 - 8910.
29. Ebina, K., Shi, K., Hirao, M., Hashimoto, J., Kawato, Y., Kaneshiro, S., Morimoto, T., Koizumi, K., Yoshikawa, H. (2013). Oxygen and air Nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, mice - *PLoS One* 8 - e65339.
30. Hanif, I. M., Effendi, I., Budiardi, T., Diatin, I. (2021). The recirculated aquaculture system (RAS) development with nanobubble application to improve growth performance of grouper fish fry culture. *J. Akuakultur Indones*, 20, 181 - 190.
31. Rahmawati, A. I., Saputra, R. N., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Junaedi, H., Cahyadi, D., Saputra, H. K. H., Prabowo, W. T., Kartamiharja, U. K. A., Shafira, H., Noviyanto, A., Rochman, N.T. (2021). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond - *Aquac, Fish*, 6, 277 -282.
32. El-Saadony, M. T., Swelum, A. A., Abo Ghanima, M. M., Shukry, M., Omar, A. A., Taha, A. E., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., El-Tarabily, K. A., Abd El-Hack, M. E. (2022). Shrimp production, the most important diseases that threaten it, and the role of probiotics in confronting these diseases: a review - *Res. Vet. Sci*, 144, 126 - 140.
33. Chen, B., Zhou, S., Zhang, N., Liang, H., Sun, L., Zhao, X., Guo, J., Lu, H. (2022). Micro and nano bubbles promoted biofilm formation with strengthen of COD and TN removal synchronously in a blackened and odorous water - *Sci. Total Environ*, 837, 155578.
34. Subhan, U., Iskandar, Zahidah, Joni, I. M. (2021). Detection of reserve oxygen potential in the present of fine bubbles and its Ammonia removal for aquaculture effluent - *Mater. Sci – Forum*, 1044, 103 - 111.
35. Nghia, N. H., Van, P. T., Giang, P. T., Hanh, N. T., St-Hilaire, S., Domingos, J. A. (2021). Control of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain) and improvement of water quality using nanobubble technology - *Aquac. Res*, 52, 2727 - 2739.
36. Rafeeq, S., Shiroodi, S., Schwarz, M. H., Nitin, N., Ovissipour, R. (2020). Inactivation of *Aeromonas hydrophila* and *Vibrio parahaemolyticus* by curcumin-mediated photosensitization and Nanobubble - Ultrasonication approaches – *Foods*, 9: 1306.
37. Hare Ram Devkota, Dilip Kumar Jha, Tista Prasai Joshi, Shreemat Shrestha, and Mahendra Prasad Bhandari (2023). Enhancing the survival rate in live fish transport by utilizing nanobubble technology. *Nepalese Journal of Aquaculture and Fisheries*, vol 10: 33 - 42.
38. Saputra, R N, Rahmawati, A I, Absirin, M F, Junaedi, H, Cahyadi, D, Noviyanto, A, Nugroho, D W, Suryandaru, R Ikono and Rochman, N T. (2020). Effect of nitrogen nanobubble preservation on the quality, microbial population, and storage life of fresh yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), *Earth and Environmental Science*, 472: 012021.

**NANOBUBBLE TECHNOLOGY IN SEAFOOD PRESERVATION:
MECHANISMS AND APPLICATIONS**

Vu Dinh Tien¹, Vu Duy Hung¹

¹Ha Noi University of Science and Technology

Abstract

The seafood industry faces significant challenges in maintaining product quality and extending shelf-life due to rapid spoilage caused by microorganisms, endogenous enzymes, and oxidation. Traditional preservation methods, such as icing, freezing, or chemical use, have certain limitations. Nanobubble (NB) technology is emerging as a "green" and advanced solution, featuring ultra-fine gas bubbles with unique physicochemical properties. This paper reviews the definition, characteristics, methods and factors influencing nanobubble formation. Particularly, it focuses on the mechanisms and applications of nanobubbles using different gases (oxygen, ozone, nitrogen) in enhancing dissolved oxygen, controlling pathogenic microorganisms, washing and disinfection, thereby extending the shelf-life and improving the quality of post-harvest seafood. This technology promises breakthrough improvements, although challenges related to cost, standardized protocols, and the need for further research to optimize its application in the aquaculture industry remain.

Keywords: *Nanobubbles, seafood preservation, ozone nanobubbles, microbial control.*

Ngày nhận bài: 23/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 8/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 28/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ CỦA QUÁ TRÌNH CẤP ĐÔNG BẰNG CHẤT TẢI LẠNH LỎNG ỨNG DỤNG TRONG CHẾ BIẾN VÀ BẢO QUẢN GÀ ĐÔNG LẠNH

Nguyễn Thị Minh Nguyệt^{1,*}, Phạm Anh Tuấn¹,

Lê Đức Thông¹, Ngô Thị Thanh Thuý¹

¹*Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch*

**Email: ntmnguyet@mae.gov.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến quá trình cấp đông thịt gà mía lai (được nuôi tại xã Yên Thế, tỉnh Bắc Ninh) bằng chất tải lạnh lỏng. Gà sau giết mổ được đóng gói chân không bằng màng polyamide (PA) có độ dày 100 μm , ở áp suất chân không 200 mmHg, sau đó được cấp đông bằng chất tải lạnh lỏng. Kết quả cho thấy, nhiệt độ cấp đông thấp kết hợp với vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng cao giúp rút ngắn đáng kể thời gian cấp đông và cải thiện chất lượng sản phẩm. Để đạt được hiệu quả tối ưu, nhiệt độ cấp đông cần được duy trì ở mức $\leq -32 \pm 1^\circ\text{C}$, với vận tốc đối lưu tối thiểu là 0,5 m/s. Ở điều kiện -33 đến -35°C và vận tốc đối lưu 0,5 m/s, thời gian cấp đông tương ứng là 70 ± 10 phút đối với gà có khối lượng 1,2 - 1,9 kg và 85 \pm 5 phút đối với gà có khối lượng từ 1,9 - 2,3 kg. Sản phẩm sau cấp đông cho thấy, thịt gà có chất lượng cảm quan tốt, cấu trúc mô cơ được bảo toàn tốt với tỷ lệ hư hại tế bào khoảng 0,01%. Sau 6 tháng bảo quản ở nhiệt độ $-18 \pm 2^\circ\text{C}$, sản phẩm vẫn đáp ứng các yêu cầu theo TCVN 7047:2019 đối với thịt gia cầm đông lạnh. Các chỉ tiêu cảm quan của thịt sống, thịt chín và nước luộc duy trì ổn định trong suốt quá trình bảo quản, với điểm số lần lượt là 21,7; 23,0; 14,1 tại thời điểm ban đầu và 21,2; 22,8; 13,9 sau 6 tháng. Hàm lượng amoniac đo được là 9,23 mg/100 g, nằm trong giới hạn cho phép, cho thấy sản phẩm được bảo quản hiệu quả về độ tươi và chất lượng trong suốt thời gian lưu trữ.

Từ khóa: *Cấp đông nhanh, chất tải lạnh lỏng, thịt gà đông lạnh, bảo quản.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giống gà mía lai được lai tạo giữa gà mái (Lương Phượng của Trung Quốc) x gà trống (Mía địa phương) và được nuôi tại xã Yên Thế, tỉnh Bắc Ninh, là một trong những giống được phát triển thành công và phổ biến tại Việt Nam, với đặc điểm nổi bật như: Thịt săn chắc, thơm ngon, phù hợp thị hiếu người tiêu dùng và có tiềm năng cao trong chuỗi giá trị xuất khẩu. Tuy nhiên, cũng như các loại thịt gia cầm khác, thịt gà lai sau giết mổ rất dễ bị hư hỏng do ảnh hưởng của quá trình phân giải protein dưới tác động của enzyme nội sinh và sự phát triển nhanh chóng của vi sinh vật gây hại. Các biến đổi chất lượng bao gồm: Suy giảm kết cấu mô cơ, tăng tỷ lệ rỉ dịch, biến đổi màu sắc, mùi vị và tích lũy các chất chuyển hóa như amoniac - là những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến cảm quan, an toàn thực phẩm và khả năng tiêu thụ sản phẩm.

Để kiểm soát các quá trình hư hỏng này, các biện pháp bảo quản sau giết mổ đóng vai trò then chốt. Trong đó, cấp đông là phương pháp phổ biến nhất nhằm ức chế sự phát triển vi sinh vật và làm chậm các phản ứng sinh hóa. Ở nhiệt độ $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, các enzyme bị ức chế nhờ đó các phản ứng sinh hoá diễn ra bị chậm lại giúp hạn chế được tối đa mức tổn thất chất lượng trong suốt quá trình bảo quản đông. Tuy nhiên, chất lượng sản phẩm đông lạnh lại bị ảnh hưởng bởi các tinh thể đá hình thành trong suốt quá trình cấp đông, chúng có thể gây phá vỡ cấu trúc tế bào hoặc phá huỷ các sợi cơ. Khi kích thước của tinh thể đá cùng mức độ không đồng nhất càng lớn thì cấu trúc tế bào và mức phá huỷ làm rách đứt các sợi cơ càng nhiều. Điều này làm giảm chất lượng cũng như giá trị cảm quan của sản phẩm. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh quá trình ô xy hoá chất béo và protein xảy ra trong

suốt quá trình bảo quản [1]. Tốc độ cấp đông càng nhanh giúp cấu trúc tế bào càng ít bị phá vỡ cũng như mức độ đứt gãy các sợi cơ càng nhỏ thì quá trình ô xy hoá chất béo và protein trong suốt quá trình bảo quản diễn ra càng chậm [2]. Trong khi đó, kích thước và độ đồng nhất của tinh thể đá hình thành trong suốt quá trình cấp đông thực phẩm phụ thuộc vào tốc độ cấp đông [3]. Tốc độ cấp đông càng nhanh thì tinh thể đá càng nhỏ và đồng nhất [4], chúng phụ thuộc chặt chẽ vào chế độ công nghệ và chế độ cấp đông. Với phương pháp cấp đông khác nhau sử dụng các tác nhân lạnh khác nhau thì có hệ số truyền nhiệt khác nhau [5, 6]. Chế độ công nghệ cấp đông có hệ số truyền nhiệt cao giúp tốc độ cấp đông nhanh sẽ tạo ra các mầm tinh thể đá nhỏ và đồng nhất. Số lượng và kích thước của tinh thể đá được xem là tham số quan trọng để đánh giá ảnh hưởng của phương pháp cấp đông lên sự thay đổi chất lượng của sản phẩm đông lạnh [7].

Công nghệ cấp đông nhanh bằng chất tải lạnh lỏng (liquid refrigerant freezing) đang được quan tâm nhờ ưu điểm làm lạnh sâu và nhanh, cho phép sản phẩm đi qua vùng nhiệt độ nguy hiểm (-1 đến -5°C) trong thời gian ngắn, giúp hạn chế hình thành tinh thể đá lớn, từ đó bảo toàn tốt cấu trúc mô cơ và chất lượng cảm quan.

Mục đích của nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của thông số công nghệ cấp đông bằng chất tải lạnh lỏng (nhiệt độ, vận tốc dòng chảy và khối lượng thân gà cấp đông) đến chất lượng cấp đông của sản phẩm gà mía lai Yên Thế, giúp giảm duy trì được chất lượng sản phẩm sau cấp đông.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

- Nguyên liệu gà: Giống gà mía lai (*Gallus gallus*) được chăn nuôi tại xã Yên Thế, tỉnh Bắc Ninh, với cùng điều kiện về chế độ dinh dưỡng, có độ tuổi đồng đều \approx 6 tháng và khối lượng trung bình $1,6 \pm 0,2 - 2,8 \pm 0,2$ kg/con.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Hoá chất: Formalin (Trung Quốc); cồn 100% (Việt Nam), acetic (Trung Quốc), chloroform (Trung Quốc), nước cất, xylen, hematoxylin harris

(Merck, Đức), eosine Y (Merck, Đức), NH_4OH (Trung Quốc), HCl (Trung Quốc), axit picric (Trung Quốc), toluidine blue O (Ấn Độ). Keo dán lá kính (Laika, Mỹ).

Dụng cụ: Ống hút bằng nhựa, quả bóp cao su hút hóa chất, kẹp không máu, kéo, phiến kính, lá kính, găng tay, khẩu trang, kính bảo vệ mắt và quần áo bảo hộ.

Thiết bị cấp đông năng suất 200 kg nguyên liệu/giờ, nhiệt độ lạnh -26 đến -35°C.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp sơ chế và xử lý nguyên liệu

Gà sau khi được gây ngất, cắt tiết và đánh lông theo thông số công nghệ kế thừa từ thí nghiệm 1, tiến hành rửa sạch và moi nội tạng theo các công đoạn từ 1 - 7, sau đó đưa đi thử nghiệm hiệu quả xử lý vi sinh vật bằng dung dịch điện hóa với 4 mức nồng độ clo hoạt tính (25 - 50 - 75 - 100 ppm) ở pH 4, nhiệt độ 4 - 8°C. Sau đó, làm khô ráo nước bề mặt thân gà, đóng gói hút chân không trong bao bì PA (dày 100 μm), áp suất 200 mmHg và được đưa đi cấp đông trong thiết bị cấp đông bằng chất lạnh lỏng.

2.3.2. Phương pháp thực nghiệm

- Bố trí thí nghiệm: Khối lượng nguyên liệu được bố trí tại hai mức khối lượng trung bình tại ngưỡng trên và ngưỡng dưới của giống gà mía lai: $1,6 \pm 0,2 - 2,8 \pm 0,2$ kg/con. Nhiệt độ cấp đông được tiến hành thí nghiệm tại 4 mức: -35°C, -32°C, -29°C và $-26 \pm 1^\circ\text{C}$; tại vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng là 0,3 m/s; sau khi lựa chọn được nhiệt độ cấp đông, tiến hành thí nghiệm vận tốc đối lưu tại 4 mức: 0,3 m/s, 0,4 m/s, 0,5 m/s, 0,6 m/s. Theo dõi và đánh giá chất lượng định kỳ sau cấp đông, 3 tháng/lần đối với mẫu bảo quản lạnh đông. Mỗi mẫu thí nghiệm có 5 con, lặp lại 3 lần, kết quả là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại.

- Các chỉ tiêu theo dõi:

+ Thời gian cấp đông.

+ Đánh giá chỉ tiêu vi sinh vật (*E. coli*, *Salmonella*), chỉ tiêu hoá lý (pH, H_2S , amoniac).

+ Chất lượng hoá lý của sản phẩm (tỷ lệ nước tách ra (%), tỷ lệ rách tế bào (%), hình ảnh chụp cấu trúc tế bào và chất lượng cảm quan sản phẩm

sau rã đông của thịt sống, thịt luộc chín, nước luộc).

2.4. Phương pháp phân tích và đánh giá chất lượng

- Lấy mẫu theo TCVN 7925:2018 [8].
- Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên: Cân khối lượng.
- Xác định pH theo TCVN 4835:2002 (ISO 2917:1999) [9].
- Xác định hàm lượng amoniac theo TCVN 3706:1990 [10].
- Thử định tính hydro sulfua theo TCVN 3699:1990 [11].
- Xác định tỷ lệ rách tế bào bằng ImageJ.
- Xác định hàm lượng nước tách ra: Cân khối lượng nguyên liệu mẫu sau rã đông, lượng nước tách ra là hiệu của nguyên liệu ban đầu trước tách đông và mẫu cân sau rã đông.
- Đo nhiệt độ đạt tâm sản phẩm: Bằng nhiệt kế tự ghi với đầu sensor LogTag RID30-7R (New Zealand) với dải đo $-30^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ và chip i button (Mỹ), dải nhiệt độ đo từ 100°C đến -40°C .
- Xác định vận tốc dòng chảy bằng thiết bị đo vận tốc dòng Valeport 801 (Anh) với dải đo từ -5 m/s đến 5 m/s .
- Xác định thời gian cấp đông: Thời gian cấp đông được tính từ thời điểm đưa sản phẩm vào môi trường cấp đông đến khi tâm sản phẩm đạt -18°C .
- Sự hình thành và phát triển của tinh thể băng trong mô cơ đông lạnh được xác định bằng kính hiển vi bằng cách quan sát sự thay đổi cấu trúc của các mô cơ theo phương pháp của Shi và cs (2018) [12]: Mẫu tươi được cố định mẫu trong dung dịch cố định carnoy (60% ethanol tuyệt đối, 30% chloroform và 10% axit axetic) trong 24 giờ tại 4°C . Mẫu đông lạnh được cố định mẫu trong dung dịch davidson (50 ml formalin (37%), 75 ml cồn tuyệt đối, 25 ml axit acetic và 75 ml nước cất) trong 24 giờ tại 4°C . Sau đó, mẫu được rửa lại bằng cồn ethanol 50% (v/v), tiếp tục dehydrated khử nước qua cồn (70%, 80%, 90%, 95%, 100%) và được đúc khuôn paraffin. Mẫu được cắt ở độ dày $10\ \mu\text{m}$ và nhuộm H&E. Tiêu bản được quan sát và chụp ảnh

dưới kính hiển vi quang học Axio lab A1 (ZEISS - Đức).

- Đánh giá chất lượng cảm quan theo phương pháp cho điểm; các yêu cầu chung để đánh giá cảm quan được áp dụng theo mục 2 của TCVN 3215:1979 [13]. Hội đồng đánh giá cảm quan của gà từ 5 - 9 thành viên được lựa chọn từ một nhóm nhiều người thông qua các bài thử cơ bản về mùi, vị, màu sắc. Sau khi được lựa chọn, các thành viên được tập huấn, làm quen với một số mẫu gà để thống nhất các khái niệm, thuật ngữ và cách sử dụng thang điểm. Số mẫu được đánh giá cùng một lúc từ 3 - 6 mẫu và được lặp lại ít nhất 2 lần trên một mẫu thử. Các tính chất được chọn để đánh giá chất lượng cảm quan gà theo TCVN 7046:2019 [14], TCVN 12429-3:2021 [15] và TCVN 7047:2020 [16]. Thang điểm: Các chỉ tiêu được đánh giá riêng lẻ bằng cách sử dụng thang 5 điểm từ 1 - 5, điểm cao nhất là điểm 5, điểm thấp nhất là điểm 1 theo quy định trong bảng 2.1. Hệ số quan trọng 1,0 đối với tất cả các chỉ tiêu đánh giá cảm quan.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA và kiểm định Turkey (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các lần lặp lại trong cùng thí nghiệm. Các phân tích thống kê sử dụng phần mềm SPSS 16.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

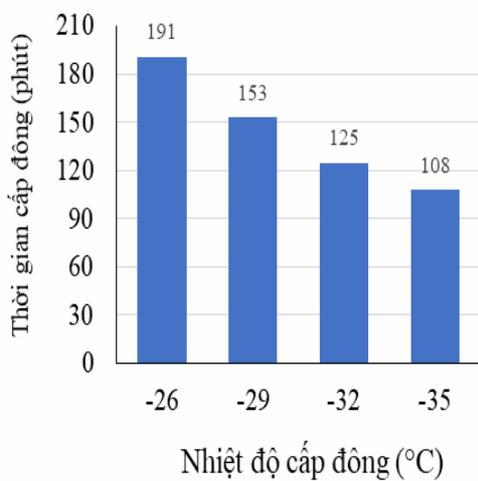
3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến thời gian cấp đông và chất lượng thịt gà

Kết quả cho thấy, khi nhiệt độ cấp đông giảm từ -26°C xuống -35°C tại vận tốc lưu chuyển dòng là $0,3\text{ m/s}$, thời gian cấp đông giảm rõ rệt từ 191 phút xuống còn 108 phút (Hình 1). Điều này hoàn toàn phù hợp với nguyên lý truyền nhiệt, khi độ chênh lệch nhiệt độ giữa sản phẩm và môi trường cấp đông tăng lên sẽ làm tăng tốc độ trao đổi nhiệt, rút ngắn thời gian cấp đông. Thời gian cấp đông ngắn giúp giảm thiểu sự hình thành tinh thể đá lớn, từ đó hạn chế tổn thương cấu trúc tế bào trong thịt [2]. Chất lượng được minh chứng qua các chỉ tiêu phân tích như: Tỷ lệ rách cấu trúc tế bào giảm dần theo chiều giảm của nhiệt độ cấp đông, từ 1,97% ở -26°C xuống còn 0,97% ở -35°C (Hình 2). Độ pH của thịt có xu hướng giảm nhẹ

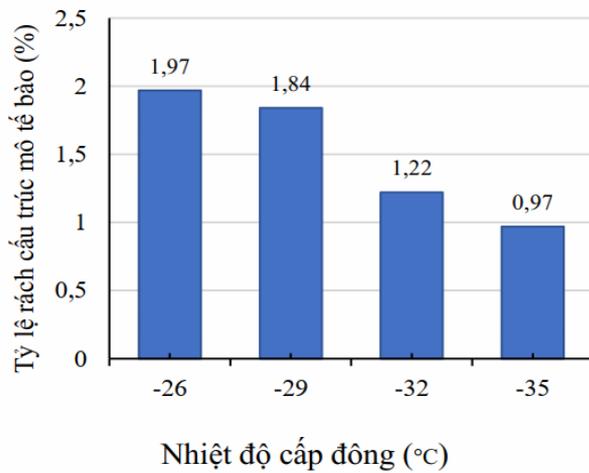
theo nhiệt độ cấp đông, dao động từ 6,13 ở -26°C đến 6,00 ở -35°C (Hình 3). Chỉ tiêu cảm quan (Hình 4) các mẫu cấp đông ở nhiệt độ thấp hơn (-32°C và -35°C), đạt điểm cảm quan cao hơn ở cả ba tiêu chí: Thịt sống, thịt chín và nước luộc thịt. Cụ thể, điểm cảm quan của nước luộc thịt tăng từ 13,1 điểm (ở -26°C) lên 13,7 điểm (ở -35°C). Kết quả đã phản ánh ảnh hưởng tích cực của quá trình cấp đông lên hoạt tính enzym và biến đổi sinh hóa trong mô thịt.

Hình 5 minh họa rõ ràng mối quan hệ giữa nhiệt độ cấp đông và mức độ bảo toàn cấu trúc mô tế bào thịt gà. Qua hình ảnh hiển vi mô học, có thể

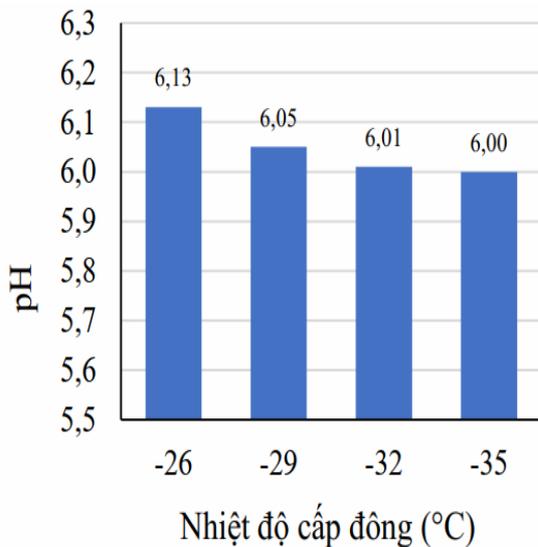
nhận thấy, khi nhiệt độ cấp đông càng thấp, cấu trúc tế bào càng ít bị rách. Ở -32°C và -35°C, tinh thể đá hình thành có kích thước rất nhỏ, phân bố đều, giúp hạn chế tối đa tác động cơ học lên màng tế bào. Kết quả phân tích định lượng cho thấy, tỷ lệ rách mô tế bào chỉ khoảng 1,22% và 0,97% ở các mức nhiệt độ thấp này, trong khi ở -26°C và -29°C, tỷ lệ rách tăng lên đáng kể do tốc độ cấp đông chậm hơn, tạo điều kiện cho sự phát triển của tinh thể đá lớn, gây vỡ màng và phá hủy cấu trúc tế bào. Hiện tượng này đã được lý giải trong nhiều nghiên cứu trước đây.



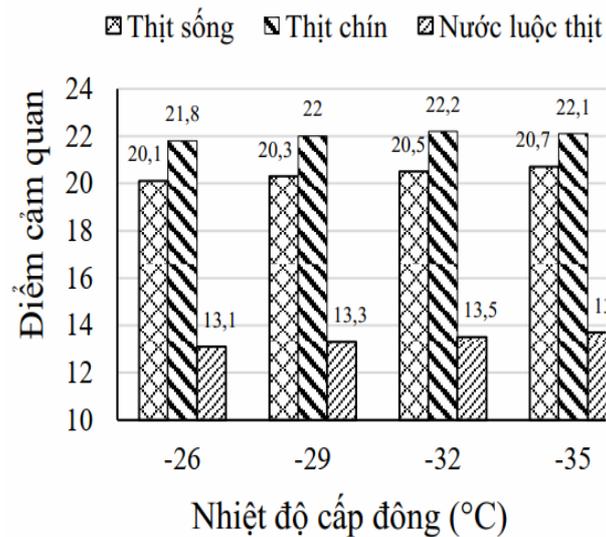
Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến thời gian cấp đông gà thịt



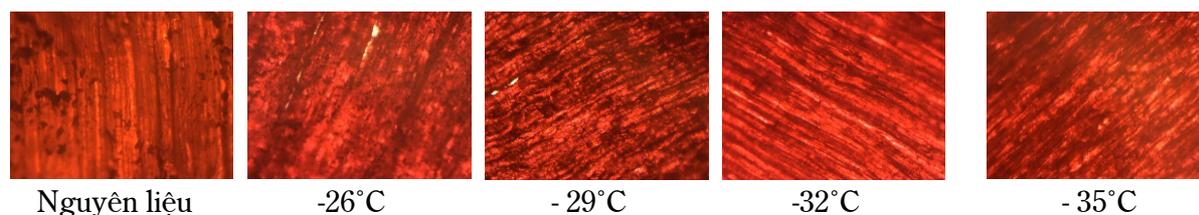
Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến tỷ lệ rách tế bào gà thịt



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến pH của thịt gà



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến chất lượng cảm quan của thịt gà



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến cấu trúc mô tế bào (độ phóng đại x 10.000)

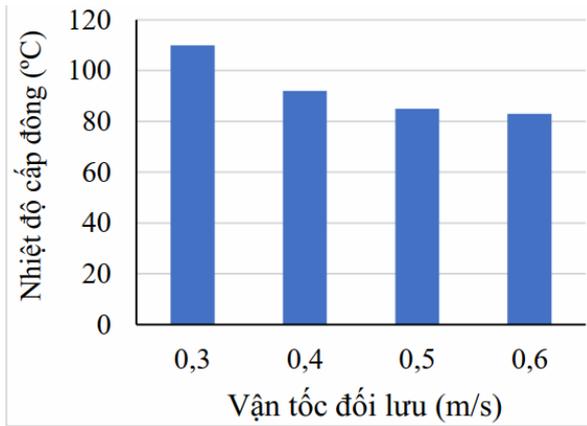
Theo Sun và Holley (2012) [17], nhiệt độ cấp đông càng thấp càng tạo điều kiện cho sự hình thành tinh thể băng nhỏ ở giai đoạn sớm, giúp duy trì tính toàn vẹn của cấu trúc mô thịt. Khi nhiệt độ cao hơn (chỉ dưới điểm đóng băng một chút), nước trong tế bào có thời gian kết tinh chậm hơn, tinh thể băng có cơ hội phát triển lớn hơn, gây tổn thương nghiêm trọng cho mô cơ, điều này cũng dẫn đến hiện tượng tăng rỉ dịch sau rã đông và giảm giá trị cảm quan. Kết quả nghiên cứu của Zhou và cs (2010) [18] về ảnh hưởng của nhiệt độ cấp đông đến thịt gia cầm cũng cho thấy, nhiệt độ cấp đông dưới -30°C là ngưỡng quan trọng để hạn chế tổn thương tế bào. Mô cơ được cấp đông ở -35°C có mật độ tế bào nguyên vẹn cao hơn 20 - 25% so với mẫu được cấp đông ở -25°C , nhờ vào cơ chế hình thành tinh thể nhanh và đồng đều [18]. Ngoài ra, theo Li và cs (2020) [19], sự tổn thương tế bào trong cấp đông chậm không chỉ ảnh hưởng đến cấu trúc vật lý, mà còn dẫn đến mất chất dinh dưỡng tan trong nước và enzym nội sinh bị kích hoạt trở lại sau rã đông, đây là một nguyên nhân quan trọng làm giảm chất lượng tổng thể của sản phẩm đông lạnh. Từ thực nghiệm và tài liệu cho thấy, nhiệt độ cấp đông càng thấp ($\leq -32^{\circ}\text{C}$) không chỉ giúp rút ngắn thời gian cấp đông mà còn bảo toàn tốt cấu trúc vi mô của thịt, qua đó nâng cao giá trị cảm quan và kéo dài tuổi thọ bảo quản.

3.2. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng đến thời gian cấp đông và chất lượng sản phẩm thịt gà

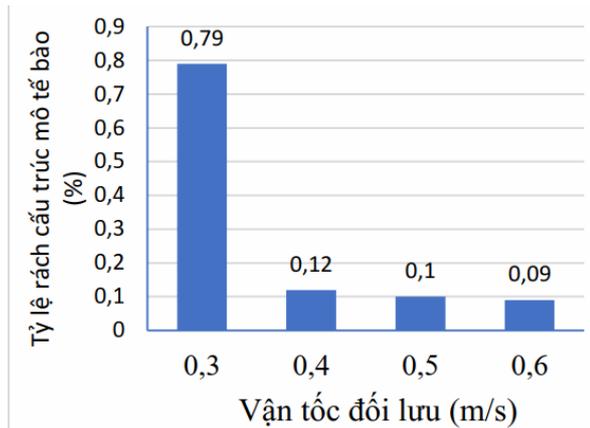
Với các thông số cấp đông đã lựa chọn kế thừa từ thí nghiệm 3.1, nhiệt độ cấp đông -35°C , vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng thay đổi từ 0,3 - 0,6 m/s, tiến hành đánh giá thời gian cấp đông và chất lượng sản phẩm sau cấp đông. Kết quả cho thấy, quá trình cấp đông thực phẩm chịu ảnh hưởng đáng kể từ vận tốc đối lưu. Vận tốc đối lưu càng

cao dẫn đến hệ số truyền nhiệt càng lớn là nguyên nhân dẫn đến thời gian cấp đông càng rút ngắn sẽ tạo ra các mầm tinh thể đá nhỏ và đồng nhất, từ đó ảnh hưởng đến tỷ lệ rách cấu trúc tế bào giảm, duy trì được sự biến đổi về pH thịt và chất lượng cảm quan của sản phẩm sau rã đông [7]. Khi vận tốc đối lưu tăng từ 0,3 - 0,6 m/s, thời gian cấp đông giảm rõ rệt từ 110 phút xuống còn 83 phút. Mức giảm nhanh nhất nằm trong khoảng từ 0,3 - 0,4 m/s (giảm 18 phút), cho thấy hiệu quả rõ của việc tăng vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng (Hình 6). Mức độ ảnh hưởng của vận tốc đối lưu trong quá trình cấp đông đến cấu trúc mô tế bào được thể hiện ở hình 10, ở vận tốc $\geq 0,5$ m/s tương ứng với thời gian cấp đông < 90 phút đã giúp quá trình cấp đông xảy ra nhanh, kích thước tinh thể đá nhỏ mịn đã không làm rách cấu trúc mô tế bào (0,1 - 0,09%) (Hình 7).

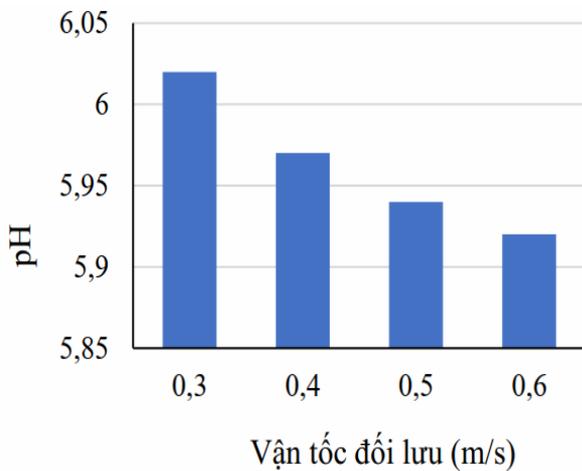
Giá trị pH giảm nhẹ từ 6,02 xuống 5,92 theo chiều tăng vận tốc đối lưu. Mặc dù sự thay đổi không lớn, nhưng giá trị pH thấp hơn ở vận tốc cao có thể cho thấy quá trình chuyển hóa nội sinh trong thịt được kiểm soát tốt hơn, đặc biệt là hoạt động của enzym phân giải protein và quá trình tạo amin đã được kiểm soát tốt hơn ở điều kiện cấp đông nhanh, dẫn đến chất lượng ổn định hơn (Hình 8). Điều này, thể hiện chất lượng cảm quan của thịt gà. Khi tăng vận tốc 0,3 m/s lên 0,6 m/s, thịt sống có điểm cảm quan tăng từ 20,6 lên 21,9, cho thấy thịt giữ được màu sắc và cấu trúc tốt hơn ở tốc độ cao; thịt chín có điểm tăng từ 22,2 lên 23,0, phản ánh chất lượng tốt hơn sau nấu, cả về mùi vị lẫn kết cấu; nước luộc thịt có điểm tăng từ 13,5 lên 14,2, cho thấy nước luộc trong hơn, ít béo và hấp dẫn hơn về mặt cảm quan (Hình 9). Kết quả thí nghiệm thu được đã phản ánh trung thực hiện tượng hình thành tinh thể đá mịn hơn khi tốc độ cấp đông cao, một yếu tố quan trọng để bảo toàn giá trị dinh dưỡng và cảm quan.



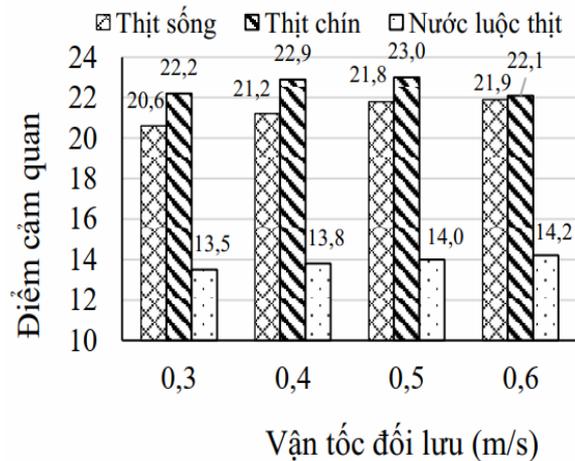
Hình 6. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu đến thời gian cấp đông gà thịt



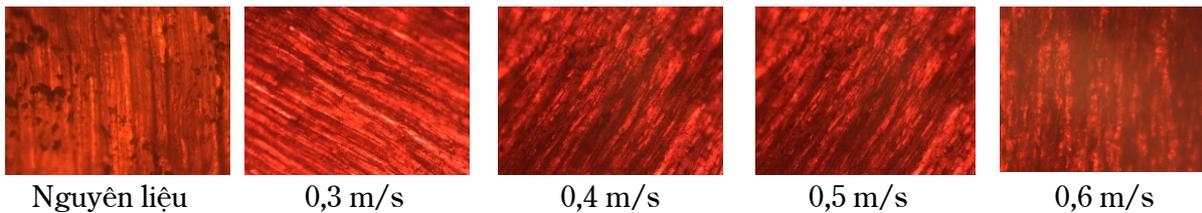
Hình 7. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu đến tỷ lệ rách tế bào thịt gà



Hình 8. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu đến giá trị pH của thịt gà



Hình 9. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu đến giá trị cảm quan của thịt gà

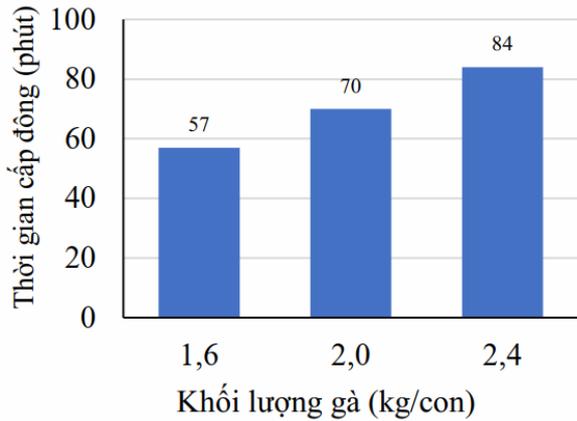


Hình 10. Ảnh hưởng của vận tốc đối lưu đến cấu trúc mô tế bào (độ phóng đại x 10.000)

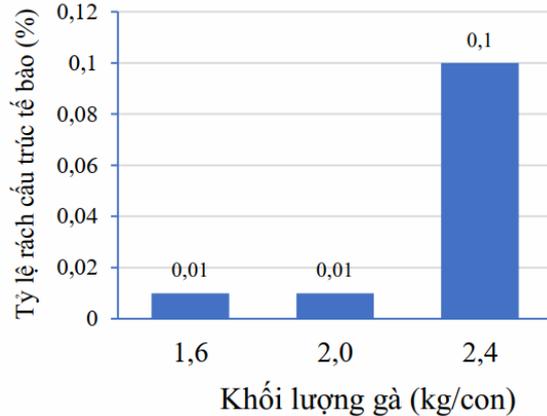
3.3. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến thời gian cấp đông và chất lượng thịt gà

Gà được cấp đông tại nhiệt độ $-35 \pm 2^\circ\text{C}$ và vận tốc đối lưu là 0,5 m/s (được kế thừa từ thí nghiệm 3.1 và 3.2) với hai mức khối lượng. Kết quả ở hình 11 cho thấy rõ mối tương quan khối lượng gà và thời gian cấp đông: Khi khối lượng thân thịt tăng từ 1,6 kg lên 2,4 kg, thời gian cấp đông tăng tương ứng từ 57 phút lên 84 phút. Điều này, hợp lý do kích thước lớn hơn làm tăng bán kính truyền nhiệt từ lõi ra ngoài, dẫn đến tốc độ đông chậm hơn ở

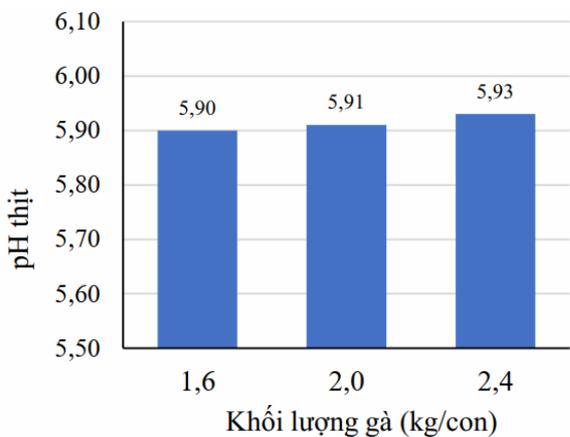
tâm thịt. Sự gia tăng thời gian cấp đông cũng kéo theo tỷ lệ rách cấu trúc mô tế bào cao hơn: Từ 0,01% ở gà 1,6 kg lên 0,1% ở gà 2,4 kg (Hình 15). Điều này cho thấy, các mẫu có kích thước lớn do quá trình cấp đông kéo dài đã hình thành nhiều tinh thể đá lớn hơn, gây tổn thương cấu trúc mô. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Zhou và cs (2010) [18]; Leygonie và cs (2012) [20], theo đó tốc độ cấp đông chậm là nguyên nhân chính làm tăng tỷ lệ mất nước sau rã đông.



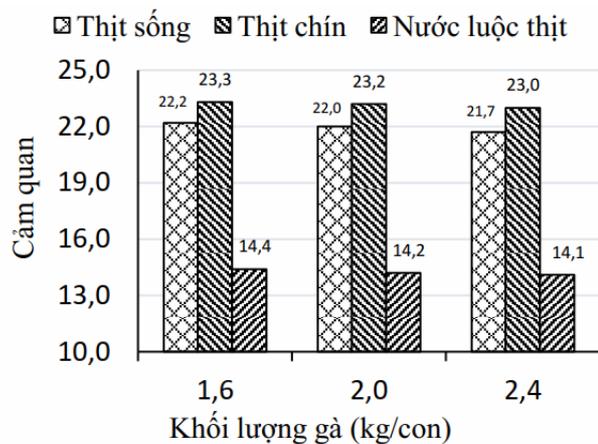
Hình 11. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến thời gian cấp đông gà thịt



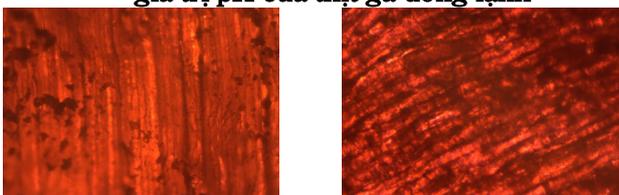
Hình 12. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến tỷ lệ rách tế bào



Hình 13. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến giá trị pH của thịt gà đông lạnh

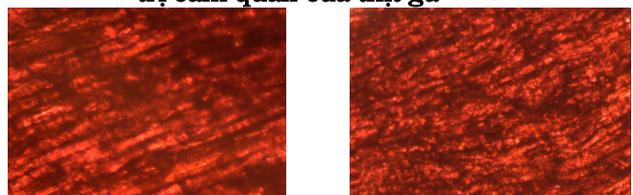


Hình 14. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến giá trị cảm quan của thịt gà



Nguyên liệu

1,6 kg



2,0 kg

2,4 kg

Hình 15. Ảnh hưởng của khối lượng gà đến cấu trúc mô tế bào (độ phóng đại x 10.000)

Về chất lượng cảm quan, các mẫu gà nhỏ hơn (1,6 kg) đạt điểm cảm quan cao hơn rõ rệt: Thịt sống đạt 22,2 điểm so với 21,7 điểm ở mẫu 2,4 kg. Thịt chín và nước luộc cũng có điểm cao hơn (23,3 và 14,4 so với 23,0 và 14,1, tương ứng), cho thấy thịt ít bị bở, giữ được màu sắc và kết cấu sau chế biến tốt hơn ở mẫu có khối lượng nhỏ (Hình 14). Các chỉ số pH trong ba nhóm không khác biệt có ý nghĩa thống kê (dao động từ 5,90 - 5,93), chứng tỏ sự ổn định sinh hóa giữa các nhóm khối lượng.

Tuy nhiên, ảnh hưởng của cấu trúc mô bị tổn thương do cấp đông chậm vẫn thể hiện rõ qua cảm quan và tỷ lệ rách cấu trúc mô tế bào (Hình 13).

Tương tự, kết quả nghiên cứu của Tippala và cs (2020) [21] về thịt gà nguyên con cấp đông ở các mức khối lượng khác nhau cũng ghi nhận, mẫu gà nặng hơn cần thời gian cấp đông dài hơn và có tỷ lệ tách dịch khi rã đông hơn đến 25 - 30% so với mẫu nhẹ. Các phương pháp cải tiến như tăng vận tốc lưu chuyển môi chất hoặc chia

nhỏ thân thịt trước khi cấp đông sẽ giúp rút ngắn thời gian và cải thiện chất lượng [22].

3.4. Chất lượng thịt gà trong bảo quản lạnh đông

Sản phẩm gà cấp đông ở chế độ $35 \pm 2^\circ\text{C}$ và vận tốc đối lưu là 0,5 m/s (được kế thừa từ thí nghiệm 3.1 và 3.2) ở khối lượng thịt trung bình là $2,4 \pm 2$ kg. Kết quả cho thấy, phương pháp cấp đông trong chất tải lạnh lỏng giúp cải thiện rõ rệt chất lượng bảo quản sản phẩm gà lai Yên Thế so với phương pháp cấp đông truyền thống (Bảng 1). Sau 6 tháng bảo quản, các chỉ tiêu pH, amoniac và cảm quan ở nhóm thí nghiệm đều đạt mức tốt hơn

so với nhóm đối chứng, phản ánh hiệu quả của công nghệ cấp đông mới trong việc duy trì chất lượng sản phẩm.

Độ pH thấp hơn ở nhóm thí nghiệm (5,85 so với 6,06 ở nhóm ĐC sau 6 tháng) cho thấy quá trình biến đổi sinh hóa trong thịt đã được kìm hãm. Theo kết quả nghiên cứu của Leygonie và cs (2012) [20], sự tăng pH trong quá trình bảo quản đông thường gắn với sự phân hủy protein và hoạt động vi sinh vật, đặc biệt khi cấu trúc tế bào bị phá vỡ bởi quá trình cấp đông chậm. Như vậy, cấp đông nhanh bằng môi chất lỏng đã giúp bảo toàn cấu trúc mô, hạn chế tăng pH.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản đông đến chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm gà sau khi rã đông

Thời gian bảo quản	CT	Chỉ tiêu chất lượng bảo quản đông					
		pH	Phản ứng định tính H ₂ S	Amoni- ac (mg/100 g)	Chỉ tiêu cảm quan		
					Thịt sống	Thịt chín	Nước luộc thịt
0 ngày	ĐC	5,91 ^b	(-)	6,11 ^b	20,5 ^a	22,0 ^a	13,7 ^a
	TN	5,78 ^a	(-)	5,71 ^a	21,7 ^b	23,0 ^b	14,1 ^b
3 tháng	ĐC	5,97 ^b	(-)	9,01 ^b	20,0 ^a	21,7 ^a	13,5 ^a
	TN	5,84 ^a	(-)	6,21 ^a	21,5 ^b	22,9 ^b	14,0 ^b
6 tháng	ĐC	6,06 ^b	(-)	12,61 ^b	19,2 ^a	21,1 ^a	13,2 ^a
	TN	5,85 ^a	(-)	9,23 ^a	21,2 ^b	22,8 ^b	13,9 ^b

Ghi chú: Trong cùng một cột và thời gian bảo quản, các giá trị có cùng ít nhất một chữ giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha \leq 0,05$. CT: Công thức; ĐC: Đối chứng; TN: Thí nghiệm.

Chỉ tiêu amoniac (đánh giá quá trình khử amin và phân hủy protein) ở nhóm thí nghiệm (9,23 mg/100 g) thấp hơn đáng kể so với đối chứng (12,61 mg/100 g). Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Zhou và cs (2010) [18], theo đó tốc độ cấp đông cao giúp hạn chế hoạt động enzym nội sinh và giảm sản sinh các hợp chất bay hơi như amoniac trong thịt gà và cá đông lạnh. Bên cạnh đó, chỉ tiêu cảm quan thông qua sự ổn định của hương vị, màu sắc và kết cấu thịt cũng thể hiện hiệu quả của cấp đông bằng chất lạnh

lỏng đến chất lượng sản phẩm cấp đông. Điểm cảm quan của thịt sống, thịt chín và nước luộc giữ ổn định, lần lượt là 21,7; 23,0; 14,1 tại thời điểm ngày 0; 21,2; 22,8; 13,9 sau 6 tháng bảo quản đông. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Sun và Holley (2012) [17], trong đó nhấn mạnh rằng phương pháp cấp đông siêu nhanh giúp hạn chế hình thành tinh thể đá lớn – nguyên nhân chính gây hư hỏng mô cơ và giảm cảm quan trong sản phẩm thịt sau rã đông.

4. KẾT LUẬN

Các yếu tố công nghệ như: Nhiệt độ cấp đông, vận tốc lưu chuyển môi chất và khối lượng thân thịt có ảnh hưởng đáng kể đến thời gian cấp đông, cấu trúc mô tế bào, chất lượng cảm quan, cũng như khả năng bảo quản lâu dài của thịt gà (giống mía lai) đông lạnh. Nhiệt độ cấp đông thấp (-32°C đến -35°C) giúp giảm tổn thương cấu trúc mô nhờ hình thành tinh thể đá nhỏ và đồng đều, từ đó duy trì được độ tươi, màu sắc và giá trị cảm quan của thịt. Tăng vận tốc đối lưu chất tải lạnh lỏng (từ 0,3 - 0,6 m/s) giúp rút ngắn thời gian cấp đông, giảm tỷ lệ rách cấu trúc mô tế bào sau rã đông và cải thiện chất lượng thịt chín và nước luộc. Gà có khối lượng nhẹ hơn (1,6 - 2,0 kg) cấp đông nhanh hơn, ít mất nước hơn và giữ cảm quan tốt hơn so với gà nặng hơn (2,4 kg). Ngoài ra, các chỉ tiêu vi sinh và hóa lý như pH, hàm lượng amoniac và cảm quan đều được duy trì ổn định sau 6 tháng bảo quản ở -18 ± 2°C. Điều này cho thấy, giá trị ứng dụng thực tiễn cao của việc kiểm soát chặt chẽ các thông số kỹ thuật trong cấp đông thịt gia cầm, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả bảo quản lạnh trong công nghiệp chế biến thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89, 259 - 279.
2. Soyer, A., Ozaplı, B., U. & Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120, 1025 - 1030.
3. Kaale, L. D. & Eikevik, T. M. (2014). The development of ice crystals in food products during the superchilling process and following storage, a review. *Trends in Food Science & Technology*, 39(2), 91 - 103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.004>.
4. Kaale, L. D., Eikevik, T. M., Bardal, T., Kjorsvik, E. & Nordtvedt, T. S. (2013). The effect of cooling rates on the ice crystal growth in air-packed salmon fillets during super-chilling and superchilled storage. *International Journal of Refrigeration*, 36(1), 110 - 119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.09.006>.
5. George, R. M. (1993). Freezing processes used in the food industry (review). *Trend in Food Science & Technology*, 4, 134 - 138.
6. Van der Sman R. G. M., Voda A., van Dalen G., Duijster A (2013). Ice crystal interspacing in frozen foods. *Journal of Food Engineering*, 116, 622 - 626.
7. Lakshmanan, P. T., Varma, P. R. G., Iyer, T. S. G. (1993). Quality of commercially frozen cephalopod products from India. *Food Control*, 4, 159 - 164.
8. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7925:2018. Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm – Phương pháp lấy mẫu thân thịt để phân tích vi sinh vật.
9. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4835:2002 (ISO 2917:1999). Thịt và sản phẩm thịt - Đo độ pH - Phương pháp chuẩn.
10. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 3706:1990. Thủy sản - Phương pháp xác định hàm lượng nitơ amoniac.
11. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 3699:1990. Thủy sản - Phương pháp thử định tính hydrosulfua và amoniac.
12. Shi L., Xiong G., Ding A., Li X., Wu W., Qiao Y., Wang L. (2018). Effects of freezing temperature and frozen storage on the biochemical and physical properties of *Procambarus clarkii*. *International Journal of Refrigeration*, 91, 223 - 229.
13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 3215:1979. Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.
14. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7046:2019. Thịt tươi.
15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 12429-3:2021. Thịt mát - Phần 3 - Thịt gia cầm.
16. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7047:2020. Thịt đông lạnh.
17. Sun, X. D. & Holley, R. A. (2012). High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products. *Journal of Food Science*, 77(8), R207 - R216.

18. Zhou, G. H., Xu, X. L. & Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science*, 86(1), 119 - 128.
19. Li, X., Zhang, Y., Ma, H. & Wang, Z. (2020). Microstructural and biochemical changes of poultry meat under different freezing rates. *Journal of Food Engineering*, 270, 109 - 115.
20. Leygonie, C., Britz, T. J. & Hoffman, L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91(2), 93 - 98.
21. Tippala, S. S., Wang, T. & Kumar, Y. (2020). Freezing dynamics and quality loss in whole chicken carcasses with different weights. *Journal of Food Engineering*, 286, 110 - 116.

STUDY ON SELECTED PARAMETERS OF LIQUID CRYOGEN FREEZING PROCESS APPLIED TO THE PROCESSING AND PRESERVATION OF FROZEN CHICKEN

Nguyen Thi Minh Nguyet¹, Pham Anh Tuan¹,
Le Duc Thong¹, Ngo Thi Thanh Thuy¹

¹*Vietnam Institute of Agriculture Engineering and Post Harvest-Technology*

Abstract

This study investigates the effects of key technological parameters on freezing efficiency and product quality of hybrid mia chicken using a liquid refrigerant-based freezing system, in comparison with conventional freezing methods. Following slaughter, chickens were dried and vacuum-sealed in polyamide (PA) film (100 µm thickness) at a vacuum pressure of 200 mmHg, then frozen using a liquid refrigerant system. Results demonstrated that lower freezing temperatures combined with increased refrigerant flow velocity significantly reduced freezing time and enhanced overall product quality. Optimal performance was observed at temperatures $\leq -32 \pm 2^\circ\text{C}$ with a refrigerant flow velocity of ≥ 0.5 m/s. Under these conditions (-33 to -35°C , 0.5 m/s), chickens weighing 1.2 - 1.9 kg reached complete freezing in 70 ± 10 minutes, while those weighing 1.9 - 2.3 kg required 85 ± 5 minutes. Products frozen under these optimized conditions exhibited well-preserved muscle structure, low drip loss and superior sensory characteristics. After six months of storage at $-18 \pm 2^\circ\text{C}$, the products continued to comply with national standard TCVN 7047:2019 for frozen poultry. Sensory evaluation scores for raw meat, cooked meat and broth remained stable - recording values of 21.7, 23.0 and 14.1 at day 0 and 21.2, 22.8 and 13.9 after six months, respectively. Additionally, ammonia content remained within acceptable limits (9.23 mg/100 g), indicating effective preservation of freshness and quality throughout the storage period.

Keywords: *Fast freezing, liquid refrigerant, frozen chicken, storage.*

Ngày nhận bài: 20/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 3/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 16/7/2025

Ngày duyệt đăng: 6/8/2025

SO SÁNH HIỆU QUẢ VI BAO VÀ ĐỘNG HỌC PHÂN HỦY ANTHOCYANIN TỪ DÂU TẦM ĐEN (*Morus nigra* L.) THU NHẬN BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY THĂNG HOA VÀ SẤY CỬA SỔ KHÚC XẠ

Trần Thị Tường Vi¹, Nguyễn Thị Vân Linh¹, Nguyễn Quốc Duy¹,
Huỳnh Quốc Trung¹, Trương Thị Hồng Thắm²,
Ngô Thị Ngọc Hân², Nguyễn Duy Lâm^{1*}

¹ Khoa Khoa học Ứng dụng và Công nghệ,

Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, thành phố Hồ Chí Minh

² VINACROP Co. Ltd., thành phố Hồ Chí Minh

* Email: lamnd@ntt.edu.vn

TÓM TẮT

Dâu tằm đen (*Morus nigra* L.) là nguồn anthocyanin tự nhiên dồi dào với tiềm năng ứng dụng lớn trong thực phẩm cũng như thực phẩm chức năng do hoạt tính sinh học cao và đặc tính tạo màu tự nhiên. Tuy nhiên, anthocyanin rất dễ bị phân hủy dưới các yếu tố môi trường như nhiệt, ánh sáng và oxy, đòi hỏi sự can thiệp của các công nghệ tiên tiến để tăng cường độ ổn định của hợp chất này trong quá trình chế biến và bảo quản. Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả của phương pháp vi bao sử dụng 2 kỹ thuật sấy tiên tiến là sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW) trong quá trình thu nhận bột giàu anthocyanin từ dâu tằm đen. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả 2 phương pháp sấy đều đạt hiệu quả vi bao cao (99,33% đối với mẫu FD và 98,56% đối với mẫu RW) và khả năng giữ lại anthocyanin tương đương. Mặc dù phương pháp sấy thăng hoa tạo ra bột anthocyanin các đặc tính vật lý tốt hơn, nhưng mẫu RW lại thể hiện độ ổn định cao hơn trong điều kiện bảo quản, được thể hiện qua thời gian bán hủy dài (968,0 ngày). Những phát hiện này làm nổi bật tiềm năng của sấy cửa sổ khúc xạ như một công nghệ tiết kiệm năng lượng và có thể mở rộng quy mô để sản xuất bột giàu anthocyanin chức năng từ dâu tằm đen.

Từ khóa: Anthocyanin, dâu tằm đen, sấy thăng hoa, sấy cửa sổ khúc xạ, động học phân hủy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dâu tằm (*Morus* spp.) là loài thực vật có quả thuộc họ Moraceae, phân bố rộng khắp châu Á, châu Âu và Bắc Mỹ [1]. Trong số các giống thuộc họ này, dâu tằm đen (*Morus nigra*) đặc biệt nổi bật với quả màu tím sẫm đến đen đặc trưng, được đánh giá cao vì hương vị ngọt ngào, đậm đà và kết cấu mọng nước [2]. Thành phần hóa học của dâu tằm đen rất đa dạng và đáng chú ý là anthocyanin, sắc tố tự nhiên chủ yếu tạo nên màu sắc rực rỡ và hoạt tính chống oxy hóa mạnh của dâu tằm [3]. Tuy nhiên, tính không ổn định cao của anthocyanin vẫn là một hạn chế lớn đối với việc sử dụng rộng rãi hơn của chúng. Do đó, quá trình chiết xuất anthocyanin và công nghệ vi bao đã

được nghiên cứu như những phương pháp tiếp cận hiệu quả để tạo ra một hàng rào bảo vệ giúp ổn định cấu trúc phân tử và kéo dài thời hạn sử dụng của hợp chất này. Vi bao là quá trình bao bọc các hợp chất hoạt tính trong một hệ thống chất mang, tạo thành các hạt có kích thước nano hoặc micro, trong đó vật liệu lõi được giữ lại bằng một lớp phủ hoặc ma trận phân tán đồng đều [4]. Trong số các kỹ thuật vi nang hóa khác nhau, hai phương pháp sấy tiên tiến là sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW) đã được áp dụng rộng rãi do hiệu quả của chúng trong việc bảo quản hoạt tính sinh học của các hợp chất nhạy cảm. Mặc dù các kỹ thuật vi bao kết hợp với sấy thăng hoa và sấy cửa sổ khúc xạ đã được áp dụng để bảo quản các hợp

chất hoạt tính sinh học, rất ít nghiên cứu so sánh toàn diện giữa 2 phương pháp này sử dụng cùng một nguồn anthocyanin tự nhiên, đặc biệt là từ dâu tằm đen. Do đó, nghiên cứu này được tiến hành để đánh giá và so sánh các tính chất lý hóa, hiệu quả vi bao và động học phân hủy của bột hòa tan giàu anthocyanin có nguồn gốc từ dâu tằm đen sử dụng 2 công nghệ sấy này. Các phát hiện nhằm mục đích cung cấp bằng chứng khoa học thiết yếu để lựa chọn phương pháp sấy phù hợp nhất đảm bảo cả việc bảo quản chất lượng và khả năng mở rộng quy mô công nghiệp.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Dâu tằm đen (*Morus nigra* L.) sử dụng trong nghiên cứu được thu hoạch tại xã Phú Sơn, tỉnh Lâm Đồng. Những quả dâu tằm được đưa vào nghiên cứu đảm bảo độ chín có màu sắc đen đồng nhất. Sau đó, nguyên liệu được rửa sạch, để ráo và bảo quản lạnh đông ở -18°C cho đến khi sử dụng. Maltodextrin (DE 10 - 12, Qinhuangdao Lihua Starch Co., Ltd., Trung Quốc), gum Arabic (độ nhớt của dung dịch 25% là 60 cP, Alland & Robert, Pháp) và guar gum (83,27% galactomannan, độ nhớt của dung dịch 1% là 5.000 cP, Rama Gum Industries Limited, Ấn Độ) được mua từ các nhà cung cấp địa phương. Thuốc thử Folin-Ciocalteu, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) được mua từ Sigma-Aldrich (Singapore). Các hoá chất khác sử dụng trong nghiên cứu đều đạt chuẩn phân tích.

2.2. Trích ly và vi bao anthocyanin từ dâu tằm đen

Trước khi đưa vào nghiên cứu, 500 g dâu tằm đã làm sạch được chần bằng nước ở 85°C trong 3 phút nhằm ức chế hoạt động của các enzyme oxy hoá các hợp chất phenolic cũng như thuận tiện cho công đoạn ép. Sau quá trình chần, toàn bộ nguyên liệu được ép bằng thiết bị ép chậm và lọc thu dịch ép dâu tằm. 400 mL dịch ép được phối trộn với hỗn hợp chất mang maltodextrin 25,5% (w/v), gum Arabic 3% (w/v) và guar gum 1,5% (w/v) trong thời gian 30 phút với tốc độ khuấy 500 vòng/phút. Hỗn hợp trên được chia làm 2 phần,

phần 1 (200 mL) được tiến hành sấy thăng hoa ở -60°C trong 24 giờ sử dụng thiết bị sấy thăng hoa FDU-2100 (Eyela Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Nhật Bản) và phần 2 (200 mL) được tiến hành sấy cửa sổ khúc xạ ở 90°C trong 18 phút khi độ ẩm đạt dưới 5%. Bột vi bao hoạt chất anthocyanin từ 2 phương pháp sấy được thu nhận và tiến hành phân tích các chỉ tiêu hoá lý, hiệu quả vi bao và động học phân hủy anthocyanin trong 35 ngày bảo quản.

2.3. Động học phân hủy anthocyanin trong quá trình bảo quản

Mô hình Weibull (Công thức 1) đã được chứng minh là mô hình phù hợp nhất để mô tả quá trình phân hủy hàm lượng hợp chất phenolic và vitamin C trong quá trình sấy khô mướp đắng [5], cũng như suy giảm sắc tố chlorophyll trong quá trình bảo quản lá đinh lăng (*Polyscias fruticosa* (L.) Harms) [6]. Vì vậy, trong nghiên cứu này đã được sử dụng trong nghiên cứu này để mô tả động học phân hủy các hợp chất anthocyanin trong bột chất màu trong quá trình bảo quản thông qua dữ liệu thực nghiệm như sau:

$$\frac{C_s(t)}{C_{s_0}} \cong \exp \left[- \left(\frac{t}{\tau} \right)^\alpha \right]$$

Trong đó: $C_s(t)$ và C_{s_0} là hàm lượng anthocyanin (mg C3G/g D.W.) tại thời điểm t và thời điểm ban đầu; τ là hằng số thời gian phản ứng (phút); α là hệ số hồi quy.

Hằng số động học (k , ngày⁻¹) được tính toán từ nghịch đảo của hằng số thời gian phản ứng và

$$k = \frac{1}{\tau}$$

được trình bày trong công thức 2:

Giá trị thời gian bán hủy ($t_{1/2}$, ngày) được

đưa ra trong công thức 3:
$$t_{1/2} = (\ln 2)^{\frac{1}{\alpha}} \times \tau$$

2.4. Phương pháp phân tích

2.4.1. Chỉ số màu sắc và độ hòa tan và độ xốp

Giá trị màu (L^* , a^* , b^*) của mẫu bột vi bao được xác định bằng máy đo màu sử dụng hệ thống

màu CIELab (HunterLab, Miniscan, EZ, EUA) tại năm điểm khác nhau. Độ hòa tan của bột vi bao được đánh giá theo phương pháp do Nguyen và cs (2022) [7] mô tả. Cụ thể, 1 g bột vi nang được phân tán trong 100 mL nước cất và khuấy bằng máy khuấy từ ở tốc độ 5.000 vòng/phút trong 30 phút ở 25°C. Sau đó, hỗn hợp được ly tâm ở tốc độ 3.000 vòng/phút trong 5 phút. Sau đó, thu thập 25 mL phần dịch nổi và sấy khô ở 105°C. Độ xốp của bột được xác định dựa vào khối lượng riêng và khối lượng riêng thực của bột [8]. Khối lượng riêng của bột được xác định bằng cách cân 1 g mẫu và cho vào ống đong có thể tích 10 mL. Ống đong sau đó được gõ nhẹ bằng tay và khối lượng riêng được tính bằng tỷ số giữa khối lượng bột chứa trong ống và thể tích mà bột chiếm chỗ. Trong khi đó khối lượng riêng thực được xác định bằng cách sử dụng bình đo tỷ trọng với chất lỏng sử dụng là ethanol tuyệt đối, đây là chất lỏng không hoà tan mẫu bột. Độ xốp của bột được xác định bằng $(1 - \text{Khối lượng riêng}/\text{Khối lượng riêng thực})$.

2.4.2. Hàm lượng phenolic tổng

Hàm lượng phenolic tổng được xác định theo phương pháp Folin-Ciocalteu [7]. Cụ thể, 0,6 mL mẫu pha loãng được trộn với 1,5 mL thuốc thử Folin (pha loãng 10 lần) và ủ trong bóng tối trong 5 phút. Sau đó, 1,2 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% được thêm vào hỗn hợp và ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của dung dịch được đo ở bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ UV-1800 (Shimadzu Inc., Kyoto, Nhật Bản), với nước cất được sử dụng làm mẫu đối chứng. Hàm lượng phenolic tổng số được tính bằng đường cong chuẩn axit gallic và được biểu thị bằng mg đương lượng axit gallic trong 1 g bột tính trên chất khô (mg GAE/g D.W.).

2.4.3. Hoạt tính chống oxy hóa

Phương pháp DPPH: Hoạt động chống oxy hóa được đánh giá thông qua khả năng khử gốc tự do DPPH dựa trên sự thay đổi màu tím của dung dịch DPPH (0,6 mM) được đo ở bước sóng 515 nm khi phản ứng với chất chống oxy hóa [7]. Hoạt động chống oxy hóa DPPH được tính theo đường chuẩn Trolox và được biểu thị bằng mg đương

lượng Trolox trong 1 g bột tính trên chất khô (mg TE/g D.W.).

Phương pháp ABTS: Hoạt động khử gốc tự do ABTS được thực hiện dựa trên sự đổi màu của dung dịch ABTS (7,4 mM) được đo ở bước sóng 734 nm khi phản ứng với chất chống oxy hóa [7]. Hoạt động chống oxy hóa ABTS được tính theo đường chuẩn Trolox và được biểu thị bằng mg đương lượng Trolox trong 1 g bột tính trên chất khô (mg TE/g D.W.).

2.4.4. Hàm lượng anthocyanin và hiệu quả vi bao

Hàm lượng anthocyanin tổng số (TAC) và anthocyanin bề mặt (SAC) được đo theo phương pháp được mô tả trong nhiều nghiên cứu trước đó với một số sửa đổi [7]. Cụ thể, 100 mg mẫu được trộn với 1 mL nước cất hoặc 10 mL ethanol tuyệt đối để xác định hàm lượng TAC hoặc SAC. Mẫu được nghiền bằng cối chày sứ để phá hủy cấu trúc vi mô và được chiết xuất trong 5 phút. Dịch lọc được thu thập và phân tích hàm lượng anthocyanin bằng phương pháp pH vi sai. Hai dung dịch đệm được sử dụng để pha loãng dung dịch mẫu: Đệm KCl 0,2 M (pH 1,0) và đệm acetate 0,1 M (pH 4,5). Độ hấp thụ của hai mẫu được xác định bằng máy quang phổ ở hai bước sóng khác nhau là 520 và 700 nm. Kết quả được biểu thị bằng mg cyanidin-3-glucoside trong 1 g mẫu tính trên chất khô (mg C3G/g D.W.). Hiệu quả vi bao được tính theo công thức: $(\text{TAC} - \text{SAC}) \times 100/\text{TAC}$.

2.4.5. SEM/TEM

Hình thái bề mặt được xác định bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) sử dụng FESEM S4800 (HITACHI) ở chế độ quét 15 kV và kính hiển vi điện tử truyền qua độ phân giải cao (JEOL Nhật Bản, JEM-2100 plus) ở điện áp hoạt động 100 kV.

2.5. Phương pháp xử lý thống kê

Dữ liệu thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm R version 4.4.2 sử dụng những kỹ thuật thống kê cơ bản. Ngoài ra, phân tích phương sai một nhân tố được áp dụng để xác định sự khác nhau giữa các phương pháp sấy và kiểm định Tukey được áp dụng để xác định sự khác biệt có ý nghĩa giữa các giá trị trung bình ở mức ý nghĩa 5%. Các hệ số từ mô hình động học được ước lượng

bằng phương pháp Levenberg-Marquardt, độ chính xác trong dự báo của mô hình được xác định dựa về hệ số xác định (R^2) và độ lệch chuẩn (RMSE).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính chất hóa lý của bột anthocyanin dâu tằm

3.1.1. Màu sắc

Các thông số màu là độ sáng (L^*), đỏ/xanh lá cây (a^*) và vàng/xanh lam (b^*) của bột vi bao anthocyanin từ dâu tằm được trình bày trong bảng 1. Bột được sản xuất bằng phương pháp sấy thăng hoa (FD) thể hiện các giá trị L^* và a^* cao hơn so với bột được sản xuất bằng phương pháp sấy cửa sổ khúc xạ (RW). Điều này cho thấy, mẫu FD có vẻ ngoài sáng hơn với tông màu đỏ rực rỡ, trong khi mẫu RW có vẻ tối hơn, với tông màu đỏ đậm

hơn. Trong quá trình sấy thăng hoa, một mạng lưới lỗ rỗng nhỏ mở thu được khi các tinh thể băng nhỏ hình thành nhanh chóng thăng hoa từ mẫu đông lạnh, gây ra sự tán xạ ánh sáng lớn hơn so với khi các lỗ rỗng lớn hình thành do quá trình đông lạnh chậm [9]. Ngoài ra, điều kiện nhiệt độ thấp và chân không của quá trình sấy đông lạnh giúp giảm thiểu hiệu quả sự phân hủy các sắc tố tự nhiên nhạy cảm với nhiệt như anthocyanin [10]. Ngược lại, phương pháp RW liên quan đến việc tiếp xúc với nhiệt độ cao hơn, có thể thúc đẩy sự phân hủy các sắc tố tự nhiên [11]. Hơn nữa, sự xuất hiện của phản ứng Maillard ở nhiệt độ cao góp phần hình thành các hợp chất làm nâu, dẫn đến giảm độ sáng của sản phẩm [10].

Bảng 1. Một số thông số hóa lý của bột chất màu anthocyanin dâu tằm được thu nhận bằng kỹ thuật sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW)

Chỉ tiêu đánh giá*	RW	FD
Độ ẩm (%)	4,27 ± 0,11a	5,36 ± 0,27b
Hiệu suất vi bao anthocyanin (%)	98,56 ± 0,51a	99,33 ± 0,21a
Anthocyanin (mg C3G/g D.W.)	0,628 ± 0,027a	0,660 ± 0,011b
Phenolic (mg GAE/g D.W.)	13,55 ± 0,27a	14,20 ± 0,30b
DPPH (mg TE/g D.W.)	15,76 ± 0,22a	16,56 ± 0,20b
ABTS (mg TE/g D.W.)	21,93 ± 0,42a	22,64 ± 0,93a
L^*	36,20 ± 0,40a	47,35 ± 1,00b
a^*	42,55 ± 0,35a	46,12 ± 1,01b
b^*	12,47 ± 0,07a	11,60 ± 0,43b
Độ hòa tan (%)	86,30 ± 0,75a	89,03 ± 0,72b
Độ xốp	0,364 ± 0,021a	0,840 ± 0,060b

*Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của ba lần lặp. Giá trị trong cùng một hàng có chữ cái giống nhau thể hiện sự khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). *D.W. – tính trên hàm lượng chất khô*

3.1.2. Độ xốp

Độ xốp của các mẫu bột, chịu ảnh hưởng của 2 phương pháp sấy: Sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW) được trình bày trong bảng 1. Dữ liệu chỉ ra rằng bột FD thể hiện độ xốp gấp đôi bột RW. Trong quá trình sấy thăng hoa, nước trong mẫu trước tiên được đóng băng và sau đó thăng hoa trực tiếp trong điều kiện chân không, tạo thành nhiều lỗ rỗng cực nhỏ ở nơi trước đó có các tinh thể băng. Điều này dẫn đến cấu trúc có độ

xốp cao trong sản phẩm sấy cuối cùng [12]. Ngược lại, phương pháp RW loại bỏ nước trong pha lỏng dưới tác động của nhiệt, khiến vật liệu co lại và nén chặt, dẫn đến giảm độ xốp [11]. Do đó, sấy thăng hoa tạo ra cấu trúc giống tổ ong nhẹ hơn đáng kể, xốp hơn, trong khi RW tạo ra vật liệu đặc hơn và ít xốp hơn.

3.1.3. Độ hòa tan

Bảng 1 cho thấy, cả 2 mẫu bột vi bao anthocyanin từ dâu tằm sử dụng sấy thăng hoa và

sấy cửa sổ khúc xạ đều không có sự khác biệt đáng kể (86,30 - 89,03%). Độ hòa tan cao của bột FD chủ yếu là do cấu trúc xốp hình thành trong quá trình thăng hoa các tinh thể băng trong quá trình sấy thăng hoa, tạo ra nhiều khoảng trống bên trong cho phép nước nhanh chóng thâm nhập và phân tán bột [10]. Ngược lại, bột sấy RW có xu hướng thể hiện cấu trúc đặc hơn, ít xốp hơn do nước bị loại bỏ trong pha lỏng dưới tác động của nhiệt, khiến các hạt kết tụ và làm giảm khả năng phân tán của chúng [11].

3.1.4. Hàm lượng phenolic và hoạt tính chống oxy hóa

Kết quả cho thấy, không có sự khác biệt đáng kể về hàm lượng phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa DPPH và ABTS của 2 mẫu bột vi bao anthocyanin dâu tằm sử dụng 2 kỹ thuật sấy thăng hoa và cửa sổ khúc xạ. Nhiều nghiên cứu đã báo cáo khả năng giữ lại chất chống oxy hóa cao tương tự nhau trong các sản phẩm được chế biến bằng FD và RW và không có sự khác biệt đáng kể nào giữa 2 phương pháp này [13]. Kaspar và cs (2012) cũng chứng minh rằng trong khi sấy đối lưu thông thường làm giảm mức chất chống oxy hóa trong khoai tây có sắc tố, cả 2 phương pháp FD và RW đều có thể bảo quản nồng độ cao các hợp chất hoạt tính sinh học [14]. Dựa trên những phát hiện trên, RW có thể được coi là một công nghệ sấy đầy hứa hẹn để sản xuất bột chức năng có khả năng chống oxy hóa đáng kể, mang lại sự cân bằng thuận lợi giữa khả năng duy trì hoạt tính sinh học và hiệu quả quy trình.

3.1.5. Hàm lượng anthocyanin và hiệu quả vi bao

Hiệu quả vi bao được đánh giá dựa trên khả năng bảo vệ và giữ lại các hợp chất hoạt động bên trong các vi nang, đồng thời giảm thiểu sự mất mát hoặc tương tác của các hợp chất hoạt động này trên bề mặt. Thông số này đóng vai trò quan trọng trong công nghệ vi bao, vì nó phản ánh hiệu quả của vật liệu vỏ trong việc bao gói và duy trì độ ổn định của các thành phần lõi [15]. Kết quả trình bày trong bảng 1 cho thấy, hiệu quả vi bao của cả hai mẫu bột anthocyanin cao tương đương nhau (98,56 - 99,33%). Điều này có thể được giải thích bằng khả năng bảo vệ của cả 2 kỹ thuật đóng gói đối với các

hợp chất hoạt động. Sấy thăng hoa là một quá trình liên quan đến việc đóng băng vật liệu và sau đó giảm áp suất xung quanh để cho phép nước đông lạnh trong vật liệu thăng hoa trực tiếp từ pha rắn sang pha khí. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả để đóng gói các thành phần nhạy cảm như dầu, phân tử sinh học hoạt động và tế bào, vì nó hoạt động ở nhiệt độ thấp, bảo tồn hoạt tính sinh học và tính toàn vẹn cấu trúc của vật liệu được đóng gói [10]. Ngược lại, sấy RW là một kỹ thuật sấy lớp mỏng mới sử dụng sự kết hợp của dẫn nhiệt, bức xạ và đối lưu để truyền nhiệt từ nước nóng tuần hoàn sang vật liệu được sấy khô. Phương pháp này được đặc trưng bởi nhiệt độ hoạt động thấp (thường là 60 - 70°C) và thời gian sấy ngắn (2 - 6 phút), giúp bảo tồn các thuộc tính chất lượng của sản phẩm khô, chẳng hạn như màu sắc, hương vị và chất dinh dưỡng [11]. Điểm chung của cả hai phương pháp đều thu được các mảnh sản phẩm khô và theo sau đó là quá trình nghiền để thu được bột vi bao hoạt chất anthocyanin. Điều này dẫn đến trạng thái sản phẩm thu nhận sẽ có dạng hạt, dạng mảnh vỡ bất định và bề mặt nhám hơn so với khi sấy phun. Tóm lại, cả 2 phương pháp sấy đều chứng minh hiệu quả bao gói và bảo quản anthocyanin cao. Tuy nhiên, do có ưu điểm về thời gian sấy và chi phí năng lượng, phương pháp sấy cửa sổ khúc xạ nổi bật trong bối cảnh sản xuất công nghiệp trong khi vẫn đảm bảo chất lượng của sản phẩm cuối cùng. Điều này mở ra những nghiên cứu mới và ứng dụng thực tế cho RW trong việc bảo quản các hợp chất hoạt tính sinh học như anthocyanin trong tương lai.

3.2. Hình ảnh SEM và TEM

3.2.1. SEM

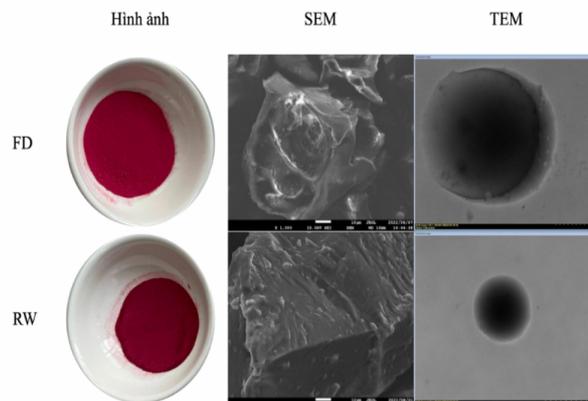
Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) thể hiện trên hình 1 cho thấy, sự khác biệt rõ rệt về mặt hình thái giữa các mẫu anthocyanin được vi bao bằng 2 phương pháp sấy khác nhau. Mẫu RW cho thấy, hình khối không đều với bề mặt gồ ghề, nếp nhăn có thể nhìn thấy và bề mặt phẳng, phản ánh sự bốc hơi nước không đều dẫn đến co rút của vật liệu khi sấy. Ngược lại, mẫu FD lại cho thấy cấu trúc rỗng, xốp, giống như tổ ong với nhiều khoang và các lớp mỏng chồng lên nhau - đặc trưng của quá trình thăng hoa, trong đó tinh thể đá

được loại bỏ trực tiếp dưới áp suất thấp mà không đi qua pha lỏng. Cấu trúc xốp này giúp bảo vệ anthocyanin hiệu quả hơn khỏi quá trình oxy hóa và phân hủy nhiệt, đồng thời tăng cường khả năng hút nước khi tiếp xúc với dung môi. Những phát hiện này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Kanha và cs (2021) [16] và Athira và cs (2023) [17], chứng minh rằng FD vượt trội trong việc bảo quản các hợp chất nhạy cảm như anthocyanin. Ngược lại, RW có lợi thế về chi phí thấp hơn và thời gian sấy ngắn hơn nhưng có hạn chế về khả năng bảo vệ hợp chất hoạt động. Do đó, việc lựa chọn phương pháp sấy phụ thuộc vào mục tiêu sản phẩm cuối cùng cân bằng giữa khả năng bảo vệ tối ưu và hiệu quả sản xuất.

3.2.2. TEM

Hình 1 trình bày kết quả kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM), minh họa sự khác biệt rõ rệt về mặt hình thái giữa các vi cấu trúc anthocyanin được tạo ra bởi 2 phương pháp sấy. Các hạt vi bao anthocyanin thăng hoa (FD) biểu hiện các hạt hình cầu đồng nhất ở thang nano đến micro, có các cạnh sáng rõ và lõi tối, đặc trưng của cấu trúc vi nang lõi-vỏ. Bề mặt hạt nhẵn với rất ít dấu hiệu nứt, phản ánh khả năng tạo ra các hạt ổn định trong điều kiện nhiệt độ thấp và chân không của phương pháp FD, bảo vệ hiệu quả các hợp chất nhạy nhiệt như anthocyanin. Những phát hiện này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Nawawi và cs (2023) [18] và Modesto và cs (2023) [19] trong đó chỉ ra rằng sấy thăng hoa duy trì cấu trúc hạt vi bao đồng nhất và giảm thiểu mất hoạt tính sinh học trong quá trình sấy. Ngược lại, các hạt vi bao sấy bằng phương pháp cửa sổ khúc xạ cho thấy, cấu trúc không đồng nhất với các hạt phân bố ngẫu nhiên có xu hướng kết tụ. Một số hình ảnh cho thấy, ranh giới không rõ ràng giữa lõi và vỏ, có thể là do bề mặt sấy nhanh khiến sự co rút không đều trong quá trình sấy. Điều này phù hợp với cơ chế truyền nhiệt đặc trưng của RW, trong đó vật liệu được làm nóng gián tiếp thông qua màng polymer và nước nóng, cho phép sấy nhanh nhưng có khả năng tạo ra ma trận không liên tục [20]. Mặc dù các hạt vi bao RW biểu hiện hình thái kém đồng nhất hơn so với FD, chúng vẫn thể hiện một số khả năng tạo thành các cụm hạt bảo vệ

anthocyanin. Điều này có thể được giải thích bằng thời gian sấy ngắn hơn và nhiệt độ thấp hơn so với sấy đối lưu thông thường, giúp hạn chế sự phân hủy anthocyanin trong khi vẫn duy trì tốc độ sấy phù hợp với sản xuất quy mô lớn [19].



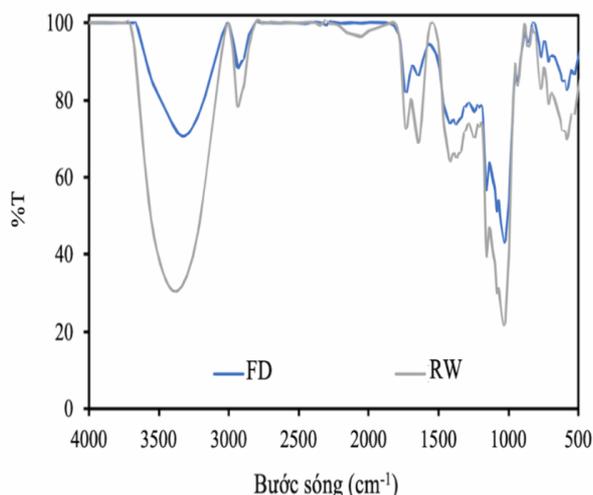
Hình 1. Ngoại quan và hình ảnh chụp hiển vi SEM ở độ phóng đại x 1.000 và TEM ở độ phóng đại x 5.000 của bột chất màu anthocyanin dâu tằm được thu nhận bằng kỹ thuật sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW)

3.3. Phổ FTIR

Phổ FTIR của bột dâu tằm đen được sấy bằng 2 phương pháp sấy cửa sổ khúc xạ và sấy thăng hoa được trình bày trong hình 2 cho thấy, những thay đổi về cấu trúc hóa học liên quan đến các nhóm chức năng chính sau khi sấy. Cả 2 mẫu đều thể hiện các đỉnh hấp thụ đặc trưng quanh $\sim 3.300 \text{ cm}^{-1}$, tương ứng với các dao động kéo giãn của liên kết hydroxyl ($-\text{OH}$) liên kết với các nhóm phenolic và nước liên kết hydro [21, 22]. Tuy nhiên, mẫu RW cho thấy, sự hấp thụ mạnh hơn ở vùng này, phản ánh hàm lượng $-\text{OH}$ cao hơn, có thể là do mất nước không hoàn toàn hoặc bảo quản tốt hơn các hợp chất chứa hydroxyl do thời gian sấy ngắn hơn và nhiệt độ thấp hơn của RW.

Các dải hấp thụ ở $2.920 - 2.850 \text{ cm}^{-1}$ tương ứng với các dao động kéo giãn $\text{C}-\text{H}$ của các nhóm methyl và methylene, đều có mặt rõ ràng trong cả 2 mẫu. Dải hấp thụ gần $\sim 1.650 \text{ cm}^{-1}$ có thể là do các dao động uốn cong của nhóm nước hoặc carbonyl ($\text{C}=\text{O}$), thường liên quan đến anthocyanin và hợp chất phenolic có nhân flavonoid. Tín hiệu rõ rệt hơn trong mẫu FD cho thấy, cấu trúc carbonyl

được bảo quản tốt hơn trong điều kiện nhiệt độ thấp, sấy chậm [22].



Hình 2. Phổ FTIR của bột chất màu anthocyanin dâu tằm được thu nhận bằng kỹ thuật (A) sấy thăng hoa (FD) và (B) sấy cửa sổ khúc xạ (RW)

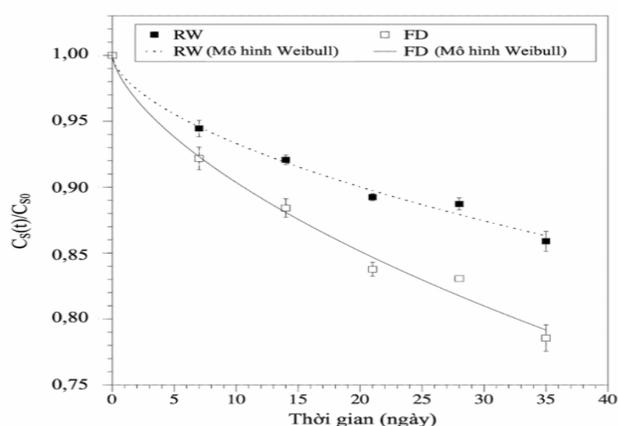
Vùng phổ từ 1.200 đến 900 cm^{-1} biểu thị các dao động kéo giãn của liên kết C-O-C (ether) và C-O (rượu), đặc trưng của cấu trúc polysaccharide như nhóm maltodextrin và glycoside trong anthocyanin. Trong nghiên cứu của Ying và cs (2017) [23], vùng này được xác định là đại diện cho các dao động kéo giãn C-O-C trong carbohydrate. Đáng chú ý, cường độ tín hiệu trong vùng này đối với mẫu RW có xu hướng giảm so với mẫu FD, điều này có thể là do các sửa đổi cấu trúc nhẹ của polysaccharide do nhiệt độ cao hơn và tốc độ sấy nhanh hơn trong quá trình RW, dẫn đến tương tác yếu hơn giữa ma trận bao bọc và các hợp chất hoạt động.

Bảng 2. Động học phân hủy trong quá trình bảo quản của anthocyanin dâu tằm được thu nhận bằng kỹ thuật sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW)

Mẫu	R^2	RMSE	τ (ngày)	α	k (ngày^{-1})	$t_{1/2}$ (ngày)
RW	0,9911	0,0052	$841,2 \pm 30,4$	$0,603 \pm 0,019$	$0,00119 \pm 0,00004$	$968,0 \pm 61,3$
FD	0,9896	0,0087	$311,0 \pm 33,9$	$0,667 \pm 0,041$	$0,00324 \pm 0,00035$	$325,4 \pm 55,6$

3.4. Động học phân hủy anthocyanin trong quá trình bảo quản

Động học phân hủy anthocyanin của bột vi bao được tạo ra bằng kỹ thuật sấy cửa sổ khúc xạ và sấy đông khô được trình bày trong bảng 2 và hình 3. Mô hình Weibull đều phù hợp với dữ liệu thu được cho cả 2 mẫu ($R^2 > 0,98$, $RMSE < 0,01$). Đáng chú ý, tham số τ - thời gian trễ ban đầu trước khi bắt đầu phân hủy đáng kể - đối với các mẫu RW (841,2 ngày) dài hơn gần 2,7 lần so với mẫu FD (311,0 ngày), cho thấy anthocyanin trong RW được ổn định trong thời gian dài hơn trước khi bước vào giai đoạn phân hủy nhanh [24]. Hằng số tốc độ phân hủy k đối với RW ($0,00119 \text{ ngày}^{-1}$ cũng thấp hơn gần 3 lần so với FD ($0,00324 \text{ ngày}^{-1}$ có nghĩa là tốc độ mất màu chậm hơn nhiều, dẫn đến thời gian bán hủy $t_{1/2}$ dài hơn 2,9 lần ($968,0$ so với $325,4$ ngày). Tham số hình dạng α đối với RW ($0,603$) thấp hơn FD ($0,667$), phản ánh sự phân bố thời gian phân hủy đồng đều hơn và ít pha phân hủy đột ngột hơn. Những kết quả này phù hợp với đánh giá của Waghmare (2021) [25] chỉ ra rằng RW không chỉ bảo quản tốt hơn các hợp chất nhạy nhiệt do thời gian sấy ngắn hơn và nhiệt độ tiếp xúc thấp hơn mà còn tạo ra cấu trúc ma trận sâu hơn giúp hạn chế sự phân hủy sinh hóa trong thời gian lưu trữ dài. Do đó, về độ ổn định màu sắc và bảo quản lâu dài, RW vượt trội hơn FD, đồng thời vẫn duy trì lợi thế về hiệu quả chi phí và năng lượng cho sản xuất công nghiệp.



Hình 3. Động học phân hủy trong quá trình bảo quản anthocyanin dâu tằm được thu nhận bằng kỹ thuật sấy thăng hoa (FD) và sấy cửa sổ khúc xạ (RW) sử dụng mô hình Weibull

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy sấy thăng hoa giúp bảo quản tối ưu cấu trúc sinh học, trong khi sấy cửa sổ khúc xạ được đánh giá cao về hiệu quả năng lượng và thời gian sấy ngắn hơn, cho thấy tiềm năng lớn để sản xuất quy mô công nghiệp. Cả 2 phương pháp sấy đều đạt hiệu quả vi bao cao với hàm lượng anthocyanin và phenolic tổng số tương đương nhau. Ngoài ra, mẫu FD thể hiện những ưu điểm về độ sáng màu, độ xốp, độ hòa tan và cấu trúc vi nang đồng nhất, trong khi mẫu RW nổi bật với độ ổn định anthocyanin vượt trội trong quá trình bảo quản lâu dài, thể hiện qua thời gian bán hủy dài hơn và hằng số tốc độ phân hủy thấp hơn so với FD. Mặc dù có kết quả khả quan, nghiên cứu này vẫn chỉ giới hạn ở quy mô phòng thí nghiệm. Các hướng phát triển trong tương lai bao gồm tối ưu hóa các thông số sấy RW để cải thiện tính đồng nhất về cấu trúc vi nang, thử nghiệm các ứng dụng sản phẩm trong thực phẩm chức năng và đánh giá độ ổn định trong các điều kiện bảo quản thực tế hơn.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rohela, G. K., Shukla, P., Muttanna, Kumar, R., & Chowdhury, S. R. (2020). Mulberry (*Morus*

spp.): An ideal plant for sustainable development. *Trees, Forests and People*, 2, 100011. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100011>.

2. Wang, L., Wen, H., Yang, N., Li, H. (2023). Effect of vacuum freeze drying and hot air drying on dried mulberry fruit quality. *Plos one*, 18(6), e0283303.

3. Yuan, Q., Zhao, L. (2017). The Mulberry (*Morus alba* L.) Fruit: A Review of Characteristic Components and Health Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(48), 10383 - 10394.

4. Calvo, P., Castaño, Á. L., Hernández, M. T., González-Gómez, D. (2011). Effects of microcapsule constitution on the quality of microencapsulated walnut oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(10), 1273 - 1280.

5. Nguyen, T. -V. -L., Nguyen, P. -B. -D., Luu, X. -C., Huynh, B.-L., Krishnan, S., Huynh, T. P. (2019). Kinetics of nutrient change and color retention during low-temperature microwave-assisted drying of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14279-e14279.

6. Nguyen, T. -V. -L., Tran, T. -T. -N., Nguyen, Q. -D., Nguyen, T. -T. -D. (2022). Degradation Kinetics of Chlorophyll Pigments in Dried Leaves of *Polyscias fruticosa* (L.) Harms during Storage. *Journal of Technical Education Science*, 17(1), 57 - 66.

7. Nguyen, Q. -D., Dang, T. -T., Nguyen, T. -V. -L., Nguyen, T. -T. -D., Nguyen, N. -N. (2022). Microencapsulation of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) anthocyanins: Effects of different carriers on selected physicochemical properties and antioxidant activities of spray-dried and freeze-dried powder. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 359 - 374.

8. Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpoor, E., Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin.

- International journal of biological macromolecules*, 85, 379 - 385.
9. Ceballos, A. M., Giraldo, G. I., Orrego, C. E. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of food engineering*, 111(2), 360 - 365.
10. Liu, Y., Zhang, Z., Hu, L. (2022). High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>
11. Puente, L., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K. S., Rodríguez, A., Pasten, A., Poblete, J., Muñoz, M. (2020). Refractance Window drying of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) pulp: A comparison of quality characteristics with respect to other drying techniques. *LWT*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109772>.
12. Ueda, J. M., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Ferreira, A., Barros, L., Caroch, M., Heleno, S. A. (2023, November 1). Powdered Foods: Structure, Processing, and Challenges: A Review. *Applied Sciences (Switzerland)*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app132212496>.
13. Baeghbal, V., Niakousari, M., Farahnaky, A. (2016). Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 34 - 40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.017>.
14. Kaspar, K. L., Park, J. S., Mathison, B. D., Brown, C. R., Massimino, S., Chew, B. P. (2012). Processing of pigmented-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.) on the retention of bioactive compounds. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 376 - 382. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02850.x>.
15. Akhavan Mahdavi, S., Jafari, S. M., Assadpoor, E., Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 379-385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbioma.c.2016.01.011>
16. Kanha, N., Regenstein, J. M., Surawang, S., Pitchakarn, P., Laokuldilok, T. (2021). Properties and kinetics of the in vitro release of anthocyanin-rich microcapsules produced through spray and freeze-drying complex coacervated double emulsions. *Food Chemistry*, 340, 127950.
17. Athira, V. A., Gokulvel, E., Nandhu Lal, A. M., Venugopalan, V. V., Rajkumar, Venkatesh, T. (2023). Advances in drying techniques for retention of antioxidants in agro produces. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(31), 10849 - 10865.
18. Nawawi, N. I. M., Ijod, G., Abas, F., Ramli, N. S., Mohd Adzahan, N., Mohamad Azman, E. (2023). Influence of different drying methods on anthocyanins composition and antioxidant activities of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarps and LC-MS analysis of the active extract. *Foods*, 12(12), 2351.
19. Modesto Junior, E. N., Martins, M. G., Pereira, G. A., Chisté, R. C., Pena, R. da S. (2023). Stability kinetics of anthocyanins of Grumixama berries (*Eugenia brasiliensis* Lam.) during thermal and light treatments. *Foods*, 12(3), 565.
20. Waghmare, R. (2021). Refractance window drying: A cohort review on quality characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 652 - 662.
21. Nawawi, N. I. M., Ijod, G., Abas, F., Ramli, N. S., Mohd Adzahan, N., Mohamad Azman, E. (2023). Influence of different drying methods on anthocyanins composition and antioxidant activities of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarps and LC-MS analysis of the active extract. *Foods*, 12(12), 2351.
22. Zhang, L., Zhang, C., Wei, Z., Huang, W., Yan, Z., Luo, Z., ... Xu, X. (2023). Effects of four drying methods on the quality, antioxidant activity and anthocyanin components of blueberry pomace. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00150-3>

23. Ying, D., Hlaing, M. M., Lerisson, J., Pitts, K., Cheng, L., Sanguansri, L., Augustin, M. A. (2017). Physical properties and FTIR analysis of rice-oat flour and maize-oat flour based extruded food products containing olive pomace. *Food Research International*, 100, 665 - 673.
24. Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., ... Gere, A. (2021). Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. *Processes*, 9(1), 132.
25. Waghmare, R. (2021). Refractance window drying: A cohort review on quality characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 652 - 662.

A COMPARATIVE STUDY ON SELECTED PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, ENCAPSULATION EFFICIENCY, DEGRADATION KINETICS OF ANTHOCYANIN-RICH POWDER FROM BLACK MULBERRY FRUITS PRODUCED BY REFRACTANCE WINDOW DRYING AND FREEZE DRYING TECHNIQUES

**Tran Thi Tuong Vi¹, Nguyen Thi Van Linh¹, Nguyen Quoc Duy¹,
Huynh Quoc Trung¹, Truong Thị Hồng Tham², Ngo Thi Ngoc Han², Nguyen Duy Lam¹**

¹ *Faculty of Applied Science and Technology (FAST),*

Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh city

² *VINACROP Company Limited, Ho Chi Minh city*

Abstract

Black mulberry (*Morus nigra* L.) is a natural source rich in anthocyanins, with high potential in functional food applications due to its bioactivity and natural coloring properties. However, anthocyanins are highly susceptible to degradation under environmental factors such as heat, light, and oxygen, necessitating technological interventions to enhance their stability during processing and storage. This study evaluated the efficiency of microencapsulation method using two advanced drying techniques, namely freeze drying (FD) and refractance window drying (RW) in obtaining anthocyanin-rich powder from black mulberry. The results showed that both drying methods achieved high encapsulation efficiency (99.33% for FD and 98.56% for RW) and comparable anthocyanin retention. Although the freeze-drying method resulted in anthocyanin powder with better physical properties, the RW sample exhibited significantly higher stability under storage conditions, as demonstrated by a long half-life (968.0 days). These findings highlight the potential of refractance window drying as an energy-efficient and scalable technology for the production of functional anthocyanin-rich powders from black mulberry.

Keywords: *Anthocyanin, black mulberry, freeze drying, refractance window drying, degradation kinetics.*

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 4/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 24/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

CÔNG NGHỆ SẤY ỨNG DỤNG TRONG SẢN XUẤT BỘT QUẢ BƠ: TIỀM NĂNG VÀ THÁCH THỨC

Trần Hoàng Quyên^{1*}, Đặng Thu Hương¹, Lê Văn Bắc¹,
Phạm Linh Khoa¹, Nguyễn Minh Châu¹, Vũ Đức Mạnh¹

¹ Trung tâm Thực nghiệm sản xuất và Chuyển giao công nghệ thực phẩm,

Viện Công nghiệp Thực phẩm

*Email: quyenth@firi.vn

TÓM TẮT

Quả bơ (Avocado) là loại trái cây có giá trị kinh tế cao được trồng phổ biến ở các tỉnh khu vực Tây Nguyên có diện tích canh tác và sản lượng ngày càng tăng phục vụ nhu cầu tiêu thụ trong nước và xuất khẩu. Phần lớn quả bơ hiện đang được phân phối, kinh doanh ở dạng quả tươi, thịt quả đông lạnh, một phần rất nhỏ được chế biến sản phẩm: Thịt quả cấp đông, dầu bơ, bột bơ sấy... Việc chế biến thành các sản phẩm có thời hạn bảo quản dài hơn như bơ đông lạnh hoặc bột bơ, được xem là hướng đi triển vọng để sản phẩm quả bơ Việt Nam thâm nhập các thị trường này. Trong đó, bột bơ là loại sản phẩm vừa có thể đóng vai trò nguyên liệu sản xuất thực phẩm, vừa sử dụng là thực phẩm ăn liền có giá trị cao. Bên cạnh các công nghệ thu hoạch, bảo quản và sơ chế sau thu hoạch công nghệ sấy là một trong những yếu tố then chốt quyết định chất lượng và lợi thế cạnh tranh cho sản phẩm bột bơ. Thực trạng này dẫn đến nhu cầu cần có những nghiên cứu tổng quan cung cấp thông tin đánh giá ảnh hưởng của quá trình sấy đến chất lượng dinh dưỡng và cảm quan của thịt quả bơ, cũng như phát triển các sản phẩm bơ sấy khô có giá trị gia tăng cao. Phát triển ngành công nghiệp sản xuất tạo sản phẩm bột bơ cho thực phẩm bảo vệ sức khỏe, tiện dụng và bền vững là hướng đi đầy triển vọng cả về mặt kinh tế và xã hội. Nhiều công nghệ sấy đã được nghiên cứu, thử nghiệm và công bố các kết quả ứng dụng cho quá trình sấy tạo bột bơ thành phẩm: Công nghệ sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh, sấy chân không, sấy hồng ngoại, sấy cửa sổ khúc xạ... Bài báo này trình bày tổng quan phân tích ảnh hưởng của 4 công nghệ sấy áp dụng cho quá trình sấy bột nhão quả bơ: Sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh và sấy cửa sổ khúc xạ đến chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế, đồng thời xác định các hạn chế kỹ thuật, đề xuất hướng cải tiến quy trình công nghệ sản xuất bột quả bơ.

Từ khóa: *Avocado, quả bơ, công nghệ sấy.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bơ (*Persea americana*) là loại cây ăn quả cận nhiệt đới có giá trị dinh dưỡng cao và được ưa chuộng trên toàn thế giới. Quả bơ giàu axit béo không bão hòa đơn có lợi cho sức khỏe tim mạch, chứa nhiều chất xơ (khoảng 7% khối lượng) cùng các vitamin và khoáng chất thiết yếu như vitamin K, C, E, B5, B6, folate và kali. Do có hàm lượng dinh dưỡng phong phú và lợi ích sức khỏe đa dạng, quả bơ được mệnh danh là “siêu thực phẩm” và ngày càng phổ biến trong chế độ ăn dinh dưỡng lành mạnh [1, 2].

Với các giá trị dinh dưỡng, quả bơ mang lại lợi ích kinh tế đáng kể cho ngành nông nghiệp và công nghiệp thực phẩm. Tuy nhiên, do thịt quả bơ

rất giàu độ ẩm (70 - 80%) cùng nhiều enzym oxy hóa, khiến sản phẩm bơ khi chế biến rất nhanh bị nâu hóa và hỏng do nhiễm vi sinh vật. Bởi vậy, quả bơ sau thu hoạch cần được xử lý sơ chế và bảo quản kịp thời để tránh các biến đổi chất lượng. Áp dụng công nghệ sấy khô là giải pháp hiệu quả giúp kéo dài thời hạn sử dụng và duy trì chất lượng quả bơ. Bên cạnh đó, dạng bột khô còn giúp giảm khối lượng, thuận tiện cho quá trình logistic và tạo ra nguyên liệu có thành phần dinh dưỡng ứng dụng cho nhiều ngành công nghiệp thực phẩm như đồ uống, bánh kẹo, thực phẩm bổ sung, thực phẩm chức năng.

Hiện nay, nhiều công nghệ sấy khác nhau đã và đang được ứng dụng để chế biến bột quả bơ

nghiên nhuyễn. Trong đó, bốn công nghệ sấy được lựa chọn phân tích trong bài là các công nghệ hiện đại, hiệu suất cao khi áp dụng ở quy mô công nghiệp được chú trọng nghiên cứu và phát triển gồm sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh và sấy màng mỏng bức xạ nhiệt (Refractance Window - RW). Mỗi công nghệ có nguyên lý vận hành và thông số kỹ thuật riêng, dẫn đến ảnh hưởng khác biệt đến chất lượng sản phẩm cuối cùng.

Từ thực trạng nhu cầu về chế biến quả bơ và các công bố, nghiên cứu thực tế của sự phát triển công nghệ sấy quả bơ, bài báo này hướng đến cung cấp một cái nhìn tổng quan về một số công nghệ sấy bột nhào bơ hiện có, đồng thời so sánh đặc tính kỹ thuật, hiệu quả và tính phù hợp của từng phương pháp. Cụ thể, bài viết tập trung phân tích bốn công nghệ chính là sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh và sấy màng mỏng bức xạ nhiệt RW (Refractance Window) khi áp dụng cho thịt quả bơ. Các phương pháp này sẽ được so sánh về nguyên lý hoạt động, các điều kiện vận hành tiêu biểu, chất lượng sản phẩm bơ sấy (về mặt dinh dưỡng, màu sắc, cấu trúc và hương vị), Xác định hạn chế kỹ thuật và đề xuất giải pháp cải tiến cũng như hiệu quả kinh tế và mức độ khả thi trong thực tiễn sản xuất. Qua đó, bài báo nhằm làm rõ ưu điểm, hạn chế của từng công nghệ và gợi ý hướng lựa chọn phù hợp để chế biến sản phẩm bơ sấy đạt các yêu cầu chất lượng và giá thành khác nhau phục vụ tiêu dùng và xuất khẩu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các bài báo khoa học và công nghệ được tìm kiếm từ các cơ sở dữ liệu Science Direct, Google Scholar và ResearchGate cho các nghiên cứu được công bố từ năm 2017 đến năm 2025 và thông qua các AI consensus, chatgpt. Kết quả sau khi lựa chọn và lọc lại đã nhận được danh sách 17 bài báo liên quan về công nghệ. Các bài báo liên quan đánh giá về hiệu quả kinh tế và tính khả thi về mặt kinh tế của các kỹ thuật sấy khô, thành phần dinh dưỡng của quả bơ công nghệ sơ chế, các thông tin về nhu cầu thị trường, cũng được đưa vào. Tiêu chí đưa vào bao gồm các bài báo được bình duyệt toàn văn được xuất bản bằng tiếng Anh, tiếng Việt. Ngoài các tài liệu tham khảo chính về công nghệ sấy bột bơ, các tài liệu tham khảo liên quan về sản lượng, vùng trồng, chất lượng dinh dưỡng của quả

bơ cũng đã được trích dẫn trong bài báo làm tài liệu hỗ trợ trong nghiên cứu.

2.1. Tổng quan về sản lượng, nhu cầu tiêu thụ quả bơ và sản phẩm bột bơ trên thế giới và ở Việt Nam

Cây bơ (*Persea americana* Mill.) là một loài thực vật thuộc họ *Lauraceae*, được trồng rộng rãi ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới như châu Á, châu Phi và Mỹ Latinh với các giống thương mại được chia làm ba nhóm chính có các đặc điểm sinh thái và hình thái khác nhau: *Mexican*, *Guatemalan* và *West Indian*. tập trung chủ yếu ở 10 quốc gia chiếm gần 80% sản lượng toàn cầu: Mexico, Colombia, Peru, Dominican Republic, Kenya, Indonesia, Brazil, Việt Nam, Israel và Haiti. Việt Nam với sản lượng 211.000 tấn mùa vụ 2022/2023 vượt lên trên Israel và Haiti đứng thứ 9 trong danh sách [1, 3, 4]. Theo báo cáo Triển vọng Nông nghiệp 2021 - 2030 của Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD) và Tổ chức Nông lương Liên hợp quốc (FAO), tổng sản lượng quả bơ toàn cầu ước tính đạt khoảng 10,5 triệu tấn vào năm 2023 và sẽ trở thành loại trái cây nhiệt đới được thương mại hóa nhiều nhất vào năm 2030 dự kiến sẽ đạt 12 triệu tấn [4].

Cây bơ (*Persea Americana* Mill) được du nhập vào Việt Nam từ những năm 1940 - 1950 tại vùng chuyên canh của tỉnh Lâm Đồng, Đắk Lắk, với khoảng 2.700 ha, 80.000 hộ dân, sản lượng khoảng 40.000 tấn/năm; gần đây mở rộng các vùng trồng bơ mới ở tỉnh Sơn La, Phú Thọ, Tuyên Quang, với hai vụ thu hoạch: Vụ chính từ tháng 2 - 7: Các giống nội địa như bơ 034, bơ năm lóng, Quốc Minh... và vụ sau từ tháng 8 - 12: Các giống nhập ngoại như: Booth7, Hass, Reed, Pinkerton [5 - 7].

Quả bơ chủ yếu được tiêu thụ ở dạng tươi, chỉ một phần nhỏ được chế biến thành các sản phẩm như: Bơ đông lạnh, bột bơ, dầu bơ, purée, sốt guacamole và bơ sấy. Nhu cầu tiêu thụ bột bơ trên thị trường quốc tế đang trên đà tăng mạnh, dịch chuyển rõ rệt theo xu hướng “eat clean” và các chế độ ăn thuần thực vật. Trong năm 2024, các khảo sát thị trường ước tính giá trị toàn cầu bột bơ dao động từ 431,6 - 620 triệu USD, với dự báo đến năm 2030 - 2032 đạt 540 - 1.200 triệu USD, phụ thuộc vào nguồn báo cáo [8, 9].

Tại Việt Nam, bột bơ vẫn là sản phẩm còn khá mới mẻ nhưng có tiềm năng phát triển. Sản phẩm bột bơ sấy lạnh, bột bơ nguyên chất đang bắt đầu xuất hiện ở thị trường nội địa, phục vụ cho chế biến thức uống, bánh ngọt, thực phẩm tiện lợi và mỹ phẩm tự nhiên - đang có xu hướng phát triển thành một dòng sản phẩm tiện ích phù hợp với thị hiếu hiện đại. Nhiều công ty trong nước, đặc biệt tại tỉnh Lâm Đồng, Đắk Lắk đã bắt đầu sản xuất thử nghiệm bột bơ, với quy mô chế biến từ chục đến hàng trăm tấn mỗi năm [5, 7].

Bột bơ được sử dụng với nhiều ứng dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm. Ngoài các giá trị dinh dưỡng, các thành phần dinh dưỡng còn góp phần tạo ra cho sản phẩm một số tính chất công nghệ đặc biệt như: Chất nhũ hóa tự nhiên giúp tạo và duy trì cấu trúc do có hàm lượng chất béo cao, đặc biệt là chất béo không bão hòa đơn, thành phần chất xơ và protein góp phần nâng cao khả năng giữ nước (WHC) và giữ dầu (OHC), cải thiện độ ẩm, kết cấu và hương vị; chất xơ cũng hỗ trợ hình thành gel sau khi hydrat hóa, đồng thời giúp kết nối cấu trúc tổng thể trong sản phẩm; protein trong bột bơ có khả năng biến tính và tạo mạng gel ở nhiệt độ hoặc môi trường pH phù hợp, giúp tăng độ liên kết và độ chắc cho thực phẩm; các hoạt chất chống oxy hóa như: Carotenoid (lutein, zeaxanthin), vitamin E và phenolic giúp bảo vệ sản phẩm chậm bị biến đổi chất lượng. Do vậy, bột bơ ngoài được sử dụng với giá trị dinh dưỡng còn đóng vai trò như các chất phụ gia nhằm tạo cấu trúc, tăng độ ổn định, duy trì hương vị, màu sắc, kéo dài thời gian bảo quản, nâng cao chất lượng cảm quan và duy trì chất lượng sản phẩm trong thời gian bảo quản [3, 10 - 13].

Để đảm bảo chất lượng sản phẩm bột bơ, cần kiểm soát chặt chẽ các chỉ tiêu bao gồm màu sắc (vàng sáng đến kem, không nâu hóa), độ ẩm thấp < 5%, hàm lượng lipid \geq 12%, khả năng hòa tan và cảm quan không đắng, không bị oxy hóa tạo hương vị xấu. Để sản xuất được bột bơ thành sản phẩm giá trị cao có khả năng mở rộng ứng dụng cần tích hợp các giải pháp công nghệ sấy tối ưu dựa trên kiến thức chuyên sâu về đặc điểm sinh hóa và tính chất công nghệ của nguyên liệu thịt quả bơ và lựa chọn công nghệ sấy phù hợp (sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh hay sấy cửa sổ khúc

xạ) việc kiểm soát các thông số điều kiện sấy (nhiệt độ, độ ẩm, thời gian, tốc độ dòng khí) cũng đóng vai trò quyết định trong việc bảo toàn cấu trúc, hàm lượng hoạt chất sinh học, tính chất công nghệ và cảm quan của sản phẩm sau sấy [3, 6, 11 - 14].

2.2. Nguyên lý và khả năng ứng dụng của các công nghệ sấy trong sản xuất bột quả bơ

Thông thường một quy trình sấy quả được tiến hành theo các công đoạn chính sau: Xử lý trước khi sấy (bao gồm lựa chọn, làm sạch, xử lý giữ màu và các vi chất), loại nước - sấy, xử lý sau khi sấy (bổ sung phụ gia, kiểm tra) và cuối cùng là bao gói bảo quản.

Trong giai đoạn đầu tiên của lịch sử sản xuất sản phẩm bột bơ, thịt quả bơ thường được sấy bằng công nghệ nhiệt đối lưu tĩnh, sấy thùng quay hoặc sấy phun. Những kỹ thuật sấy khô bằng nhiệt này tạo ra một sản phẩm có màu xanh lục nhạt và có mùi hắc, vị đắng, chất lượng cảm quan dưới mức trung bình do vậy không được thị trường ưa chuộng và lượng tiêu thụ rất ít. Bột bơ sấy nhiệt thường được sử dụng theo cách thêm một số gia vị, hương vị khác che đi mùi và vị xấu, chủ yếu để sản xuất hỗn hợp guacamole. Ngày nay, các hệ thống sấy nóng thông dụng như: Sấy đối lưu; sấy đối lưu tuần hoàn nhiệt; sấy tiếp xúc; sấy bức xạ; ít còn được áp dụng trong sản xuất sản phẩm bột bơ sấy [15 - 18].

Các kỹ thuật sấy mới đã được thử nghiệm trên quá trình sấy bơ cho thấy, thực tế khả năng ứng dụng quy mô công nghiệp bao gồm: Sấy phun, sấy lạnh, sấy thăng hoa (đông khô) và gần đây là công nghệ sấy màng mỏng bức xạ nhiệt RW [15, 16, 19].

2.2.1. Sơ chế chống biến màu quả bơ trước khi chế biến

Thịt quả bơ rất dễ bị hóa nâu enzyme do hai nguyên nhân: Enzyme polyphenol oxidase (PPO) xúc tác phản ứng oxy hóa phenol thành quinon và các polyme nâu. Đồng thời, quá trình đun nóng thịt quả bơ trên 70°C hình thành các alkanol gây vị đắng khó chịu làm giảm giá trị cảm quan của thành phẩm. Điều này có thể dẫn đến sự biến đổi màu sắc và tạo vị đắng không mong muốn và suy giảm chất lượng của bột bơ. Việc kiểm soát hóa nâu cũng như tạo đắng trong quá trình sấy tạo bột

bơ là một thách thức đáng kể. Hàm lượng chất béo cao trong bơ, đặc biệt là chất béo không bão hòa đơn và không bão hòa đa, cũng làm cho thịt quả và sản phẩm bột bơ dễ bị oxy hóa. Quá trình oxy hóa có thể dẫn đến sự hình thành mùi vị ôi thiu, biến đổi màu sắc và mất chất dinh dưỡng, ảnh hưởng đến thời gian bảo quản và chất lượng tổng thể của bột bơ [14, 17].

Để khắc phục, nhiều giải pháp công nghệ đã được nghiên cứu. Một số giải pháp công nghệ đã được đề xuất nhằm khắc phục hạn chế trong quá trình sấy như: Xử lý tiền nhiệt (blanching), sử dụng chất chống oxy hóa (ascorbic axit, citric axit), hoặc áp dụng các công nghệ phi nhiệt (xử lý ethanol, sóng siêu âm) trước sấy [3, 12, 18, 20].

2.2.2. Công nghệ sấy phun

Là một kỹ thuật sấy phổ biến được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm khi muốn chuyển nguyên liệu từ trạng thái lỏng thành dạng bột. Quy trình sấy phun thường bao gồm bốn bước chính: Phun chất lỏng cấp, sấy phun trong tháp sấy, tạo thành các hạt khô, tách và thu thập sản phẩm khô từ khí sấy. Nhiệt độ đầu vào, lưu lượng cấp, loại và nồng độ tác nhân là các yếu tố quyết định chất lượng của bột sấy phun [16, 17].

Sấy phun là phương pháp khả thi và dễ ứng dụng nhất ở quy mô công nghiệp. Lợi thế của sấy phun trong sản xuất công nghiệp bao gồm: Thời gian sấy ngắn, sản xuất liên tục, công suất lớn và tạo ra các hạt bột mịn, có kích thước đồng nhất, độ ẩm cuối của sản phẩm thấp. Tuy nhiên, nhược điểm là nhiệt độ sấy cao nên một số hợp chất nhạy cảm với nhiệt dễ bị biến đổi hoặc phá hủy. Thêm vào đó, một số vấn đề kỹ thuật của quá trình sấy phun như: Hiện tượng tắc nghẽn các vòi phun và sự bám dính của các hạt bột vào thành buồng, làm tăng chi phí vệ sinh và giảm hiệu suất thu hồi. Dịch sấy phun thường cần bổ sung các chất mang như: Maltodextrin, arabic gum, cyclodextrin và whey protein để bảo vệ các hợp chất dễ bay hơi, giảm độ dính của sản phẩm và tăng hiệu suất thu hồi bột [13, 17, 18].

Nghiên cứu sử dụng phương pháp mặt phản ứng tối ưu (Response Surface Methodology) đã tối ưu hóa các tham số như: Maltodextrin 2,8 - 11,3%, nhiệt độ đầu vào 140 - 160°C, đầu ra 80 - 90°C và tốc độ atomizer (20 k - 26 k RPM). Kết quả cho

thấy, các thông số kỹ thuật có ảnh hưởng đáng kể ($p < 0,05$) đến các thông số chất lượng bột bơ thành phẩm: Độ ẩm, độ hoạt hóa nước, độ tan, chỉ số màu sắc, dầu chiết và khả năng hình thành cặn [15]... Hiệu quả bảo vệ của chất nhũ hóa dạng hạt hỗn hợp trong quá trình sấy phun bột quả bơ cũng đã được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, hỗn hợp tinh bột phosphoryl hóa và n-octenyl succinic anhydride (HI-CAP 100) có hiệu quả vi nang cao nhất. HI-CAP 100 là tinh bột có nguồn gốc sinh học từ ngô sếp có độ nhớt thấp ở nồng độ chất khô cao, hương vị và mùi vị trung tính, khả năng chống oxy hóa tốt, tuy nhiên khả năng vi nang kém. Trong khi đó, tinh bột phosphoryl hóa hoạt động như một vật liệu bao bọc trong quá trình sấy phun. Sự kết hợp của hai vật liệu này cải thiện hiệu quả bao gói tổng thể. Trong một nghiên cứu khác, bột sữa lác quả bơ được sấy phun với 12% maltodextrin (MD) không bị dính và có vị đắng, qua đó cho thấy lợi thế của MD và arabic gum trong việc giảm thiểu những vấn đề về độ hút ẩm và nhiệt dẻo ở độ ẩm và nhiệt độ cao [21]. Công thức bổ sung 10% chất trợ sấy maltodextrin cùng với các thông số của chế độ sấy phun bao gồm: Nhiệt độ đầu vào là 170°C, nhiệt độ đầu ra là 60°C, tốc độ bơm dịch là 30 v/ph, tốc độ quay của đĩa phun là 30.000 - 35.000 v/ph sẽ cho sản phẩm có màu sắc vàng tươi, ít đắng, hương thơm đặc trưng, độ ẩm đạt 3,15% với hiệu suất thu hồi là 76,3% [22].

Công nghệ sấy phun được ứng dụng sản xuất bột từ các phần khác nhau của quả bơ, từ hạt đến phụ phẩm, với kết quả về độ ẩm, độ tan và màu sắc khá ổn định. Công nghệ này phù hợp sử dụng để chế biến các phụ phẩm từ các công nghệ sản xuất dầu bơ, bơ nhuyễn đông lạnh hoặc áp dụng cho nguyên liệu có chất lượng trung bình và kém để tạo ra các sản phẩm có chất lượng và giá thành hợp lý, làm nguyên liệu bổ sung chất xơ, carbohydrate, protein phục vụ cho các ngành sản xuất thực phẩm phổ thông và thức ăn chăn nuôi. Đối với công nghệ sấy phun, yếu tố kỹ thuật quan trọng cần chú trọng là loại chất mang (maltodextrin, các hydrocolloid hoặc kết hợp protein), tỷ lệ chất mang và điều kiện sấy để cân bằng chất lượng cảm quan, thành phần dinh dưỡng và hiệu suất kinh tế. Bên cạnh đó, việc chuẩn bị hỗn hợp sấy đồng nhất bằng các kỹ thuật

vật lý cũng cần quan tâm để tránh các hiện tượng tắc nghẽn vòi phun và nâng cao hiệu suất thu hồi bột [15, 16].

2.2.3. Công nghệ sấy lạnh bơm nhiệt

Phương pháp sấy ở từ 10 - 60°C, với không khí sấy trong buồng sấy có độ ẩm 10 - 30%. Do nhiệt độ môi trường sấy thấp, nên chất lượng sản phẩm ít bị ảnh hưởng so với nguyên liệu ban đầu. Cấu tạo của một máy sấy lạnh gồm một máy bơm nhiệt tạo ra hướng cấp nhiệt và thoát ẩm phù hợp nhất nhằm đảm bảo vật sấy khô đều [20, 23].

Phương pháp sấy lạnh có hỗ trợ bơm nhiệt có ưu điểm là quá trình sấy trong khoảng nhiệt độ và độ ẩm của tác nhân sấy rộng, có thể thực hiện quá trình sấy ở nhiệt độ thấp hơn các phương pháp sấy truyền thống (có thể thấp đến 10°C) và có hiệu quả sử dụng năng lượng cao. Đồng thời, hệ thống sấy có hỗ trợ bơm nhiệt là một hệ thống kín, nên khả năng giữ mùi tốt, giúp hạn chế tổn các thành phần tạo mùi của nguyên liệu, điều rất khó thực hiện trong các phương pháp sấy truyền thống khác. Điều này góp phần làm nâng cao chất lượng của sản phẩm sau khi sấy [20, 24, 25].

Công nghệ sấy lạnh bơm nhiệt sử dụng nhiệt độ thấp (35 - 50°C) và môi chất lạnh R134a để sấy lát bơ dày khoảng 2 mm với luồng không khí tuần hoàn 0,5 - 2 m/s, cho kết quả tối ưu ở 50°C nhờ thời gian sấy ngắn hơn và chất lượng bột tốt hơn. Khi tăng nhiệt độ sấy từ 35°C lên 50°C, hệ số khuếch tán ẩm tăng gần gấp đôi từ $\sim 1,9 \times 10^{-10}$ lên $\sim 4,1 \times 10^{-10}$ m²/s giúp đẩy nhanh quá trình làm khô mà không làm giảm độ ổn định màu. Mô hình Page được xác nhận phù hợp để mô tả động học sấy với hệ số xác định $R^2 > 0,996$ [20]. Độ đổi màu (ΔE) của bột bơ khi sấy ở 50°C được giảm đáng kể, sản phẩm có màu sắc tươi sáng hơn nhờ hạn chế oxy hóa. So sánh với sấy thăng hoa, sấy lạnh bơm nhiệt mang lại chất lượng tương đương về độ màu và chất dinh dưỡng nhưng hiệu quả năng lượng cao hơn [11, 20]. Một nghiên cứu tại Sri Lanka [24] đã chỉ ra rằng, phương pháp này cân bằng tốt giữa chi phí và chất lượng bột, so với các phương pháp thông thường. Phân tích cho thấy, nhiệt độ vận hành 50°C là điểm tối ưu, cân bằng giữa tốc độ làm khô và ngăn ngừa mất màu. Bột bơ thu được đạt độ ẩm cân bằng khoảng 7 - 8%, giữ màu tự nhiên và cấu trúc tế bào tốt.

Công nghệ sấy lạnh bơm nhiệt là một công nghệ tạo ra sản phẩm bột bơ có màu sắc tự nhiên hơn rất nhiều so với phương pháp sấy phun, sản phẩm cũng có độ ẩm dễ bảo quản (thường < 8%), đồng thời cho phép tái sử dụng nhiệt, giảm đáng kể tiêu thụ năng lượng so với công nghệ sấy thăng hoa. Sấy lạnh bơm nhiệt là một lựa chọn hiệu quả về chi phí và chất lượng, đặc biệt phù hợp với sản xuất bột bơ quy mô công nghiệp vừa và nhỏ [11, 20].

2.2.4. Công nghệ sấy thăng hoa

Được sử dụng phổ biến trong các ngành công nghiệp thực phẩm và dược phẩm. Quá trình sấy thăng hoa có 3 giai đoạn chính: Đông lạnh ban đầu, sấy sơ cấp và sấy thứ cấp, trong đó toàn bộ các bước dẫn đến việc loại bỏ 99% nước [20, 23, 24].

+ Giai đoạn 1: Đông lạnh vật liệu ẩm

Vật liệu ẩm (VLA) được làm lạnh từ nhiệt độ môi trường xuống -10 đến -25°C. Toàn bộ ẩm tự do trong VLA chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn. Trong giai đoạn này, không gian trong bình thăng hoa có áp suất rất nhỏ (chân không), do đó phần áp suất hơi nước cũng giảm so với phần áp suất hơi nước trong lòng vật liệu, làm thoát ẩm vào khoảng không trong bình thăng hoa (khoảng 10 - 15%). Nhiệt độ vật liệu sấy giảm xuống dưới nhiệt độ điểm S (điểm 3 thể) [20, 23].

+ Giai đoạn 2: Sấy thăng hoa (sấy sơ cấp) ở nhiệt độ và áp suất thấp nhỏ hơn trạng thái ba thể (0,0098°C; 4,58 mmHg) làm cho ẩm trong vật liệu từ trạng thái rắn thăng hoa sang trạng thái hơi và thoát ra khỏi vật liệu. Giai đoạn thăng hoa có thể xem tốc độ sấy không đổi. Nhiệt độ vật liệu sấy hầu như không đổi. Kết thúc giai đoạn này ẩm đóng băng trong vật liệu sấy thăng hoa hoàn toàn; cuối giai đoạn này nhiệt độ vật liệu tăng từ -15 - 10°C lên tới 0°C. Tại đây quá trình thăng hoa kết thúc [20, 24].

+ Giai đoạn 3: Bốc hơi ẩm còn lại (sấy thứ cấp)

Ở giai đoạn này, nhiệt độ vật liệu tăng, do đó độ ẩm trong vật liệu trở về dạng lỏng. Áp suất trong bình thăng hoa vẫn nhỏ hơn áp suất khí trời nhờ bơm chân không và vật liệu vẫn tiếp tục gia nhiệt nên ẩm vẫn bốc hơi và đi vào buồng sấy. Nhờ thế quá trình bốc hơi ẩm còn lại chính là quá trình sấy chân không trong bình thường. Ở giai đoạn

này, nhiệt độ khay sấy có thể tăng lên 50 - 60°C (có khi tăng đến 80°C như máy Epsilon của Chirst-Đức), tùy theo đặc điểm sản phẩm để đảm bảo chất lượng và độ khô. Kết thúc giai đoạn này khi có sự cân bằng nhiệt xảy ra [20, 23].

Trong quá trình sấy thăng hoa, các phân tử nước thoát ra không va chạm nhau, nên bảo toàn chất lượng sinh học của sản phẩm sấy. Kỹ thuật sấy thăng hoa có tác dụng bảo quản được giá trị dinh dưỡng, vitamin, các hoạt chất sinh học của các sản phẩm như hoa quả, chế phẩm enzym, chế phẩm vi sinh vật sống... ở mức tối đa nhất so với các cách chế biến khác. Thông thường, sấy thăng hoa giúp bảo toàn 75 - 85% vitamin trong hoa quả [23, 24].

Trong các nghiên cứu năm 2005, công nghệ sản xuất guacamole thăng hoa chất lượng cao và các đặc tính hút ẩm của sản phẩm trong quá trình bảo quản cho thấy, guacamole sấy thăng hoa có chất lượng cảm quan, khả năng hoàn nguyên khi hút nước tốt hơn hẳn so với guacamole sấy phun. Năm 2007 cũng đã có nghiên cứu động học quá trình sấy của quả bơ được hỗ trợ bởi máy bơm nhiệt làm khô với độ dày 5 mm, cần 360 phút để loại nước của miếng bơ đến độ ẩm 0,35 g H₂O/g chất khô hòa tan [26, 27]. Năm 2020, một số nghiên cứu đã công bố kỹ thuật sấy thăng hoa thịt quả bơ (*Persea americana var. Pollock*) để tạo ra một loại bột để sử dụng trong các thực phẩm khác nhau. Các mẫu thịt quả bơ đông lạnh, đã nghiền được sấy bằng thiết bị sấy thăng hoa Benhay SB-4 so sánh với các mẫu bột quả được sấy khô trong tủ sấy Unitemp ở 60°C. Các mẫu được làm khô cho đến khi khối lượng không đổi đạt được sau trộn thành bột và phân tích các chỉ tiêu: Độ ẩm, hoạt độ nước, pH và tổng lượng chất khô hòa tan, hàm lượng chất rắn, đánh giá màu sắc, phân tích gần, tính chất vật lý, hoạt động bù nước và đánh giá sơ bộ về lưu trữ. So với các bơ sấy nhiệt bằng tủ sấy, các mẫu đông lạnh được sấy khô đến các giá trị độ ẩm cân bằng thấp hơn, không bị chuyển màu nâu và có hàm lượng protein và chất béo cao hơn. Bột thăng hoa nhẹ, chảy tự do, khi hòa vào nước sẽ hoàn nguyên thành hỗn hợp gần giống với quả bơ tươi xay nhuyễn. Do đó, sấy thăng hoa là một lựa chọn hấp dẫn để sản xuất bột bơ Pollock chất lượng cao mà không cần sử dụng nhiệt hoặc sử

dụng chất bảo quản hóa học để bảo quản màu sắc [28].

Trong nghiên cứu năm 2020, sấy thăng hoa tạo ra bột bơ có độ ẩm (2,1% wb) và hoạt độ nước trung bình ($\alpha = 0,356$), thấp hơn rõ rệt so với bột sấy nhiệt (5,03% wb; $\alpha = 0,644$). Bột thăng hoa cũng giữ lại hàm lượng chất béo (47,22%) và protein (6,87%) cao hơn so với sấy lò (40,66% và 1,06%). Về tính chức năng, bột sấy thăng hoa có khả năng hòa tan (11,4%) và khả năng hấp thụ nước (10,6%) vượt trội, đồng thời tái hydrate hóa tốt, cho hỗn hợp có hình thức và cảm quan như sản phẩm từ bơ tươi. Ngoài ra, bột thăng hoa có cấu trúc xốp, dễ nghiền mịn, trong khi bột sấy đối lưu kết cứng và sẫm màu [28].

Như vậy, sấy thăng hoa là công nghệ đặc biệt phù hợp với sản xuất bột bơ sấy do có thể giữ được chất lượng dinh dưỡng như: Các vitamin, dầu, chất lượng cảm quan (màu sắc, hương vị của nguyên liệu), đồng thời tạo ra sản phẩm có cấu trúc và các tính chất công nghệ (độ tan, khả năng hấp thụ, tái hydrate) tốt hơn so với các công nghệ sấy khác. Tuy nhiên, nhược điểm chính của sấy thăng hoa là thời gian sấy dài (> 20 giờ) và tiêu thụ năng lượng nhiều, yêu cầu sử dụng thiết bị đắt tiền, hệ thống phụ trợ lớn, cần nhân công kỹ thuật dẫn đến chi phí cao làm hạn chế khả năng ứng dụng ở quy mô công nghiệp.

2.2.5. Công nghệ sấy màng mỏng bức xạ nhiệt (Refractance Window Drying - RWD)

Là một phương pháp sấy thế hệ mới, được xếp vào “thế hệ thứ tư” của công nghệ sấy thực phẩm. Kỹ thuật này sử dụng nước nóng như nguồn truyền nhiệt: Vật liệu ẩm được dàn thành một lớp mỏng trên bề mặt một màng film trong suốt phía trên bề mặt dung dịch được gia nhiệt, cho phép năng lượng nhiệt hồng ngoại truyền qua màng vào vật liệu sấy. Nhờ hiệu ứng làm mát bay hơi, nhiệt độ của vật liệu sấy trong quá trình RWD thường chỉ khoảng 60 - 70°C, thấp hơn đáng kể so với nhiệt độ không khí trong sấy phun hoặc sấy nóng truyền thống. Với lớp vật liệu mỏng và cơ chế truyền nhiệt kết hợp dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ qua “cửa sổ” màng mỏng, RWD thúc đẩy quá trình bay hơi ẩm ở nhiệt độ sấy thấp nhanh hơn nhiều so với phương pháp truyền nhiệt đối lưu bề mặt truyền thống [19, 29]. Thực tế, RWD có thể làm

khô hầu hết các sản phẩm chỉ trong vài phút (thường 2 - 6 phút cho một mẻ liên tục) thay vì hàng giờ như sấy nóng đối lưu hoặc hàng chục giờ như sấy thăng hoa. Do đó, RWD đặc biệt phù hợp để sấy các nguyên liệu dạng bột nhão, nhạy cảm với nhiệt, giúp hạn chế tối đa hiện tượng suy giảm chất lượng do nhiệt độ cao [19, 24].

So với kỹ thuật sấy phun - phương pháp phổ biến để sản xuất bột từ dịch quả - RWD có ưu thế ở chỗ thời gian sấy ngắn và sản phẩm ít bị tổn thất chất lượng hơn. Sấy phun thường đòi hỏi không khí nóng 150 - 300°C, khiến sản phẩm chịu tác động nhiệt rất lớn, gây thất thoát đáng kể dưỡng chất và màu sắc tự nhiên. Ngược lại, RWD tiến hành sấy ở áp suất thường với nhiệt độ nước ~95°C, nhờ đó sản phẩm được sấy nhanh ở nhiệt độ thấp và giữ được mức độ màu sắc, hương vị và dinh dưỡng cao hơn so với các phương pháp sấy đối lưu hay sấy phun. Thí nghiệm cho thấy, RWD đạt hiệu suất giữ chất lượng vượt trội: Sản phẩm sấy bằng RWD có hàm lượng dưỡng chất và màu sắc gần tương đương so với sấy thăng hoa (vốn được coi là chuẩn mực về chất lượng) nhưng với chi phí năng lượng thấp hơn đáng kể [19, 24]. Đặc biệt, nghiên cứu năm 2022 về sấy bột bơ bằng RWD đã ghi nhận khả năng giữ lại trên 80% tổng hàm lượng polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa trong sản phẩm bột so với nguyên liệu tươi [18]. Tương tự, các nghiên cứu năm 2023 tiếp tục cho thấy, việc bổ sung maltodextrin như chất mang khi sấy bơ bằng RWD giúp bột bơ giữ được khoảng 85,6% hàm lượng polyphenol, 78,8% diệp lục tố (sắc tố màu xanh) và 83,5% khả năng kháng oxy hóa so với ban đầu [30]. Những mức độ giữ màu sắc và chất chống oxy hóa cao như vậy vượt trội hơn hẳn so với các phương pháp sấy truyền thống, khẳng định ưu thế của công nghệ RWD trong việc sấy các sản phẩm nhạy cảm mà vẫn bảo toàn chất lượng cảm quan và dinh dưỡng [18, 30].

2.2.6. Các nghiên cứu ứng dụng công nghệ sấy sản xuất bột quả bơ ở Việt Nam

Các nghiên cứu trong lĩnh vực sấy hoa quả, đặc biệt sấy quả bơ đã được một số cơ sở trong nước thực hiện nghiên cứu và công bố. Phân Viện

Công nghiệp thực phẩm đã thực hiện đề tài cấp Bộ Công thương năm 2008 “Nghiên cứu công nghệ sản xuất dầu béo và bột bơ loại béo từ trái bơ (avocado)” [31]. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được quy trình sản xuất bột trái bơ tách béo bằng phương pháp sấy chân không 60°C, áp suất 125 - 150 mbar trong 8 giờ [31]. Năm 2017, Phạm Thị Mỹ Phương đã thử nghiệm sản xuất bột bơ dinh dưỡng áp dụng quy trình khử đắng bơ bằng cyclodextrin 2%, xử lý chống đổi màu của bơ bằng axit ascorbic 0,05%, tạo bột bơ bằng công nghệ sấy phun và bổ sung chất trợ sấy Maltodextrin 3% để tăng hiệu suất thu hồi bột và lưu lượng bơm nạp liệu là 5 lít/giờ, nhiệt độ sấy là 160°C [32]. Kết quả Nguyễn Thị Thảo, Nguyễn Văn Minh (2022) [33] công bố sản xuất bột bơ bằng phương pháp sấy phun với các thông số nồng độ maltodextrin bổ sung: 13% (w/w), nhiệt độ sấy: 140°C và tốc độ bơm nạp liệu: 17 vòng/phút. Kết quả cho bột bơ có lipid tổng số 15,6%; chỉ số axit 2,69 mgKOH/g, chỉ số peroxide 16,18 meq/kg, độ ẩm < 5% khả năng giữ nước của bột đạt 86,8%. Dự án “Ứng dụng công nghệ trong bảo quản và chế biến trái bơ theo phương thức sản xuất công nghiệp tại tỉnh Đắk Lắk” thực hiện tại Công ty Cổ phần An Phú thành phố Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk đã hoàn thiện công nghệ xử lý sơ chế thịt quả bơ nguyên liệu bằng dung dịch axit citric, axit ascorbic, muối ăn, glucose, enzyme glucose oxidase, chế độ sấy trong tổng thời gian 18 giờ gồm các giai đoạn: Chế độ sấy đông khô và chân không (-30°C/3 giờ) - (-10°C/3 giờ) - (0°C/0,12 mbar/3 giờ) - (5°C/0,12 mbar/3 giờ) - (10°C/0,06 mbar/3 giờ) - (15°C/0,03 mbar/3 giờ); chế độ sấy thứ cấp 15 - 25°C/0 mT/1,5 - 2 giờ. Và đã xây dựng mô hình công nghệ, thiết bị sản xuất bột bơ từ bơ miếng sấy thăng hoa đóng túi chân không quy mô 30 kg thành phẩm/mẻ với quy trình sấy thăng hoa bơ miếng trong 18 - 24 giờ (tùy theo khối lượng, độ ẩm nguyên liệu), sản phẩm cuối cùng có hàm lượng protein 6 - 7%; lipid 35 - 37%; chỉ số axit 0,9 mgKOH/g, chỉ số peroxide 2,54 meq/kg, vitamin C > 40 mg%, đạt độ ẩm 2 - 3% [34].

Bảng 1. Đánh giá ưu điểm và nhược điểm của các kỹ thuật sấy bột bơ

Kỹ thuật sấy	Ưu điểm	Nhược điểm
Sấy phun	Thời gian sấy ngắn, công suất lớn, sản xuất liên tục, tạo hạt mịn, đồng nhất.	Nhiệt độ cao ảnh hưởng đến chất lượng dinh dưỡng và cảm quan của sản phẩm, các tính chất công nghệ của sản phẩm như độ tan, độ xốp,... kém
Sấy lạnh bơm nhiệt	Nhiệt độ sấy từ 40 - 60°C, sản phẩm có màu sắc và hương vị tự nhiên, thời gian và chi phí năng lượng thấp hơn so với sấy thăng hoa	Độ ẩm cuối của sản phẩm cao hơn so với các phương pháp sấy khác. Khó kiểm soát tình trạng nhiễm khuẩn trong quá trình sấy cũng như trong sản phẩm cuối.
Sấy thăng hoa	Bảo quản tối đa chất dinh dưỡng nhạy cảm với nhiệt, hương vị và kết cấu; bột xốp, hút nước tốt, duy trì màu sắc và hương vị tự nhiên. Độ ẩm cuối của sản phẩm thấp	Thời gian kéo dài, chi phí năng lượng cao, đầu tư lớn bao gồm cả đầu tư về thiết bị, nhà xưởng, các điều kiện hạ tầng và phụ trợ liên quan dẫn đến khó ứng dụng ở quy mô công nghiệp.
Sấy màng mỏng bức xạ (RWD)	Tốc độ sấy rất nhanh, chất lượng sản phẩm cao, hiệu suất năng lượng, thích hợp sản phẩm nhạy cảm với nhiệt, phù hợp với sản phẩm dạng bột nhão, duy trì màu sắc, hương vị và chất dinh dưỡng.	Chi phí thiết bị ban đầu cao, đòi hỏi chuyên môn kỹ thuật, cần có các nghiên cứu thêm

2.3. Khả năng mở rộng phát triển và ứng dụng thực tiễn của các công nghệ sấy trong sản xuất bột quả bơ

Nghiên cứu tình hình ứng dụng các công nghệ sấy bột bơ trong thực tế sản xuất và nghiên cứu, bao gồm các công nghệ và sản phẩm cụ thể đã được phát triển và thương mại hóa có thể nhận thấy các vấn đề sau:

2.3.1. Tiềm năng ứng dụng công nghệ sấy phù hợp trong sản xuất bột bơ tại Việt Nam

Đối với nguyên liệu quả bơ Việt Nam có chủng loại và chất lượng đa dạng, theo các nghiên cứu công bố và thực tế thực hiện các nghiên cứu, thử nghiệm ứng dụng cho thấy, phương pháp tách dầu bơ sau đó áp dụng công nghệ sấy phun là phương án khả thi và cho hiệu quả kinh tế cao, đồng thời cho sản phẩm bột có chất lượng đạt yêu cầu ứng dụng rộng rãi từ mỹ phẩm, nguyên liệu bổ sung dinh dưỡng thực phẩm, phụ gia thực phẩm. Công nghệ sấy đông khô tạo ra chất lượng sản phẩm cao cấp tuy nhiên khi chưa có các công nghệ sau thu hoạch và sơ chế phù hợp, chỉ có thể áp dụng với một số sản phẩm bơ cao cấp và ít có vị đắng như: Bơ Hass, bơ Pinkerton... Công nghệ sấy lạnh tạo ra sản phẩm thông thường khó cạnh tranh với sản phẩm sấy đông khô và chi phí cao,

chưa phù hợp với sản xuất công nghiệp. Công nghệ sấy RWD hiện nay chưa có các thiết bị quy mô lớn ở Việt Nam.

2.3.2. Các thách thức trong công nghệ sản xuất, ứng dụng và thương mại sản phẩm bột bơ

Mức độ hút ẩm và vón cục: Bột bơ thường được sấy đến độ ẩm cuối khá thấp (< 8%) do vậy có khả năng hút ẩm rất cao từ môi trường xung quanh. Khả năng hút ẩm này có thể dẫn sản phẩm thường bị vón cục và giảm khả năng chảy của bột, bột dễ bị nhiễm vi sinh vật, mốc, ảnh hưởng đến chất lượng công nghệ sản phẩm. Việc duy trì hoạt độ nước thấp và sử dụng bao bì thích hợp là rất quan trọng để ngăn chặn sự hút ẩm và vón cục [16, 28].

Chi phí sản xuất cao: Một số kỹ thuật sấy, chẳng hạn như sấy thăng hoa, sấy lạnh và ngay cả sấy phun, có thể có chi phí năng lượng và chi phí thiết bị ban đầu cao, làm tăng tổng chi phí sản xuất bột bơ. Cần tìm kiếm các kỹ thuật sấy tiết kiệm chi phí và hiệu quả để đảm bảo khả năng cạnh tranh của bột bơ trên thị trường [15, 16].

Biến đổi về chất lượng và độ đồng đều: Chất lượng của bột bơ có thể thay đổi tùy thuộc vào giống bơ, độ chín và điều kiện sấy. Việc đạt được chất lượng và độ đồng đều sản phẩm nhất quán là

một thách thức, đặc biệt là khi làm việc với nguồn nguyên liệu bơ từ các giống khác nhau [3, 11]. Đồng thời các công nghệ sơ chế hỗ trợ trước khi sấy như chống biến đổi màu sắc, hương vị cũng đóng vai trò quan trọng đến chất lượng của sản phẩm cuối.

Khó khăn trong ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm: Do sản phẩm có hàm lượng chất béo cao, khi ứng dụng trong các sản phẩm thực phẩm có thể gặp các vấn đề như khó tan, tách pha, kết tủa... Đồng thời, sản phẩm có thành phần dinh dưỡng cao như bột bơ yêu cầu việc quản lý quy trình sản xuất và logistic sản phẩm bột bơ cần phải tuân thủ các quy định và tiêu chuẩn về an toàn thực phẩm [3, 11, 35].

3. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG ĐI TRONG TƯƠNG LAI

Bài báo tập trung phân tích bốn công nghệ sấy chủ yếu áp dụng cho thịt quả bơ - gồm sấy phun, sấy thăng hoa, sấy lạnh và sấy màng mỏng bức xạ nhiệt (RW) - thông qua việc so sánh nguyên lý hoạt động, điều kiện vận hành, chất lượng sản phẩm (dinh dưỡng, màu sắc, cấu trúc, hương vị), hiệu quả kinh tế và tính khả thi ứng dụng thực tiễn.

Mỗi công nghệ có ưu điểm và hạn chế riêng khi áp dụng cho quá trình sản xuất bột bơ - một loại sản phẩm có các tính chất đặc thù, đòi hỏi lựa chọn phù hợp theo mục tiêu chất lượng và chi phí sản xuất. Tuy nhiên, sản xuất sản phẩm bột bơ ở quy mô công nghiệp vẫn đối mặt nhiều thách thức như hóa nâu, oxy hóa chất béo, hút ẩm, vón cục và chi phí năng lượng cao. Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu các giải pháp công nghệ kiểm soát biến đổi sinh hóa, tối ưu hóa quy trình, tích hợp năng lượng tái tạo và mở rộng ứng dụng bột bơ trong các lĩnh vực thực phẩm, mỹ phẩm và dược phẩm và mở rộng thực hiện các thực nghiệm quy mô pilot và công nghiệp.

Thực hiện các hoạt động nghiên cứu, thực nghiệm này sẽ góp phần tạo ra cơ sở dữ liệu thông tin, cũng như căn cứ khoa học để hỗ trợ cho việc sản xuất bột bơ ở quy mô công nghiệp và góp phần đa dạng hóa sản phẩm, đổi mới sáng tạo trong sản xuất, phát triển ngành chế biến sản xuất quả bơ nói chung và bột quả bơ tại Việt Nam cũng như trên thế giới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Reportlinker, Avocado Industry (2025). *View trends, analysis and statistics*. Reportlinker.com.
2. Giiresearch.com (2025). *Avocado powder market by type (Conventional, Organic), source (Pulp, seed, skin), application, distribution Channel - Global Forecast 2025 - 2030*. Giiresearch.com.
3. Cheptoo, A., R. Ebere and J. Arimi (2025). Avocado pulp: A review of nutritional profile, functional attributes, drying techniques and avocado pulp products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025(1), 4810929.
4. OECD/FAO (2024). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024 - 2033*. OECD Publishing: Paris.
5. Talavera, A., *et al.* (2023). Avocado: Agricultural importance and nutraceutical properties, in compendium of crop genome designing for nutraceuticals. *Springer*, 1 - 19.
6. Bhore, S. J., *et al.* (2021). The avocado (*Persea americana* Mill.): A review and sustainability perspectives. *ResearchGate*, (12), 1 - 50.
7. Wertheim-Heckab, S., *et al.* (2010). Avocado in Vietnam: Value chain development beyond donor support.
8. QYResearch (2023). *Global Avocado powder market insights, forecast to 2030*.
9. Research, P. M (2023). *Avocado powder market: Global industry analysis 2018 - 2022 and Opportunity Assessment 2023 - 2033*.
10. Service, U. F. A. (2024). *Global avocado trade updates*.
11. Fufa, D. D., *et al.* (2025). Drying kinetic models, thermodynamics, physicochemical qualities and bioactive compounds of avocado (*Persea americana* Mill. Hass variety) seeds dried using various drying methods. *Heliyon*. 11(1), e41058.
12. Nguyen, T. V. L., P. B. D. Nguyen and T. T. V. Tran (2024). Kinetics of infrared drying of avocado (*Persea americana*) pulp with different formulations. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2303835.

13. Samborska, K., *et al.* (2022). Innovations in spray drying process for food and pharma industries. *Journal of Food Engineering*. 321, 110960.
14. Stephen, J. and M. Radhakrishnan (2022). Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. *Journal of food processing and preservation*, 46(12), e17207.
15. Marulanda, A., M. Ruiz-Ruiz and M. Cortes-Rodríguez (2018). Influence of spray drying process on the quality of avocado powder: A functional food with great industrial potential. *Vitae*, 25(1), 37 - 48.
16. Alissa, K., *et al.* (2020). Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* Mill.) seed powder. *Foods*, 9(2), 139.
17. Coutinho, I. B., *et al.* (2022). Spray drying of avocado pulp using the seed as an adjuvant. *Powder Technology*, 408, 117738.
18. Nguyen, T. V. L., Q. D. Nguyen and P. B. D. Nguyen (2022). Drying kinetics and changes of total phenolic content, antioxidant activity and color parameters of mango and avocado pulp in refractance window drying. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 72(1), 27 - 38.
19. Nindo, C. and J. Tang (2007). Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. *Drying technology*, 25(1), 37 - 48.
20. Barajas Gamboa, J. A., *et al.* (2025). The impact of freeze drying on the rehydration and enzymatic browning of the avocado variety Hass (*Persea americana* Mill.). *Brazilian Journal of Food Technology*, 28, e2024057.
21. Espinosa-Solis, V., *et al.* (2022). Effect of mixed particulate emulsifiers on spray-dried avocado oil-in-water pickering emulsions. *Polymers*, 14(15), 3064.
22. Lê Tất Khương, Phạm Văn Quân (2016). Nghiên cứu xác định độ chín và các thông số công nghệ trong quá trình chế biến bột bơ bằng phương pháp sấy phun. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, (11), 66 - 71.
23. Castañeda-Saucedo, M. C., *et al.* (2014). Effect of freeze-drying and production process on the chemical composition and fatty acids profile of avocado pulp. *Revista chilena de nutrición*, 41(4), 404 - 411.
24. Mahanti, N. K., *et al.* (2021). Refractance Window™-Drying vs. other drying methods and effect of different process parameters on quality of foods: A comprehensive review of trends and technological developments. *Future Foods*, 3, 100024.
25. Özbek, H. N., *et al.* (2022). Hot air-assisted radiofrequency drying of avocado: Drying behavior and the associated effect on the characteristics of avocado powder. *Journal of Food Process Engineering*, 45(9), e14094.
26. Vergara-Balderas, F., *et al.* (2005). Freezedrying of guacamole in 2005 IFT Annual Meeting, July 15-20-New Orleans, Louisiana.
27. Mujica-Paz, H., *et al.* (2005). Hygroscopic properties of freeze-dried guacamole. In IFT Annual Meeting, July 15 - 20, New Orleans, Louisiana.
28. Mujaffar, S. and T. A. Dipnarine (2020). The production of a dried avocado (*Persea americana*) powder. in The international conference on emerging trends in engineering and technology.
29. Raghavi, L., J. Moses and C. Anandharamakrishnan (2018). Refractance window drying of foods: A review. *Journal of food engineering*, 222: p. 267 - 275.
30. Nguyen, T. V. L., *et al.* (2023). Effect of maltodextrin on drying rate of avocado (*Persea americana* Mill.) pulp by refractance window technique, and on color and functional properties of powder. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 73(2): p. 187 - 195.
31. Võ Tấn Hậu, Dương Minh Khải, Tô Lan Phương (2008). Nghiên cứu công nghệ sản xuất dầu béo và bột bơ loại béo từ trái bơ (*Avocado*). Viện Công nghiệp thực phẩm, Bộ Công thương. 43 trang.
32. Phạm Thị Mỹ Phương và cs (2020). Nghiên cứu chế biến một số sản phẩm từ quả bơ được trồng tại vùng Tây Bắc và Tây Nguyên. Bộ Khoa học và Công nghệ. Mã số 15149/2017 tại Cục Thông tin KH&CN Quốc gia.
33. Nguyễn Thị Thảo, Nguyễn Văn Minh (2021). Ảnh hưởng của tỷ lệ maltodextrin đến chất

lượng bột bơ (*Persea americana* Miller.) từ bơ booth 7 trồng tại Đắk Lắk. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 29, 30 - 36.

34. Trần Lệ Hằng, Phạm Văn Quân và cộng sự (2020). Ứng dụng công nghệ trong bảo quản và chế biến trái bơ theo phương thức sản xuất công nghiệp tại Đắk Lắk. Bộ Khoa học và Công nghệ.

35. Santos, N. C., *et al.* (2024). Drying of avocado peels using carbonation-ultrasonication as pretreatment: Energy consumption, antioxidant capacity and rheological properties. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 205: p. 110004.

**DRYING TECHNOLOGIES FOR AVOCADO POWDER PRODUCTION:
POTENTIALS AND CHALLENGES**

**Tran Hoang Quyen¹, Dang Thu Huong¹, Le Van Bac¹,
Pham Linh Khoa¹, Nguyen Minh Chau¹, Vu Duc Manh¹**

¹ *Food Technology Production and Transfer Experimental Center,
Food industries research institute*

Abstract

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a semi-tropical fruit with high nutritional value and are increasing global demand. However, avocado products are almost exclusively consumed as fresh fruit, IQF, or purée. Process avocado into a stable product - especially avocado powder - expands opportunities to create value - added products, decrease post - harvest losses, and diversify applications. Drying is a common processing method that transforms fresh fruit into low - moisture products, extending shelf life and enhancing storage convenience. This article's goal is to provide a technical comparison and analysis of the four drying techniques often used in the production of avocado powder: spray drying, low-temperature drying, freeze drying, and refractance window drying (RWD). The freeze - drying method aids in the production of powders with best nutritional and sensory properties, although it requires costly equipment and a lot of energy. Spray drying is scalable and profitable, it may destroy heat - sensitive chemicals and needs carrier agents to regulate stickiness. Low - temperature drying is more cost-effective than freeze drying but often results in moderate product quality, longer processing times, and increased risk of microbial cross-contamination. RWD has emerged as a promising method that balances product quality, energy efficiency, and drying time - especially for heat - sensitive materials like avocado - though research on this technology remains limited and its industrial adoption is still uncommon. The article also compares these technologies in terms of technical efficiency, economic feasibility, product quality (including nutritional composition, sensory characteristics, and techno - functional properties), and scalability. Furthermore, it explores the practical potential and industrial applicability of avocado powder and proposes future research directions for avocado processing technologies both in Vietnam and globally.

Keywords: *Avocado powder, drying technologies.*

Ngày nhận bài: 20/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 16/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 21/7/2025

Ngày duyệt đăng: 8/8/2025

XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC VÀ SỰ THAY ĐỔI HẠM LƯỢNG CÁC HỢP CHẤT CHỐNG OXY HÓA CỦA BỘT RAU MÁ (*Centella asiatica* (L.) Urb.) BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY BƠM NHIỆT

Châu Văn Đan^{1,2}, Nguyễn Bình Đăng¹,
Nguyễn Tuấn Anh¹, Trần Chí Nhân^{1,*}

¹Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

²Khoa Công nghệ - Thủy sản, Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Cần Thơ

*Email: tcnhan@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xác định mô hình và điều kiện sấy bơm nhiệt thích hợp tạo ra bột rau má (*Centella asiatica* (L.) Urb.) đạt giá trị cao về màu sắc và hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa. Nguyên liệu được sấy trong thiết bị sấy bơm nhiệt ở nhiệt độ 20, 25, 30°C cho đến khi đạt độ ẩm cân bằng. Sau quá trình sấy, giá trị màu sắc, hoạt độ nước, hàm lượng polyphenol tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC) và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má được phân tích. Đồng thời, mô hình động học sấy bột rau má bằng kỹ thuật sấy bơm nhiệt cũng được xây dựng. Kết quả cho thấy, mô hình Midilli phù hợp để mô phỏng quá trình sấy bơm nhiệt rau má với hệ số R² rất cao (0,9969 - 0,9980), trong khi RMSE (0,0143 - 0,0172) và χ^2 (0,0002 - 0,0004) thấp. Hệ số khuếch tán ẩm tăng theo nhiệt độ sấy (20 - 30°C) và dao động từ $2,489 \times 10^{-12}$ đến $4,363 \times 10^{-12}$ m².s⁻¹. Năng lượng hoạt hóa cần thiết cho quá trình sấy rau má là 41,44 kJ.mol⁻¹. Bên cạnh đó, kết quả cũng cho thấy, bột rau má có hoạt độ nước thấp ($0,5766 \pm 0,015$) và màu sắc đặc trưng ($L^* = 64,92 \pm 0,57$; $a^* = -8,59 \pm 0,16$ và $b^* = 26,8 \pm 0,80$) khi sấy ở 25°C. Đồng thời, sản phẩm sấy ở 25°C cũng ghi nhận TPC ($79,57 \pm 2,85$ mg GAE/g), TFC ($44,28 \pm 0,15$ mg QE/g) và khả năng loại gốc tự do DPPH ($9,12 \pm 0,02$ mg TE/g) đạt giá trị cao.

Từ khóa: Động học sấy, hợp chất chống oxy hóa, màu sắc, rau má, sấy bơm nhiệt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rau má (*Centella asiatica* (L.) Urb.) là một loại thực vật giàu thành phần có hoạt tính sinh học, trong đó lá của cây rau má được phát hiện là có hoạt tính chống oxy hóa cao hơn so với các bộ phận còn lại [1, 2]. Độ ẩm trong rau má tương đối cao (84,30%) dẫn đến suy giảm chất lượng do dập nát và hư hỏng trong quá trình thu hoạch và vận chuyển [3]. Đáng chú ý, lượng rau má hư hỏng quá lớn có thể dẫn đến nhiều vấn đề về ô nhiễm môi trường và phát triển bền vững.

Nhằm giảm thiểu tổn thất sau thu hoạch cũng như nâng cao giá trị kinh tế của nguồn nguyên liệu này, sấy khô tạo thành bột được xem là một trong những phương pháp xử lý phù hợp. Sấy khô là một

kỹ thuật bảo quản thực phẩm sơ bộ giúp loại bỏ nước trong sản phẩm đến mức nhất định và có thể ức chế sự phát triển của vi sinh vật, từ đó làm tăng thời gian bảo quản của nguyên liệu. Tuy nhiên, xử lý nhiệt và phản ứng oxy hóa trong quá trình sấy có khả năng phân hủy đáng kể các hợp chất glycoside triterpene và polyphenol trong nguyên liệu thực vật [4]. Các phương pháp sấy khô thông dụng như phơi nắng hay sấy đối lưu ở nhiệt độ cao tạo sản phẩm bột rau má không được đánh giá cao về màu sắc và khó duy trì các hợp chất sinh học trong rau má [5].

Hiện nay, bên cạnh các phương pháp sấy truyền thống, sấy bơm nhiệt là một trong những phương pháp sấy hiện đại và được áp dụng nhiều

đối với nguyên liệu thực vật. Sử dụng không khí ở nhiệt độ thấp trong quá trình sấy, sấy bơm nhiệt tạo điều kiện thuận lợi cho việc làm khô nguyên liệu, đặc biệt là các loại rau, củ và quả chứa nhiều hợp chất sinh học nhạy cảm với nhiệt. Bên cạnh đó, việc tiết kiệm năng lượng của kỹ thuật sấy bơm nhiệt dựa trên nguyên lý của chu trình carnot đảo ngược (chu trình làm lạnh) có thể thu hồi năng lượng từ khí thải và kiểm soát độc lập nhiệt độ và độ ẩm của không khí [6]. Ngoài ra, kỹ thuật sấy bơm nhiệt hiện nay đang dần trở thành công nghệ không thể thiếu và có thể góp phần hướng tới một môi trường sạch hơn, bền vững hơn.

Trong những năm gần đây, sấy bơm nhiệt được ứng dụng nhiều ở các loại rau, củ, quả như: Cà chua [7], măng cầu xiêm [8], với mục đích duy trì tối đa chất lượng sản phẩm và tiêu thụ ít năng lượng hơn so với các phương pháp sấy khác. Mặt khác, các nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật sấy bơm nhiệt trên nguyên liệu rau má chưa được thực hiện ở nước ta. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện với mục đích xây dựng mô hình động học sấy và xác định nhiệt độ, thời gian sấy nhằm tạo ra bột rau má đạt chất lượng về màu sắc, thành phần và hoạt tính sinh học cao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Rau má được thu mua cố định tại Hợp tác xã Na Thái (xã Thới Lai, thành phố Cần Thơ). Sau đó, rau má được đóng gói trong túi PE với quy cách 1 kg mỗi túi. Các túi rau má được vận chuyển ngay lập tức về phòng thí nghiệm, thời gian vận chuyển không quá một giờ. Rau má được lựa chọn phải đáp ứng các tiêu chuẩn về chất lượng, không bị dập nát, hư hỏng, sâu, bệnh và được thu hoạch trong khoảng thời gian từ 30 - 35 ngày sau khi trồng. Sau đó, rau má được làm sạch sơ bộ nhằm loại bỏ các bộ phận không đạt yêu cầu như gốc, rễ, bụi bẩn và tạp chất trước khi tiến hành thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Cân 100 g rau má, cho vào hộp thủy tinh có đậy nắp và gia nhiệt khô trong lò vi sóng (R-

G52XVN-ST, Sharp, Nhật Bản) ở công suất 500 W trong 60 giây, sau đó được làm lạnh ngay bằng nước đá ở 0 - 4°C trong 60 giây với mục đích vô hoạt enzyme hóa nâu, duy trì màu sắc của nguyên liệu. Công đoạn này được thực hiện nhiều lần cho đến khi đủ khối lượng mẫu cho thí nghiệm. Quá trình sấy được thực hiện trong thiết bị sấy bơm nhiệt (PF MAX VC-20AN, Asahi, Nhật Bản). Sau đó, rau má (200 g) được xếp vào khay sấy với độ dày khoảng 20 mm, quá trình sấy được tiến hành ở các nhiệt độ 20, 25, 30°C. Ghi nhận khối lượng rau má sau 5 phút sấy, quá trình sấy được thực hiện cho đến khi độ ẩm của rau má là 3 - 6%. Tiến hành xác định các hệ số và các tham số của các mô hình động học sấy được trình bày ở bảng 1. Đồng thời, hoạt độ nước (a_w), giá trị màu sắc, hàm lượng polyphenol tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC) và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má cũng được phân tích nhằm xác định nhiệt độ sấy thích hợp cho nguyên liệu này.

2.3. Phương pháp phân tích

Hoạt độ nước (a_w) được xác định bằng thiết bị đo hoạt độ nước (Meter Group TDL, Aqualab, Hoa Kỳ). Giá trị màu sắc (L^* , a^* và b^*) được áp dụng theo phương pháp đo màu CIELAB và được xác định bằng máy đo màu kỹ thuật số (WR10QC, FRU®, Trung Quốc). TPC (mg GAE/g) và khả năng loại gốc tự do DPPH (mg TE/g) được xác định theo phương pháp của Nguyen và cs (2019) [9]. TFC (mg QE/g) được phân tích theo mô tả của Phạm và cs (2020) [10].

2.4. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

2.4.1. Phương pháp xác định động học sấy

Tỷ lệ độ ẩm (MR) của rau má trong quá trình sấy được tính toán theo công thức (1):

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

Trong đó: M_t , M_o là độ ẩm tại từng thời điểm ghi nhận và độ ẩm ban đầu (tính trên khối lượng chất khô), M_e là độ ẩm cân bằng, vì M_e tương đối

nhỏ so với M_t và M_o . Do đó, công thức (1) được đơn giản hoá thành $MR = M_t/M_o$ [11].

Đường cong sấy được kiểm tra sự phù hợp với 10 mô hình sấy được sử dụng rộng rãi trong hầu hết các vật liệu từ rau quả. Các mô hình toán học được sử dụng trong nghiên cứu này được liệt kê trong bảng 1. Phân tích hồi quy tuyến tính và phi tuyến tính được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion (19.1, Statgraphics Tech., Inc., Virginia) để ước tính hệ số của các mô hình. Mô hình phù hợp nhất được kiểm tra bằng cách tính toán các tham số thống kê như: Hệ số xác định (R^2), chi bình phương (χ^2) và sai số trung bình (RMSE) giữa dữ liệu mô hình và thực nghiệm. Trong đó, giá trị χ^2 là bình phương trung bình của độ lệch giữa giá trị thực nghiệm và giá trị

tính toán. Giá trị R^2 cao nhất, χ^2 và RMSE thấp nhất là những tham số quyết định mô hình phù hợp. Các tham số này có thể được tính toán bằng các sử dụng các phương trình sau [12]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (\overline{MR_{pre}} - MR_{exp,i})^2} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N - n} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]} \quad (4)$$

Trong đó: $MR_{pre,i}$, $MR_{exp,i}$, $\overline{MR_{pre}}$ lần lượt là tỉ lệ độ ẩm dự đoán thứ i , tỉ lệ độ ẩm thực nghiệm thứ i , tỉ lệ độ ẩm dự đoán trung bình, N và n tương ứng là số dữ liệu và số hằng số của mô hình.

Bảng 1. Các mô hình toán học được áp dụng trong quá trình sấy bom nhiệt rau má

STT	Mô hình	Phương trình	Tài liệu tham khảo
1	Henderson và Pabis (1961)	$MR = a \exp(-kt)$	[13]
2	Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$	[14]
3	Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	[15]
4	Page hiệu chỉnh	$MR = \exp(-kt)^n$	[16]
5	Lewis	$MR = \exp(-kt)$	[17]
6	Page (1949)	$MR = \exp(-kt^n)$	[18]
7	Hai giai đoạn	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0 t)$	[19]
8	Hai giai đoạn hiệu chỉnh	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$	[20]
9	Verma và cs (1985)	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$	[21]
10	Wang và Singh (1978)	$MR = 1 + at + bt^2$	[22]

2.4.2. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán ẩm

Quá trình sấy xảy ra chủ yếu trong giai đoạn sấy giảm tốc và sự truyền ẩm trong quá trình sấy được kiểm soát bằng sự khuếch tán bên trong chất rắn. Hệ số độ ẩm khuếch tán ẩm của rau má trong quá trình sấy bom nhiệt được giải thích bằng cách sử dụng mô hình khuếch tán Fick đơn giản. Phương trình tổng quát của định luật Fick thứ hai với các giả định về sự di chuyển độ ẩm bằng khuếch tán, co rút không đáng kể, hệ số khuếch tán ẩm và nhiệt độ không đổi được thể hiện ở phương trình (5) [12].

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

Trong đó: D_{eff} là hệ số khuếch tán độ ẩm ($m^2.s^{-1}$), L là chiều dày của các mẫu (m), n là số nguyên dương, t là thời gian sấy (giây).

Đối với quá trình sấy kéo dài, chuỗi vô hạn trong công thức trên có thể được xấp xỉ bằng số hạng đầu tiên (tức là lấy $n = 0$) mà không ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của dự đoán, đặc biệt công thức này giúp tính toán nhanh hơn và vẫn đảm bảo mô tả tốt sự suy giảm hàm lượng ẩm trong vật liệu (phương trình (6)). Phương trình trên có thể được chuyển thành dạng logarit tự nhiên như phương trình (7) [12]; từ đó, D_{eff} được

ước tính dựa trên hệ số góc thu được bằng phân tích hồi quy tuyến tính.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \quad (7)$$

2.4.3. Phương pháp xác định năng lượng hoạt hóa

Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của D_{eff} có thể được mô tả bằng phương trình Arrhenius (8) [11].

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{R(T + 273,15)}\right) \quad (8)$$

Trong đó: D_0 là hằng số trước mũ ($m^2 \cdot s^{-1}$), E_a là năng lượng hóa ($kJ \cdot mol^{-1}$), T là nhiệt độ ($^{\circ}C$), R là hằng số khí lí tưởng ($8,314 \times 10^{-3} kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$).

Logarit hai vế của phương trình (8) ta được phương trình (9).

$$\ln(D_{eff}) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{R(T + 273,15)} \quad (9)$$

Phương trình (9) có dạng phương trình hàm số mũ với nhiệt độ với độ dốc bằng $(-E_a/R)$. Từ đó, E_a được ước tính dựa trên hệ số góc thu được bằng phân tích hồi quy tuyến tính phương trình (9) [11].

2.4.4. Phương pháp phân tích thống kê số liệu

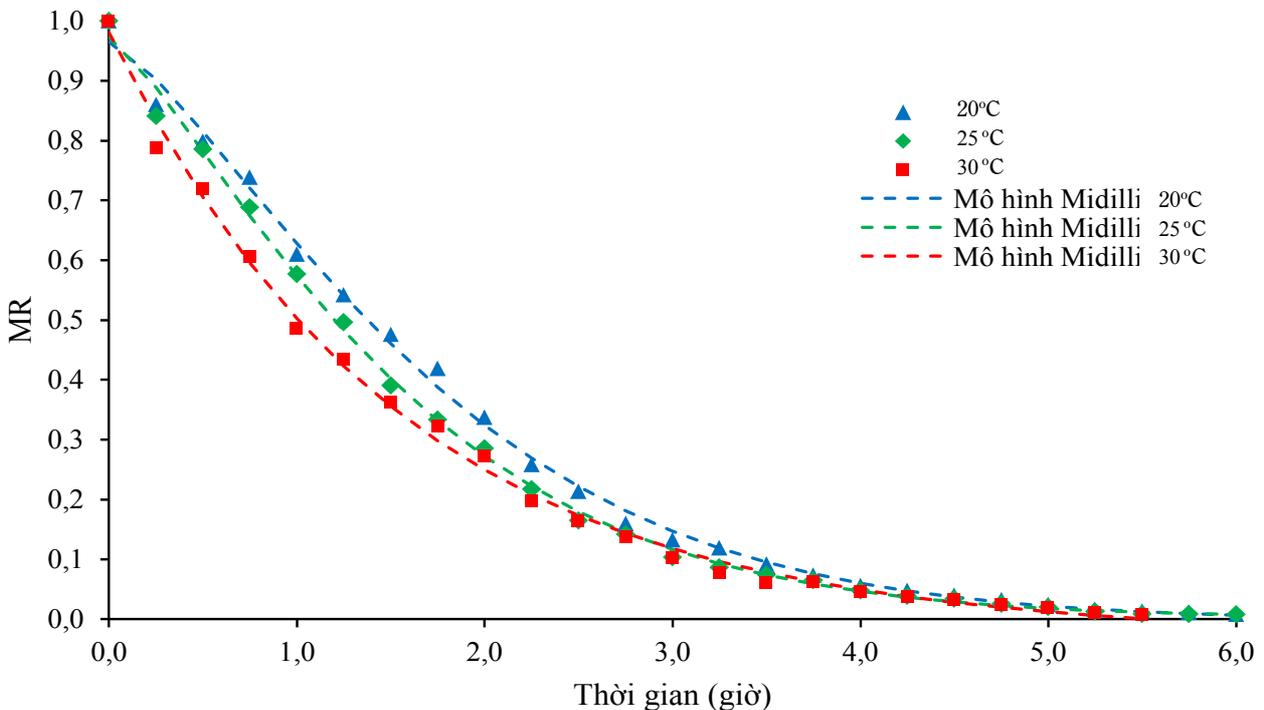
Số liệu được thu nhận và xử lý thống kê thông qua phân tích ANOVA từ chương trình Statgraphics Centurion (19.1, Statgraphics Tech., Inc., Virginia) để kiểm tra sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức thông qua LSD (Least Significant Difference); số liệu được tính toán, trình bày dưới dạng trung bình \pm độ lệch chuẩn 3 lần lặp lại và vẽ đồ thị từ chương trình Microsoft Excel 2019.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Động học quá trình sấy bơm nhiệt rau má

Xây dựng đường cong sấy và xác định mô hình sấy

Nhiệt độ sử dụng trong quá trình sấy rau má ảnh hưởng trực tiếp với tỷ lệ độ ẩm trong nguyên liệu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, MR giảm dần theo sự gia tăng nhiệt độ và thời gian sấy (Hình 1). Độ ẩm khi sấy đến khối lượng không đổi của rau má dao động trong khoảng 3 - 6% sau 5 - 6 giờ sấy tương ứng với nhiệt độ từ 20 - 30 $^{\circ}C$.



Hình 1. Sự thay đổi MR của rau má theo thời gian sấy ở các nhiệt độ khảo sát

Trong quá trình sấy, do sự chênh lệch áp suất hơi riêng phần của bề mặt nguyên liệu và môi trường sấy dẫn đến sự khuếch tán của nước từ trong nguyên liệu ra bề mặt và sự bay hơi của nước ở bề mặt nguyên liệu. Ở nhiệt độ càng cao, khả năng truyền nhiệt của tác nhân không khí càng lớn làm cho ẩm trong nguyên liệu bốc hơi nhanh dẫn đến thời gian sấy giảm. Qua đó, có thể kết luận, nhiệt độ càng cao khả năng thoát ẩm của nguyên liệu càng nhanh, thời gian sấy càng được rút ngắn [23]. Quá trình sấy rau má ở 30°C tốn ít

thời gian nhất với 5,5 giờ. Về mặt lý thuyết, sự truyền nhiệt và truyền khối giữa môi trường sấy và vật liệu sấy chủ yếu thông qua cơ chế đối lưu. Điều này có nghĩa là nhiệt độ sấy càng cao thì thời gian mất ẩm của vật liệu càng ngắn [24]. Mô hình toán học là một công cụ tốt để hiểu và kiểm soát quá trình chế biến và bảo quản thực phẩm. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ độ ẩm của rau má ở các nhiệt độ khác nhau được phân tích thống kê dựa trên các mô hình sấy, các tham số thống kê của mô hình được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Hằng số tốc độ sấy, hệ số và tham số thống kê của các mô hình sấy bơm nhiệt rau má

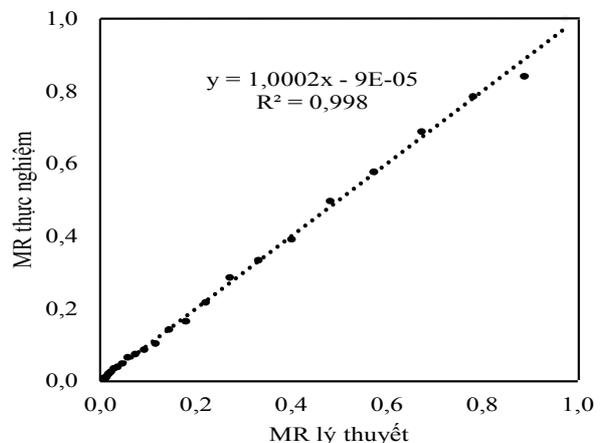
Mô hình	Nhiệt độ (°C)	Hằng số mô hình	R ²	χ ²	RMSE
Handerson và Pabis (1961) [13]	20	k = 0,6087; a = 1,0587	0,9854	0,0016	0,0381
	25	k = 0,6739; a = 1,0472	0,9907	0,0010	0,0297
	30	k = 0,7018; a = 0,9964	0,9955	0,0004	0,0198
Logarithmic	20	k = 0,5033; a = 1,1045; c = 0,0741	0,9924	0,0009	0,0281
	25	k = 0,5966; a = 1,0716; c = 0,0435	0,9943	0,0006	0,0239
	30	k = 0,6429; a = 1,0110; c = 0,0290	0,9970	0,0003	0,0164
Midilli	20	k = 0,4294; a = 0,9652 n = 1,3417; b = 0,0003	0,9973	0,0004	0,0172
	25	k = 0,5307; a = 0,9740 n = 1,2676; b = 0,0003	0,9980	0,0002	0,0143
	30	k = 0,6608; a = 0,9808 n = 1,0141; b = 0,0042	0,9969	0,0004	0,0171
Page hiệu chỉnh	20	k = 2,4025; n = 0,24025	0,9819	0,0020	0,0425
	25	k = 2,5408; n = 0,25407	0,9885	0,0012	0,0331
	30	k = 2,6551; n = 0,26551	0,9954	0,0004	0,0198
Lewis	20	k = 0,5774	0,9819	0,0018	0,0416
	25	k = 0,6455	0,9885	0,0011	0,0324
	30	k = 0,7050	0,9954	0,0004	0,0194
Page (1949) [18]	20	k = 0,4706; n = 1,2740	0,9965	0,0004	0,0188
	25	k = 0,5625; n = 1,2145	0,9976	0,0002	0,0150
	30	k = 0,6905; n = 1,0352	0,9958	0,0004	0,0191
Hai giai đoạn	20	k = 0,6088; k ₀ = 0,6086 a = 0,5293; b = 0,5293	0,9854	0,0019	0,0399
	25	k = 0,6736; k ₀ = 0,6737 a = 0,5235; b = 0,5235	0,9907	0,0012	0,0311
	30	k = 0,7027; k ₀ = 0,7010	0,9955	0,0005	0,0208

Mô hình	Nhiệt độ (°C)	Hằng số mô hình	R ²	χ ²	RMSE
		a = 0,4977; b = 0,4977			
Hai giai đoạn hiệu chỉnh	20	k = 0,5745; a = 1,0082	0,9819	0,0020	0,0425
	25	k = 114,66; a = 0,0056	0,9879	0,0012	0,0339
	30	k = 28,515; a = 0,0241	0,9953	0,0004	0,0200
Verma và cs (1985) [21]	20	k = 0,5772; a = 0,5343; g = 0,5761	0,9819	0,0021	0,0434
	25	k = 0,8657; a = 1,6923; g = 1,5739	0,9978	0,0003	0,0149
	30	k = 0,8662; a = 2,7788; g = 0,9854	0,9962	0,0004	0,0185
Wang và Singh (1978) [22]	20	a = -0,4093; b = 0,0420	0,9943	0,0006	0,0238
	25	a = -0,4401; b = 0,0478	0,9858	0,0015	0,0367
	30	a = -0,4761; b = 0,0564	0,9709	0,0027	0,0500

Ghi chú: k, k₀ là hằng số tốc độ sấy (giờ⁻¹) và a, b, c, g, n là hệ số của mô hình.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, hằng số tốc độ sấy (k) tăng tỷ lệ thuận với nhiệt độ không khí sấy. Chẳng hạn, hằng số k trong mô hình Midilli tăng từ 0,42294 giờ⁻¹ ở 20°C lên 0,5307 giờ⁻¹ ở 25°C và đạt 0,6608 giờ⁻¹ ở 30°C. Theo Trần Chí Nhân và cs (2024) [11], nhiệt độ sấy càng cao thì khả năng truyền nhiệt của không khí nóng vào nguyên liệu sẽ càng lớn, do đó sự di chuyển ẩm từ nguyên liệu ra không khí sấy sẽ càng nhanh. Tuy nhiên, hằng số k ở mô hình hai giai đoạn hiệu chỉnh không ghi nhận xu hướng tăng theo nhiệt độ. Cụ thể, hằng số k tăng từ 0,5745 giờ⁻¹ (20°C) lên 114,66 giờ⁻¹ (25°C) sau đó giảm xuống 28,515 giờ⁻¹ (30°C). Sự khác biệt này có thể được giải thích, do sự phụ thuộc của hằng số k vào hệ số còn lại của mô hình [11]. Bên cạnh đó, bảng 2 cũng trình bày chi tiết giá trị của các tham số thống kê (R², χ² và RMSE) đối với 10 mô hình khảo sát. Kết quả cho thấy, giá trị R² dao động trong khoảng 0,9709 - 0,9980, chứng minh rằng tất cả các mô hình khảo sát đều phù hợp để áp dụng trong mô tả quá trình sấy rau má. Việc tính toán các giá trị cho mô hình đường cong sấy dựa trên dữ liệu thực nghiệm cho kết quả χ² nằm trong khoảng 0,0002 - 0,0027 và RMSE dao động trong khoảng 0,0143 - 0,05 (Bảng 2). Bên cạnh đó, giá trị R² lớn nhất, χ² và RMSE thấp nhất ở cả ba nhiệt độ khảo sát đều được ghi nhận ở mô hình Midilli. Cụ thể, R² đạt 0,9973; 0,9980; 0,9969; χ² đạt 0,0004; 0,0002; 0,0004; RMSE đạt 0,0172; 0,0143; 0,0171 tương ứng khi sấy ở 20, 25, 30°C. Như vậy, mô hình Midilli được xác định là mô hình

thích hợp nhất trong các mô hình khảo sát, được sử dụng để mô tả quá trình sấy tạo bột rau má với độ chính xác rất cao. Ngoài ra, nhiều nghiên cứu sấy rau quả tạo bột từ nguyên liệu khác như: Lá tía tô [11] và rau má [25] với các phương pháp sấy khác cũng cho thấy sự phù hợp của mô hình Midilli như lá tía tô và rau má khi sấy đối lưu (50 - 70°C). Nhằm xác thực tính chính xác của mô hình Midilli trong việc mô tả quá trình sấy, tỷ lệ độ ẩm tính toán theo mô hình và tỷ lệ độ ẩm thu được từ dữ liệu thực nghiệm khi sấy ở 25°C đã được đánh giá và so sánh, kết quả được thể hiện qua hình 2. Kết quả phân tích hồi quy tuyến tính cho thấy, giá trị thực nghiệm dao động gần đường thẳng có độ dốc 45°, chứng tỏ sự phù hợp của mô hình Midilli trong việc mô tả quá trình sấy bom nhiệt rau má với hệ số tương quan R² là 0,9980.



Hình 2. Sự tương thích giữa MR thực nghiệm và lý thuyết theo mô hình Midilli ở 25°C

Hệ số khuếch tán ẩm (D_{eff}) khi sấy rau má ở 20 - 30°C dao động trong khoảng $2,489 \times 10^{-12}$ đến $4,363 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ được trình bày ở bảng 3. Kết quả nghiên cứu cho thấy, D_{eff} tăng lên đáng kể khi tăng nhiệt độ sấy, cụ thể D_{eff} tăng 1,35 lần khi tăng nhiệt độ từ 20 - 25°C và tăng 1,75 lần khi tăng từ 25 - 30°C. Kết quả tương tự cũng được báo cáo bởi Thuy và cs (2022) [26], theo đó D_{eff} của bột khoai lang tím cũng tăng lên đáng kể khi tăng nhiệt độ sấy từ 50 - 80°C. Bên cạnh đó, D_{eff} của lá tía tô cũng cho thấy, khuynh hướng tăng khi tăng nhiệt độ sấy chân không từ 35 - 55°C ($1,64 \times 10^{-10}$ - $2,97 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) và nhiệt độ sấy đối lưu từ 60 - 70°C ($1,54 \times 10^{-10}$ - $2,34 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) [11]. Hệ số khuếch tán ẩm thể hiện tốc độ nước trong thực phẩm di chuyển từ bên trong ra bề mặt vật liệu. Do vậy, nhiệt độ càng cao nước di chuyển từ vật liệu sấy ra ngoài môi trường càng nhanh.

Bảng 3. Hệ số khuếch tán và năng lượng hoạt hóa ở các nhiệt độ sấy bơm nhiệt khác nhau

Nhiệt độ sấy (°C)	D_{eff} ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	E_a ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
20	$2,489 \times 10^{-12}$	41,44
25	$3,351 \times 10^{-12}$	
30	$4,363 \times 10^{-12}$	

Theo Correa và cs (2011) [27], năng lượng hoạt hóa (E_a) là năng lượng mà các phân tử nước cần thiết để chuyển động bên trong vật liệu sấy, E_a càng thấp, D_{eff} càng cao. Điều này cũng đồng nghĩa là E_a càng cao thì cần nhiều năng lượng hơn để thực hiện quá trình sấy. Ngược lại, E_a thấp hơn cho thấy quá trình sấy khô có thể diễn ra dễ dàng và hiệu quả hơn trong thời gian ngắn. Giá trị E_a trong nghiên cứu này được tính toán dựa trên hệ số góc của phương trình Arrhenius với kết quả là $41,44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (Bảng 3). Giá trị này tương đương với nhóm các sản phẩm nông nghiệp với E_a dao động từ

12,7 - 110 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ [28]. Giá trị E_a của rau má lớn hơn một số thực phẩm như măng tây ($30,32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) [29] và lá tía tô ($39,44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) [11]. Tuy nhiên, giá trị này lại thấp hơn ớt chuông ($44,49 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) [30] và cỏ xạ hương ($74,96 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) [31]. Sự khác biệt này phụ thuộc đáng kể vào cấu trúc và đặc tính của vật liệu sấy, đồng thời nhiệt độ sấy cũng ảnh hưởng đáng kể đến giá trị này.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng, thành phần và hoạt tính chống oxy hóa của bột rau má sấy bơm nhiệt

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hoạt độ nước và màu sắc của bột rau má

Hoạt độ nước (a_w) là một thông số mô tả tính chất nhiệt động lực học của quá trình sấy, được định nghĩa là tỷ số giữa áp suất hơi của nước trong một hệ thống và áp suất hơi của nước tinh khiết ở cùng nhiệt độ, hoặc độ ẩm tương đối của không khí bao quanh hệ thống ở cùng nhiệt độ. Hoạt độ nước đóng một vai trò quan trọng trong việc vận hành và kiểm soát các quá trình sấy khô. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hoạt độ nước của bột rau má được trình bày ở bảng 4. Trong nghiên cứu này, a_w của bột rau má dao động trong khoảng 0,5030 - 0,6233 và có xu hướng giảm ở nhiệt độ sấy cao hơn. Cụ thể, a_w của bột rau má giảm từ $0,62322 \pm 0,018$ ở 20°C xuống $0,5030 \pm 0,020$ ở 30°C.

Khuynh hướng này có thể được giải thích, là do nhiệt độ cao hơn giúp loại bỏ nhiều nước tự do hơn khỏi sản phẩm. Labuza và Altunakar (2020) [32] đã báo cáo rằng, sự phát triển của vi sinh vật, quá trình oxy hoá lipid và phản ứng Maillard là không thể xảy ra trong thực phẩm có $a_w < 0,6$. Như vậy, bột rau má sấy ở 25°C và 30°C (a_w lần lượt là 0,5766 và 0,5030) có độ ổn định cao hơn và ít bị hư hỏng hơn so với bột rau má sấy ở 20°C với a_w là 0,6232.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hoạt độ nước và màu sắc của bột rau má

Nhiệt độ sấy (°C)	a _w	Giá trị màu sắc		
		L*	a*	b*
20	0,6232 ± 0,018 ^a	65,59 ± 0,15 ^a	-8,65 ± 0,78 ^a	27,0 ± 1,42 ^a
25	0,5766 ± 0,015 ^b	64,92 ± 0,57 ^{ab}	-8,59 ± 0,16 ^a	26,8 ± 0,80 ^a
30	0,5030 ± 0,020 ^c	64,29 ± 0,85 ^b	-7,30 ± 0,99 ^a	18,9 ± 0,33 ^b

Ghi chú: Các giá trị trung bình có cùng chữ cái đi kèm trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Màu sắc là một trong những thuộc tính quan trọng nhất của các sản phẩm thực phẩm sấy khô, là chỉ tiêu ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chấp nhận sản phẩm của người tiêu dùng. Màu sắc bị ảnh hưởng đáng kể bởi nguồn gốc thực vật, quá trình tiền xử lý, phương pháp và nhiệt độ sấy khác nhau. Kết quả ở bảng 4 cho thấy, giá trị màu sắc của bột rau má ở các nhiệt độ khác nhau khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Độ trắng (giá trị L*) của bột rau má sấy bom nhiệt dao động trong khoảng $64,29 \pm 0,85$ - $65,59 \pm 0,15$ với giá trị cao nhất được ghi nhận ở mẫu bột sấy ở 20°C ($65,59 \pm 0,15$) và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) so với mẫu bột sấy ở 25°C ($64,92 \pm 0,57$). Sấy ở 30°C tạo ra bột rau má có độ sáng thấp hơn so với bột rau má sấy ở hai nhiệt độ sấy còn lại với $L^* = 64,29 \pm 0,85$. Như vậy, nhiệt độ sấy càng thấp càng duy trì tốt độ sáng của bột rau má. Kết quả nghiên cứu của Mohapatra và cs (2022) [33] cho thấy bột rau má sấy dưới ánh sáng mặt trời có độ sáng tương đối thấp ($L^* = 48,83 \pm 0,95$). Đồng thời, nghiên cứu này cũng phát hiện phương pháp sấy đối lưu ở 60°C làm suy giảm đáng kể độ sáng ($49,98 \pm 0,35$) của bột rau má do nhiệt độ cao và thời gian sấy kéo dài [33]. So sánh với kết quả thực nghiệm, nhận thấy rằng rau má sấy bằng công nghệ sấy bom nhiệt đã hạn chế đáng kể sự suy giảm màu sắc của bột rau má trong quá trình sấy. Không chỉ ưu thế về độ sáng, bột rau má sấy bom nhiệt cho giá trị a* rất thấp, dao động từ -8,65 ±

0,78 đến -7,30 ± 0,99 phản ánh màu xanh đặc trưng của nguyên liệu không bị mất đi trong quá trình sấy. Bên cạnh đó, giá trị b* của bột rau má sấy ở 30°C ($18,9 \pm 0,33$) đạt giá trị thấp hơn so với mẫu bột được sấy ở 20°C ($27,0 \pm 1,42$) và 25°C ($26,8 \pm 0,80$), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Theo Chua và cs (2002) [34], kỹ thuật sấy bom nhiệt hạn chế phản ứng oxy hoá xảy ra trong quá trình sấy dẫn đến màu sắc của thực phẩm được duy trì tốt hơn đáng kể.

3.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng polyphenol, flavonoid và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, nhiệt độ sấy khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến TPC, TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má ($p < 0,05$). TPC, TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má đều đạt giá trị cao nhất khi sấy ở 20 và 25°C, khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, TPC, TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má sấy ở 20°C lần lượt là $80,70 \pm 2,36$ mg GAE/g, $44,48 \pm 0,33$ mg QE/g và $9,19 \pm 0,06$ mg TE/g và của bột rau má sấy ở 25°C là $79,57 \pm 2,85$ mg GAE/g, $44,28 \pm 0,15$ mg QE/g và $9,12 \pm 0,02$ mg TE/g, tương ứng. Nhiệt độ sấy cao hơn (30°C) dẫn đến sự suy giảm đáng kể TPC ($73,91 \pm 4,57$ mg GAE/g), TFC ($38,62 \pm 2,43$ mg QE/g) và khả năng loại gốc tự do DPPH ($9,06 \pm 0,04$ mg TE/g). Như vậy, nhiệt độ sấy thấp hơn (20 - 25°C) giúp bảo toàn tốt hơn các hợp chất và hoạt tính

chống oxy hóa trong bột rau má. Các hợp chất chống oxy hóa rất nhạy cảm với nhiệt, do đó hàm lượng và hoạt tính của các chất này suy giảm đáng

kể dưới tác động của nhiệt độ cao trong thời gian dài [35].

Bảng 5. TPC, TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH của bột rau má ở các nhiệt độ sấy khác nhau

Nhiệt độ sấy (°C)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	DPPH (mg TE/g)
20	80,70 ± 2,36 ^a	44,48 ± 0,33 ^a	9,19 ± 0,06 ^a
25	79,57 ± 2,85 ^{ab}	44,28 ± 0,15 ^a	9,12 ± 0,02 ^{ab}
30	73,91 ± 4,57 ^b	38,62 ± 2,43 ^b	9,06 ± 0,04 ^b

Ghi chú: Các giá trị trung bình có cùng chữ cái đi kèm trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Trong nghiên cứu này, TPC của bột rau má dao động từ 73,91 ± 4,57 mg GAE/g đến 80,70 ± 2,36 mg GAE/g và cao hơn so với bột cám gạo (4,15 ± 0,19 mg GAE/g) [36], bột lá khoai lang (9,73 ± 0,09 mg GAE/g) [37]. Bên cạnh đó, flavonoid là một phân lớp chính của polyphenol trong thực vật và được báo cáo là một trong những nhóm chất phytochemical tự nhiên chính có trong chiết xuất của rau má [3]. TFC của bột rau má sấy bơm nhiệt cao hơn đáng kể so với bột tỏi đen (14,37 mg QE/g) [38], tuy nhiên lại thấp hơn so với bột tảo biển (45,93 ± 0,56 mg QE/g) [39]. Khả năng loại gốc tự do DPPH là một chỉ tiêu dùng để kiểm tra khả năng chống oxy hóa, giá trị này dao động từ 9,06 ± 0,04 đến 9,19 ± 0,06 mg TE/g ở bột rau má sấy bơm nhiệt. Tất cả các hợp chất sinh học có khả năng trung hòa gốc tự do DPPH bằng cách lấy một nguyên tử hydro. Nghiên cứu của Sabaragamuwa và Perera (2023) [3] đã chứng minh sự tương quan giữa TPC, TFC và khả năng loại gốc tự do DPPH trong chiết xuất rau má. Phân tích tương quan Pearson cho thấy, mối tương quan dương mạnh mẽ giữa mỗi cặp biến với mức độ tin cậy 95%. Điều đó chứng minh rằng, các hợp chất sinh học có trong rau má đã góp phần làm giảm gốc tự do DPPH và cho thấy tiềm năng chống oxy hóa mạnh mẽ của sản phẩm này.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định mô hình Midilli có thể được áp dụng để dự đoán chính xác quá trình sấy bơm nhiệt bột rau má. Đồng thời, sấy bơm nhiệt ở 25°C là phương pháp sấy thích hợp tạo ra sản phẩm bột rau má đạt chất lượng cao về màu sắc và duy trì tốt hàm lượng các hợp chất sinh học cũng như khả năng chống oxy hóa trong sản phẩm. Nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn và quan trọng

trong việc mở ra tiềm năng ứng dụng của rau má trong ngành công nghiệp thực phẩm, góp phần gia tăng giá trị kinh tế và cải thiện đời sống của người nông dân trồng nguồn nguyên liệu này. Các nghiên cứu tiếp theo nên tập trung vào phát triển sản phẩm thực phẩm từ bột rau má sấy bơm nhiệt nhằm đa dạng hóa sản phẩm từ nguyên liệu rau má. Ngoài ra, sự phân hủy màu sắc và sự thay đổi hàm lượng hợp chất sinh học hay khả năng chống oxy hóa của bột rau má cũng cần được khảo sát trong thời gian bảo quản với các điều kiện bảo quản khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Zainol, M. K., Abd-Hamid, A., Yusof, S. & Muse, R. (2003). Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food chemistry*, 81(4), 575 - 581.
2. Hamid, A. A., Shah, Z. M., Muse, R. & Mohamed, S. (2002). Characterisation of antioxidative activities of various extracts of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food chemistry*, 77(4), 465 - 469.
3. Sabaragamuwa, R. & Perera, C. O. (2023). Total triterpenes, polyphenols, flavonoids and antioxidant activity of bioactive phytochemicals of *Centella asiatica* by different extraction techniques. *Foods*, 12(21), 39 - 72.
4. Buraphaka, H. & Putalun, W. (2020). Stimulation of health-promoting triterpenoids accumulation in *Centella asiatica* (L.) Urban leaves triggered by postharvest application of methyl jasmonate and salicylic acid elicitors. *Industrial Crops and Products*, 146, 112 - 171.

5. Priyanka, S. P., Sujatha, S., Smitha, G. R., Suryanarayana, M. A. & Kalaivanan, D. (2022). Biomass accumulation, bioactive compounds and nutrient uptake in *Centella asiatica* (L.) in relation to organic nutrition in open-field and shade. *Industrial Crops and Products*, 176, 114 - 352.
6. Aguirre-Alonso, R. O., Huesca-Osorio, C. A., Salgado-Cervantes, M. A., Tejero-Andrade, J. M., Rodríguez-Jimenes, G. C. & García-Alvarado, M. A. (2019). State-space thermodynamic modeling of vanilla ethanolic extract spray drying with heat pump and N₂. *Journal of Food Engineering*, 243, 70 - 81.
7. Jeyaprakash, S., Frank, D. C. & Driscoll, R. H. (2016). Influence of heat pump drying on tomato flavor. *Drying technology*, 34(14), 1709 - 1718.
8. Nguyễn Đức Vương, Lê Văn Tân, Đàm Sao Mai, Nguyễn Thùy Dung, Đỗ Thị Ngọc Hằng, Trà Thị Nga, Nguyễn Thành Đạt (2019). Sản xuất bột trái mãng cầu xiêm (*Annona muricata* L.) bằng kỹ thuật sấy bơm nhiệt ở quy mô phòng thí nghiệm. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*, 3(2), 1317 - 1324.
9. Nguyen, N. M. P., Le, T. T., Vissenaekens, H., Gonzales, G. B., Van Camp, J., Smagghe, G. & Raes, K. (2019). *In vitro* antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1169 - 1178.
10. Pham, D. C., Nguyen, H. C., Nguyen, T. H. L., Ho, H. L., Trinh, T. K., Riyaphan, J. & Weng, C. F. (2020). Optimization of ultrasound - assisted extraction of flavonoids from *Celastrus hindsii* leaves using response surface methodology and evaluation of their antioxidant and antitumor activities. *BioMed Research International*, 1, 1 - 9.
11. Trần Chí Nhân, Lê Uyển Nhi, Kiều Minh Vương, Nguyễn Tuấn Anh, Lưu Thái Danh, Nguyễn Nhật Minh Phương (2024). Ảnh hưởng của kỹ thuật sấy đến độ ẩm, màu sắc và các hợp chất sinh học của lá tía tô. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 9, 66 - 73.
12. Zarein, M., Samadi, S. H. & Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 41 - 47.
13. Henderson, S. M. & Pabis, S. (1961). Grain drying theory I: Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6(3), 69 - 74.
14. Toğrul, İ. T. & Pehlivan, D. (2002). Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 209 - 216.
15. Sacilik, K. & Elicin, A. K. (2006). The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73, 281 - 289.
16. White, G. M., Ross, I. J. & Ponekert, R. (1981). Fully exposed drying of popcorn. *Transactions of the ASAE*, 24, 466 - 468.
17. Ayensu, A. (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59(4 - 6), 121 - 126.
18. Page G. E. (1949). *Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin-layers*. M.Sc. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. 124 - 135.
19. Sobukola, O. P., Dairo, O. U., Sanni, L. O., Odunewu, A. V. & Fafiolu, B. O. (2007). Thin layer drying process of some leafy vegetables under open sun. *Food Science and Technology International*, 13(1), 35 - 40.
20. Sharaf-Elden, Y. I., Blaisdell, J. L. & Hamdy, M. Y. (1980). A model for ear corn drying. *Transactions of the ASAE*, 5, 1261 - 1265.
21. Verma, L. R., Bucklin, R. A., Endan, J. B. & Wratten, F. T. (1985). Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASAE*, 28, 296 - 301.
22. Wang, C. Y. & Singh, R. P. (1978). Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 11, 668 - 672.

23. Azizpour, M., Mohebbi, M., Khodaparast, M. H. H. & Varidi, M. (2013). Foam-mat drying of shrimp: characterization and drying kinetics of foam. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(3), 159 - 165.
24. Ling, Z., Zhou, S., Zhou, Y., Zhong, W., Su, Z. & Qin, Z. (2024). Protective role of madecassoside from *Centella asiatica* against protein L-isoaspartyl methyltransferase deficiency-induced neurodegeneration. *Neuropharmacology*, 246, 1 - 9.
25. Syah, H. (2024). Mathematical modelling on the thin-layer drying of *Centella asiatica* leaves. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1290(1), 1 - 7.
26. Thuy, N. M., Hiep, L. H., Tai, N. V., Huong, H. T. T. & Minh, V. Q. (2022). Impact of drying temperatures on drying behaviours, energy consumption and quality of purple sweet potato flour. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(4), 379 - 387.
27. Correa, P. C., Botelho, F. M., Oliveira, G. H. H., Goneli, A. L. D., Resende, O., & Campos, S. D. C. (2011). Mathematical modeling of the drying process of corn ears. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33, 575 - 581.
28. Doymaz, I. (2014). Drying kinetics and rehydration characteristics of convective hot-air dried white button mushroom slices. *Journal of Chemistry*, 1, 1 - 8.
29. Kohli, D., Shahi, N. C., & Kumar, A. (2018). Drying kinetics and activation energy of asparagus root (*Asparagus racemosus* Wild.) for different methods of drying. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(1), 191 - 202.
30. Taheri-Garavand, A., Rafiee, S. & Keyhani, A. (2011). Study on effective moisture diffusivity, activation energy and mathematical modeling of thin layer drying kinetics of bell pepper. *Australian Journal of Crop Science*, 5(2), 128 - 131.
31. Goneli, A. L. D., Vieira, M. D. C., Vilhasanti, H. D. C. B. & Gonçalves, A. A. (2014). Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. *Pesquisa agropecuária tropical*, 44, 56 - 64.
32. Labuza, T. P. & Altunakar, B. (2020). Diffusion and sorption kinetics of water in foods. *Water activity in foods: Fundamentals and applications*, 287 - 309.
33. Mohapatra, P., Ray, A., Jena, S., Nayak, S., & Mohanty, S. (2022). Influence of various drying methods on physicochemical characteristics, antioxidant activity and bioactive compounds in *Centella asiatica* L. leaves: A comparative study. *Biotechnologia*, 103(3), 235 - 247.
34. Chua, K. J., Chou, S. K., Ho, J. C. & Hawlader, M. N. A. (2002). Heat pump drying: Recent developments and future trends. *Drying technology*, 20(8), 1579 - 1610.
35. Kittibunchakul, S., Temviriyankul, P., Chaikham, P. & Kemsawasd, V. (2023). Effects of freeze drying and convective hot-air drying on predominant bioactive compounds, antioxidant potential and safe consumption of maoberry fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 184, 1 - 9.
36. Aluthge, D. S. U., Ranaweera, K. K. D. S. & Gunathilake, I. A. D. S. R. (2023). The effect of stabilization heat treatment on rice bran quality parameters, including total phenolic content, gamma oryzanol content, antioxidant potential, oxidative stability and extraction yield during storage. *Food Chemistry Advances*, 3, 1 - 8.
37. Scalbert, A., Andres-Lacueva, C., Arita, M., Kroon, P., Manach, C., Urpi-Sarda, M. & Wishart, D. (2011). Databases on food phytochemicals and their health-promoting effects. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 59(9), 4331 - 4348.
38. Widyaningsih, T. D., Akbar, S. M. & Wijayanti, N. (2021). Optimization of maltodextrin concentration, drying temperature and drying time on total flavonoid content and antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.) aqueous extract powder using response surface methodology. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924(1), 1 - 11.
39. Sasadara, M. M. V. & Wirawan, I. G. P. (2021). Effect of extraction solvent on total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of Bulung Sangu (*Gracilaria* sp.) Seaweed. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 712(1), 1 - 9.

MODELING THE DRYING KINETICS AND CHANGES IN ANTIOXIDANT COMPOUNDS OF GOTU KOLA (*Centella asiatica* (L.) Urb.) POWDER USING HEAT PUMP DRYING METHOD

**Chau Van Dan^{1,2}, Nguyen Binh Dang¹,
Nguyen Tuan Anh¹, Tran Chi Nhan¹**

¹*Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University*

²*Faculty of Fisheries-Technology, Can Tho Technical Economic College*

Abstract

The study aimed to identify a suitable drying model and heat pump drying conditions for producing Gotu Kola (*Centella asiatica* (L.) Urb.) powder with high sensory quality in terms of color and antioxidant compound content during drying. The material was dried in a heat pump dryer at temperatures of 20, 25, 30°C until equilibrium moisture content was reached. After drying, the color values, water activity, total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), DPPH radical scavenging activity of the Gotu Kola powder were analyzed. In addition, a drying kinetic model for Gotu Kola powder under heat pump drying was developed. The findings showed that the Midilli model best described the drying behavior of Gotu Kola under heat pump drying, with a very high coefficient of determination ($R^2 = 0.9969 - 0.9980$) and low RMSE (0.0143 - 0.0172) and χ^2 (0.0002 - 0.0004) values. The effective moisture diffusivity increased with drying temperature (20 - 30°C), ranging from 2.489×10^{-12} to $4.363 \times 10^{-12} \text{ m}^2\text{Us}^{-1}$. The activation energy required for the drying process was $41.44 \text{ kJ.mol}^{-1}$. Additionally, the results indicated that drying at 25°C yielded Gotu Kola powder with low water activity (0.5766 ± 0.015) and a bright green color ($L = 64.92 \pm 0.57$; $a = -8.59 \pm 0.16$; $b^* = 26.8 \pm 0.80$). Furthermore, drying at 25°C also resulted in the highest values of TPC ($79.57 \pm 2.85 \text{ mg GAE/g}$), TFC ($44.28 \pm 0.15 \text{ mg QE/g}$), DPPH radical scavenging capacity ($9.12 \pm 0.02 \text{ mg TE/g}$).

Keywords: *Antioxidant compound, color, drying kinetic, Gotu Kola, heat pump drying.*

Ngày nhận bài: 26/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 4/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 22/7/2025

Ngày duyệt đăng: 8/8/2025

ẢNH HƯỞNG CỦA CAO CHIẾT HÀNH TÍM (*Allium ascalonicum*) ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ KHẢ NĂNG BẢO QUẢN LẠP XƯƠNG CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Nguyễn Thị Như Hạ^{1,*}, Võ Trung Nguyên², Lê Thị Minh Thủy¹

¹Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ

²Học viên Cao học Công nghệ thực phẩm Khóa 30, Đại học Cần Thơ

*Email: nhuha@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xác định khả năng kháng khuẩn và hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết hành tím (*Allium ascalonicum*) được trích ly bằng ethanol 70% (1: 8 w/v), đồng thời đánh giá hiệu quả ứng dụng trong bảo quản lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) lap xương cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*). Cao chiết hành tím thể hiện hoạt tính kháng khuẩn với MIC 3,13 mg/mL trên *Edwardsiella ictaluri* và chống oxy hóa mạnh với IC₅₀ 0,22 mg/mL (ABTS*). Thí nghiệm được thực hiện trên bốn nhóm lap xương bổ sung cao chiết ở các nồng độ: 0 (đối chứng), 0,22; 1,68; 3,13 g/kg, bảo quản trong 8 tuần. Kết quả cho thấy, mẫu bổ sung cao chiết hành tím nồng độ 1,68 g/kg đạt điểm cảm quan cao nhất (6,78 điểm) sau 8 tuần bảo quản lạnh. Đồng thời, bổ sung cao chiết ở nồng độ 1,68 g/kg giúp hạn chế sự thay đổi về độ cứng, độ ẩm, hàm lượng peptide hòa tan trong TCA, chỉ số PV, TBARS và tổng số vi sinh vật hiếu khí. Các giá trị này lần lượt là 2.666 g, 45,1, 6,23 μmol tyrosine/g, 2,04 mEq peroxide/kg, 0,99 mg MDA/kg và 4,97 $\log_{10}\text{CFU/g}$ sau 8 tuần bảo quản lạnh.

Từ khóa: Bảo quản lạnh, cao chiết hành tím, chống oxy hóa, kháng khuẩn, lap xương cá tra.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lap xương truyền thống miền Tây thường được chế biến từ thịt kết hợp mỡ lợn và được sấy khô để bảo quản. Sản phẩm giá trị gia tăng mới như lap xương cá là sản phẩm tiềm năng với mục tiêu đem lại nhiều lựa chọn cho người tiêu dùng, lý tưởng trong các chế độ ăn kiêng low-carb và phục vụ đối tượng hạn chế sử dụng thực phẩm là động vật trên cạn. Nghiên cứu của Trần Xuân Hiến và Hồ Thị Ngân Hà (2018) [1] đã chế biến thành công lap xương từ thịt cá lóc bổ sung mỡ cá tra. Năm 2024, Việt Nam có diện tích thả nuôi cá tra đạt 5,7 nghìn ha với sản lượng 1,787 triệu tấn [2]. Thịt và mỡ cá tra có giá dinh dưỡng cao nhờ vào hàm lượng protein cao và thành phần axit béo (tỷ lệ axit béo bão hòa, axit oleic và axit linoleic cao, cùng tỷ lệ axit béo không bão hòa đa nối đôi n3/n6 thấp), được khuyến nghị tiêu thụ bởi chuyên gia dinh dưỡng [3, 4]. Lap xương từ thịt

và mỡ cá tra là một sản phẩm giá trị gia tăng mới thay thế hoàn toàn nguyên liệu từ lợn, nhằm giảm chất béo bão hòa và tận dụng nguồn thủy sản bản địa, góp phần đa dạng hóa sản phẩm, đáp ứng nhu cầu người tiêu dùng, tạo ra sản phẩm dinh dưỡng, an toàn, tiện lợi. Tuy nhiên, với hàm lượng cao axit béo không bão hòa, mỡ cá dễ bị oxy hóa lipid, gây ôi dầu, dễ ảnh hưởng không tốt đến màu sắc, mùi vị và hạn sử dụng, từ đó gây giảm chất lượng sản phẩm.

Hiện nay, phụ gia như: Sorbat, phosphate, nitrit/nitrat, BHT/BHA được sử dụng phổ biến để bảo quản lap xương truyền thống. Mặc dù hiệu quả nhưng các hợp chất này tiềm ẩn dư lượng hóa học có thể gây rủi ro cho sức khỏe. Xu hướng sử dụng chất bảo quản tự nhiên, giảm dư lượng hóa chất nhưng vẫn đảm bảo hàm lượng chất chống oxy hóa và kháng khuẩn đối với thực phẩm nói

chung và sản phẩm thủy sản nói riêng đang rất được quan tâm [5].

Allium là chi đơn tử diệp được xếp vào họ Amaryllidaceae, họ Liliaceae và một họ riêng biệt là họ Alliaceae. Các loài *Allium* đã được trồng để làm thực phẩm, thuốc hoặc mục đích tôn giáo. Các loài thuộc chi *Allium* như: Hành tây (*A. cepa*), tỏi (*A. sativum*), hành tím (*A. ascalonicum*) đều được ghi nhận chứa nhiều hợp chất sinh học có hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa mạnh. Các nhóm hợp chất chính trong *Allium* bao gồm: Organosulfur, flavonoids, saponins và phenolic axit, có liên quan mật thiết đến các tác dụng sinh học này [6]. Nhiều nghiên cứu đã bổ sung cao chiết hoặc bột từ *Allium* như hành tây, tỏi và hành tím vào nguyên liệu cá phi lê và sản phẩm thủy sản (surimi, xúc xích) nhằm nâng cao chất lượng nhờ vào hiệu quả chống oxy hóa và kéo dài thời gian bảo quản [5, 7 - 9]. Cao chiết từ hành tím (*Allium ascalonicum*) có nguồn gốc tại thị xã Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng, được nghiên cứu nhằm đánh giá các đặc tính kháng khuẩn và chống oxy hóa. Trên cơ sở đó, nghiên cứu xác định được nồng độ bổ sung phù hợp vào lập xưởng cá tra nhằm duy trì chất lượng trong điều kiện bảo quản lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$), đồng thời góp phần phát triển sản phẩm lập xưởng cá an toàn và đa dạng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hành tím (*Allium ascalonicum*) được thu mua trực tiếp tại hộ gia đình trồng hành tím ở thị xã Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng, sau đó được vận chuyển về phòng thí nghiệm. Các mẫu được rửa sạch, để ráo, cắt lát mỏng và sấy khô ở 55°C trong 48 giờ và nghiền thành bột. Sau đó, bột hành được ngâm trong ethanol 70% (1: 8, w/v) ở 37°C và lắc trong 24 giờ [10]. Dịch chiết thu được được lọc, sau đó tiến hành cô quay chân không ở 50°C để thu cao chiết. Cao chiết được bảo quản lạnh đông ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) đến khi tiến hành thí nghiệm.

Cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) có khối lượng 1.500 ± 200 g thu mua từ chợ Tân An, thành phố Cần Thơ. Cá được đảm bảo còn sống, không bị trầy xước hoặc mắc các bệnh trên da. Cá được cho vào thùng chuyên dụng vận chuyển về

Phòng thí nghiệm, Khoa Khoa học và Công nghệ Chế biến thủy sản, Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ.

Phương pháp tiến hành sản xuất lập xưởng: Lập xưởng cá được sản xuất dựa trên nghiên cứu thăm dò với quy trình công nghệ như sau: Thịt cá sau xay thô được bổ sung mỡ cá (10% w/w, mỡ cá được cắt hạt lựu từ dẻ cá đã loại bỏ da) và cao chiết hành tím với ba mức nồng độ, trong đó mẫu đối chứng là không bổ sung cao chiết. Hỗn hợp thịt cá xay được phối trộn với phụ gia và gia vị (tiêu hạt: 1%, tiêu xay: 0,5%, đường: 5%, muối: 1%, bột ngọt: 0,5%, rượu: 10%, sorbitol: 1,5%, STPP: 0,2%, gelatin: 0,2% (w/w theo khối lượng cá)). Hỗn hợp được giã 15 phút, tiến hành định hình trong vỏ collagen và sấy ở nhiệt độ 80°C (4 giờ) theo nghiên cứu của Trần Xuân Hiến và Hồ Thị Ngân Hà (2018) [1] có điều chỉnh. Lập xưởng được để nguội, bao gói chân không (bao bì PA) và bảo quản ở điều kiện lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Nội dung 1: Khảo sát khả năng kháng khuẩn và chống oxy hóa của cao chiết hành tím.

Khảo sát hiệu quả trung hòa gốc tự do ABTS^{•+}: Hoạt động loại bỏ gốc tự do được xác định bằng phương pháp khử màu ABTS^{•+} theo phương pháp của Nenadis và cs (2004) [11]. Khi cho chất chống oxy hóa vào dung dịch ABTS^{•+}, các chất chống oxy hóa sẽ khử ion ABTS^{•+} thành ABTS làm cho dung dịch mất màu xanh. Hỗn hợp phản ứng gồm 10 μL cao chiết hành tím và 990 μL dung dịch ABTS^{•+} được ủ trong 6 phút ở nhiệt độ phòng. Hỗn hợp sau khi ủ được đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 734 nm.

Đánh giá khả năng kháng khuẩn của cao chiết hành tím: Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) của cao chiết hành tím đối với vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri* được thực hiện trên đĩa 96 giếng theo phương pháp của Oonmetta-Aree và cs (2006) [12] và Sarker và cs (2007) [13]. Cao chiết hành tím được pha loãng trong 25% DMSO. Trong khi đó, chất chỉ thị resazurin và gentamicin (đối chứng dương) được pha trong nước khử ion vô trùng ở

nồng độ lần lượt là 10 và 200 µg/mL. Vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri* được tăng sinh trong môi trường TSB. Mật số vi khuẩn thu được ở 5×10^6 CFU/mL. Hỗn hợp chứa 50 µL mẫu cao chiết hành tím, 50 µL dung dịch vi khuẩn và 20 µL dung dịch resazurin được bơm vào mỗi giếng. Sau khi ủ ở 37°C trong 18 giờ, các đĩa được quan sát để xác định nồng độ thấp nhất của cao chiết có khả năng ức chế sự phát triển của vi khuẩn thử nghiệm. Màu sắc của dung dịch chuyển từ tím sang hồng, được xác định là giá trị MIC [13].

Nội dung 2: Khảo sát ảnh hưởng của cao chiết hành tím bổ sung đến chất lượng và thời gian bảo quản lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) lập xưởng cá tra.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên 1 nhân tố với 4 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Nhân tố khảo sát là 3 nồng độ cao chiết hành tím bổ sung lần lượt là 3,13; 1,68; 0,22 g/kg (mẫu đối chứng không bổ sung cao chiết hành) (nồng độ bổ sung dựa vào kết quả giá trị MIC (3,13 mg/mL), IC₅₀ (0,22 mg/mL) của cao chiết hành ở nội dung 1 và giá trị trung bình hai giá trị này). Tại công đoạn phối trộn, paste cá được bổ sung cao chiết (với các nồng độ theo từng nghiệm thức) cùng với các loại phụ gia và tiếp tục thực hiện các bước đã được mô tả ở nội dung chuẩn bị vật liệu. Mẫu lập xưởng sau đó được bao gói chân không (bao bì PA) và bảo quản lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$). Mẫu được phân tích chỉ tiêu hóa lý, vi sinh và cảm quan vào các tuần 0, 2, 4, 6, 8.

2.2.2. Phương pháp phân tích

Bảng 1. Phương pháp phân tích

Chỉ tiêu phân tích	Phương pháp phân tích
Ẩm (%)	Phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [14]
Giá trị pH	Đo theo phương pháp của Hultmann và cs (2012) [15]
Độ cứng (g)	Máy đo cấu trúc TA.Xtplus Texture Analyser (Stable Micro Systems, YL, Anh)
Chỉ số peroxide (PV, mEq peroxide/kg)	Phương pháp của International IDF Standards (2006) [16]
Chỉ số TBARS (mg MDA/kg)	Phương pháp so màu quang phổ [17]
Tổng số vi sinh vật hiếu khí (\log_{10} CFU/g)	Phương pháp đổ đĩa [18]
Đánh giá cảm quan (điểm)	Cho điểm theo phương pháp Hedonic [19]
Hàm lượng peptide hòa tan trong TCA (µmol tyrosine/g)	Phương pháp của Benjaku và cs (2002) [20]; Lowry và cs (1951) [21]
Hiệu quả trung hòa gốc tự do ABTS ^{•+} (%)	Phương pháp khử màu ABTS ^{•+} mô tả bởi Nenadis và cs (2004) [11]
Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC, mg/mL)	Phương pháp của Oonmetta-Aree và cs (2006) [12] và Sarker và cs (2007) [13]

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khả năng chống oxy hóa của cao chiết hành tím

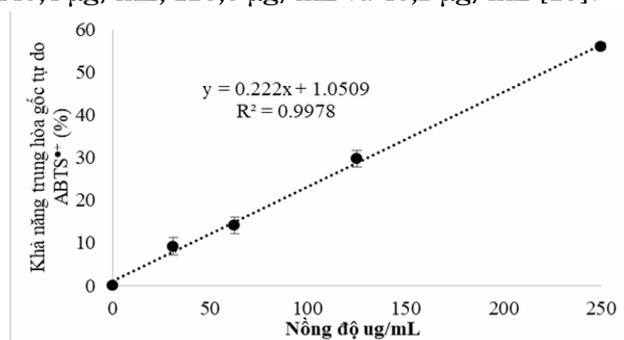
3.1.1. Khả năng trung hòa gốc tự do ABTS^{•+}

Để xác định khả năng trung hòa gốc tự do ABTS^{•+}, cao chiết hành được pha loãng thành dãy nồng độ từ 31,25 - 250 µg/mL. Hiệu quả trung hòa gốc tự do của cao chiết tăng từ 9,23% ở nồng độ 31,25 µg/mL đến 56,07% ở nồng độ 250 µg/mL. Khả năng chống oxy hóa cũng như hiệu quả trung

hòa gốc tự do ABTS^{•+} của cao chiết hành được so sánh dựa vào giá trị IC₅₀. Giá trị IC₅₀ của cao chiết hành được tính dựa vào phương trình hồi quy tuyến tính (Hình 1).

Kết quả cho thấy, giá trị IC₅₀ của cao chiết hành tím là 220 µg/mL, thể hiện khả năng chống oxy hóa mạnh hơn so với kết quả nghiên cứu của Alagarsamy và cs (2018) [22], với khả năng trung hòa 50% gốc tự do ABTS^{•+} ở nồng độ 546,7 µg/mL. Khả năng trung hòa 50% gốc tự do ABTS^{•+} (IC₅₀)

của hành vàng, hành đỏ và hành trắng lần lượt là 145,4 µg/mL, 128,8 µg/mL và 48,2 µg/mL [23].



Hình 1. Khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺

3.1.2. Khả năng kháng khuẩn của cao chiết hành tím

Khả năng kháng khuẩn của cao chiết hành tím trong thí nghiệm này được thực hiện trên dòng vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri*. Cao chiết hành tím có giá trị MIC đối với vi khuẩn *Edwardsiella ictaluri* được xác định là 3,13 mg/mL. Trong nghiên cứu của Jaikhamwang và cs (2023) [24], cao chiết ở nồng độ 10 mg/mL có thể ức chế được *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* và *Bacillus cereus*. Hoạt tính kháng khuẩn của các loài *Allium* đã được công nhận từ lâu, với allicin và các thiosulfinate khác và các sản phẩm biến đổi của chúng thể hiện hoạt tính kháng khuẩn rõ rệt [25]. Các hợp chất được tìm thấy trong chiết xuất *Allium* có hoạt tính ức chế đối với nhiều loại vi sinh vật, như vi khuẩn, nấm, vi rút và ký sinh trùng. Các hợp chất kháng khuẩn có nguồn gốc từ *Allium* ức chế vi sinh vật bằng cách phản ứng với các nhóm sulfhydryl (SH) của protein đích. Theo Nemati và cs (2018) [26], bột hành tím tươi được sấy đông khô có hiệu quả chống lại *E. coli*, *Klebsiella* và *Staphylococcus aureus*, với nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) lần lượt là 3,29; 3,6; 3,8 mg/mL. Kết quả nghiên cứu của Adeniyi và Anyiam (2004) [27] cũng cho thấy, cao chiết hành tím có hiệu quả chống lại 5 chủng *Helicobacter pylori*, với MIC dao động từ 6,25 - 12,5 mg/mL.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ cao chiết hành đến thời gian bảo quản lạnh (4 ± 1°C) của lập xương

3.2.1. Thành phần hóa học của nguyên liệu

Các thành phần hóa học cơ bản như: Độ ẩm, protein, lipid, khoáng của cá tra phi lê và cá tra

nguyên con được xác định để làm cơ sở đánh giá chất lượng nguyên liệu ban đầu của quá trình sản xuất. Kết quả phân tích được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học của cá tra phi lê

Thành phần (%)	Hàm lượng
Độ ẩm	78,81 ± 0,90
Protein	16,02 ± 0,10
Lipid	2,97 ± 0,11
Khoáng	1,61 ± 0,07

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, hàm lượng protein trong kết quả nghiên cứu của Nguyễn Lê Anh Đào và cs (2025) [28] là 16,01%, tương đương với kết quả phân tích trong nghiên cứu này là 16,02%. Tuy nhiên, hàm lượng lipid và khoáng của cá tra phi lê (2,97% và 1,61%) cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Lê Anh Đào và cs (2025) [28] là 1,37% và 0,92%, trong khi đó hàm lượng ẩm đạt 78,81% thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Lê Anh Đào và cs (2025) [28] là 80,86%. Sự khác biệt trong phân hóa học được giải thích, có thể do ảnh hưởng của môi trường sống, điều kiện chăn nuôi và nguồn thức ăn đã tạo nên sự khác biệt về thành phần hóa học của cá.

3.2.2. Độ cứng

Các thông số về độ cứng có tác động lớn đến khả năng chấp nhận cấu trúc lập xương của người tiêu dùng. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, độ cứng của các mẫu bổ sung cao chiết hành tím cao hơn mẫu không bổ sung cao chiết, tuy nhiên khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p > 0,05) giữa các mẫu lập xương vào ngày đầu của quá trình bảo quản. Độ cứng của các mẫu lập xương có xu hướng tăng dần trong quá trình bảo quản lạnh (1.813 – 3.891 g). Độ cứng tăng lên trong các sản phẩm thịt trong quá trình bảo quản lạnh được cho là kết quả của sự mất ổn định nhũ tương do nước và chất béo tách khỏi ma trận protein [29]. Bên cạnh đó, quá trình oxy hóa protein cũng có thể dẫn đến độ cứng tăng lên thông qua sự hình thành các nhóm cacbonyl, mất chức năng protein và hình thành liên kết chéo protein thông qua liên kết disulphide [30]. Độ cứng của mẫu lập xương đối chứng tăng đáng kể và khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) so với mẫu bổ sung cao chiết 1,68 và 3,13

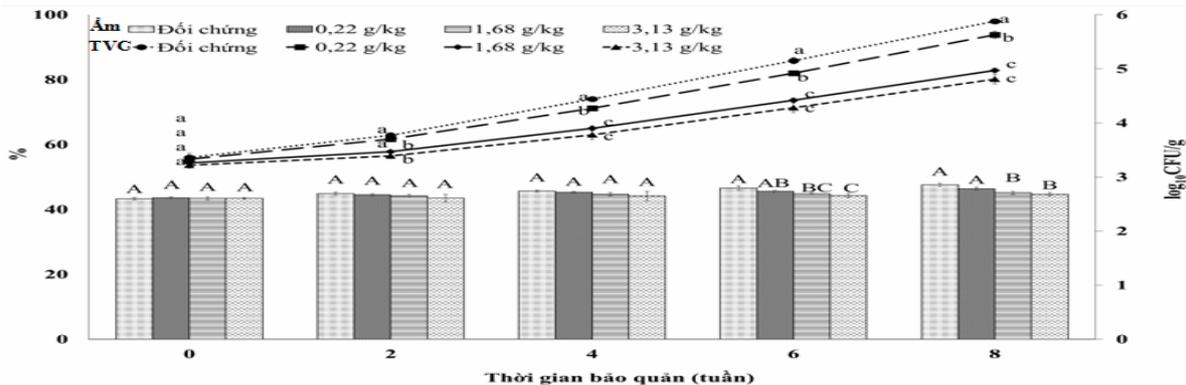
g/kg sau 2 tuần bảo quản lạnh. Các mẫu lập xương bổ sung cao chiết hành tỷ lệ càng cao thì độ cứng càng thấp, cho thấy chất chống oxy hóa tự nhiên có thể làm giảm độ cứng của các sản phẩm thịt bằng cách tăng độ ổn định nhũ tương và giảm liên kết chéo thông qua khả năng bảo vệ protein khỏi quá trình oxy hóa. Hơn nữa, chất chống oxy hóa tự

nhien có thể bảo vệ màng cơ khỏi quá trình oxy hóa lipid, từ đó sẽ có tác dụng có lợi đối với các đặc tính về kết cấu [31]. Kết thúc quá trình bảo quản, mẫu lập xương bổ sung cao chiết hành 1,68 và 3,13 g/kg có độ cứng thấp nhất (2.666 và 2.450 g_f), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hai mẫu còn lại.

Bảng 3. Sự thay đổi pH, hàm lượng peptide hòa tan TCA ($\mu\text{mol tyrosine/g}$) và độ cứng (g_f) của lập xương trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian bảo quản (tuần)	Nồng độ (g/kg)	pH	Hàm lượng peptide ($\mu\text{mol tyrosine/g}$)	Độ cứng (g_f)
0	Đối chứng	6,32 ± 0,10 ^a	5,07 ± 0,07 ^a	1.813 ± 167 ^a
	0,22	6,35 ± 0,03 ^a	5,01 ± 0,06 ^a	1.928 ± 131 ^a
	1,68	6,33 ± 0,01 ^a	5,09 ± 0,15 ^a	1.913 ± 85 ^a
	3,13	6,34 ± 0,07 ^a	5,07 ± 0,14 ^a	1.944 ± 120 ^a
2	Đối chứng	6,20 ± 0,06 ^a	5,43 ± 0,11 ^a	3.006 ± 179 ^a
	0,22	6,21 ± 0,09 ^a	5,35 ± 0,10 ^a	2.686 ± 134 ^{ab}
	1,68	6,23 ± 0,05 ^a	5,21 ± 0,12 ^a	2.380 ± 172 ^{bc}
	3,13	6,23 ± 0,05 ^a	5,18 ± 0,10 ^a	2.031 ± 124 ^c
4	Đối chứng	6,07 ± 0,01 ^a	6,65 ± 0,13 ^a	3.514 ± 162 ^a
	0,22	6,09 ± 0,01 ^{ab}	6,14 ± 0,14 ^b	3.056 ± 14 ^b
	1,68	6,13 ± 0,02 ^{bc}	5,55 ± 0,13 ^c	2.372 ± 157 ^c
	3,13	6,14 ± 0,02 ^c	5,38 ± 0,11 ^c	2.095 ± 13 ^c
6	Đối chứng	6,18 ± 0,01 ^a	7,76 ± 0,14 ^a	3.843 ± 150 ^a
	0,22	6,17 ± 0,02 ^a	7,21 ± 0,15 ^b	3.604 ± 121 ^a
	1,68	6,17 ± 0,02 ^a	5,97 ± 0,17 ^c	2.579 ± 143 ^b
	3,13	6,19 ± 0,02 ^a	5,71 ± 0,13 ^c	2.358 ± 134 ^b
8	Đối chứng	6,38 ± 0,04 ^a	8,13 ± 0,07 ^a	3.891 ± 180 ^a
	0,22	6,34 ± 0,02 ^{ab}	7,53 ± 0,15 ^b	3.681 ± 91 ^a
	1,68	6,29 ± 0,02 ^{bc}	6,23 ± 0,14 ^c	2.666 ± 121 ^b
	3,13	6,26 ± 0,02 ^c	5,92 ± 0,15 ^c	2.450 ± 113 ^b

Ghi chú: Những chữ cái a, b, c... khác nhau trong một ngày lấy mẫu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).



Hình 2. Sự thay đổi độ ẩm (%) và giá trị TVC ($\log_{10} \text{CFU/g}$) trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Các giá trị trung bình độ ẩm (%) và tổng vi sinh vật hiếu khí (TVC, $\log_{10} \text{CFU/g}$) trong cùng một tuần có cùng chữ cái in thường (in hoa) là không sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.3. Độ ẩm của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Sự thay đổi độ ẩm của lạp xương trong 8 tuần bảo quản lạnh được thể hiện ở hình 2. Độ ẩm ban đầu của sản phẩm lạp xương không bị ảnh hưởng bởi nồng độ cao chiết chiết hành tím bổ sung ($p > 0,05$). Theo thời gian bảo quản, độ ẩm của lạp xương có xu hướng tăng dần từ 43,3 - 47,6%. Sau 6 tuần ngày bảo quản lạnh, mẫu đối chứng có độ ẩm cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hai mẫu bổ sung cao chiết cao nhất. Mẫu đối chứng và mẫu bổ sung cao chiết 0,22 g/kg có độ ẩm cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hai mẫu bổ sung cao chiết còn lại. Kết quả này tương tự với kết quả nghiên cứu của Ajiboye và cs (2011) [32], Nurullah và cs (2007) [33], khi độ ẩm của khô cá Mola tăng dần trong quá trình bảo quản. Thực phẩm khi có độ ẩm cao sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự tăng trưởng của vi sinh vật [34].

3.2.4. Tổng số vi sinh vật hiếu khí (TVC) của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Giá trị TVC được sử dụng như một chỉ số chấp nhận đối với các sản phẩm thủy sản [35]. Giá trị TVC của lạp xương ở tất cả nghiệm thức đều có xu hướng tăng dần trong 8 tuần bảo quản, dao động trong khoảng 3,22 - 5,88 \log_{10} CFU/g (Hình 2). Sau 2 tuần bảo quản lạnh, giá trị TVC của mẫu bổ sung cao chiết hành 1,68 và 3,13 g/kg thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng và mẫu bổ sung cao chiết 0,22 g/kg. Đến tuần 4, tất cả các mẫu bổ sung cao chiết đều có giá trị TVC thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng. Điều này có liên quan đến việc tăng độ ẩm của mẫu lạp xương, sự gia tăng mật số vi sinh vật trên các mẫu thịt khô trong thời gian bảo quản có liên quan đến sự hấp thụ độ ẩm từ môi trường của sản phẩm [36].

Mẫu đối chứng có giá trị TVC là 5,88 \log_{10} CFU/g sau 8 tuần bảo quản, vượt giới hạn dưới 5×10^5 CFU/g theo TCVN 7049:2020 [37] về giá trị TVC đối với thịt chế biến đã qua xử lý nhiệt. Trong khi đó, mẫu lạp xương bổ sung 0,22 g/kg sau 8 tuần bảo quản lạnh có giá trị TVC là 5,63 \log_{10} CFU/g, gần vượt giới hạn dưới cho phép, mẫu lạp xương bổ sung 1,68 và 3,13 g/kg có mật số vi sinh vật lần lượt là 4,97 và 4,81 \log_{10} CFU/g, vẫn

nằm trong giới hạn cho phép. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, hành tím có hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa, trong đó chứa hai nhóm hợp chất chính có tác dụng chống oxy hóa và kháng khuẩn như các hợp chất chứa lưu huỳnh (allyl trisulfide, allyl-cysteine, diallyl sulfide) và flavonoid (quercetin, flavone) [38]. Những hợp chất này có thể phá vỡ màng tế bào vi khuẩn, ức chế tổng hợp protein hoặc enzyme thiết yếu, từ đó làm chậm hoặc hạn chế sự phát triển của chúng.

3.2.5. Sự thay đổi pH của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Giá trị pH của mẫu lạp xương dao động từ 6,07 - 6,38 (Bảng 3). Trong 4 tuần bảo quản lạnh đầu tiên, pH của các mẫu có xu hướng giảm dần. Sự giảm pH của các mẫu đối chứng nhanh hơn, đạt giá trị 6,07 sau 4 tuần bảo quản. Nguyên nhân có thể do trong quá trình bảo quản, sản phẩm có thể trải qua sự giảm pH do nhiều yếu tố khác nhau, như sự chuyển đổi carbohydrate thành axit lactic và axit acetic bởi một số LAB như: *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* [39, 40]. Sau 4 tuần bảo quản, pH từ các mẫu có dấu hiệu tăng đến khi kết thúc thí nghiệm, giá trị pH dao động trong khoảng 6,07 - 6,38 từ tuần 4 đến tuần 8 bảo quản lạnh. Nguyên nhân là do sự phát triển của vi khuẩn gây hư hỏng, cùng với sự hoạt động của các enzyme nội sinh dẫn đến việc phân hủy protein thành các hợp chất nitơ bay hơi [41, 42]. Trong suốt quá trình bảo quản, mẫu đối chứng có sự thay đổi pH đáng kể so với mẫu bổ sung cao chiết 1,68 và 3,13 g/kg.

3.2.6. Hàm lượng peptide hòa tan trong TCA của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Hàm lượng peptide hòa tan trong TCA cho thấy sự biến tính và phân hủy của protein [43, 44]. Bảng 3 thể hiện sự gia tăng hàm lượng peptide của lạp xương trong quá trình bảo quản từ 5,01 - 5,09 đến 5,92 - 8,13 ($\mu\text{mol tyrosine/g}$), cho thấy hoạt động phân giải protein trong các mẫu lạp xương. Sự gia tăng nồng độ peptide chủ yếu là do hoạt động vi sinh vật [45]. Trong nghiên cứu này, hàm lượng peptide mẫu đối chứng tăng mạnh sau 2 tuần và mẫu bổ sung 0,22 g/kg tăng mạnh sau 4 tuần bảo quản lạnh. Trong khi đó, hàm lượng peptide mẫu bổ sung 1,68 và 3,13 g/kg có xu hướng tăng ổn định trong suốt thời gian bảo quản. Sau 4 tuần

bảo quản, mẫu đối chứng và mẫu bổ sung 0,22 g/kg (6,65 và 6,14 μmol tyrosine/g) có hàm lượng peptide cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu bổ sung 1,68 và 3,13 g/kg (5,55 và 5,38 μmol tyrosine/g). Kết quả này chứng minh tác dụng ức chế hoạt động của vi sinh vật khi bổ sung cao chiết hành vào lạp xương ở nồng độ 1,68 và 3,13 g/kg. Đồng thời, hàm lượng peptide của mẫu bổ sung 1,68 và 3,13 g/kg khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) sau 8 tuần bảo quản lạnh.

3.2.7. Chỉ số PV

Chỉ số PV là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá sự oxy hóa chất béo sơ cấp [46]. Trong nghiên cứu này, PV ban đầu dao động từ 1,51 - 1,75 meq peroxide/kg và có xu hướng tăng dần trong suốt quá trình bảo quản lạnh, đạt 1,88 - 2,59 vào cuối thí nghiệm (Bảng 4). Nguyên nhân là do hàm lượng hydrogen peroxide hình thành nhiều trong giai đoạn đầu, làm cho chỉ số PV tăng

nhANH [47]. Đáng chú ý, các mẫu có bổ sung cao chiết hành tím ở nồng độ 1,68 và 3,13 g/kg có giá trị PV thấp hơn đáng kể so với hai mẫu còn lại và sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ngay từ tuần đầu ($p < 0,05$). Sau 8 tuần bảo quản, mẫu đối chứng và mẫu 0,22 g/kg đạt PV lần lượt 2,59 và 2,36 meq peroxide/kg, trong khi mẫu 1,68 và 3,13 g/kg chỉ đạt lần lượt 2,04 và 1,88 meq peroxide/kg, cho thấy hiệu quả ức chế quá trình oxy hóa lipid rõ rệt khi sử dụng cao chiết hành tím ở nồng độ phù hợp. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Zielinska và cs (2008) [48], theo đó các hợp chất phenolic trong hành đỏ bao gồm: Anthocyanin, flavonoid, quercetin và các thành phần lưu huỳnh dễ bay hơi có hoạt tính nhất gốc tự do, giúp kéo dài thời hạn sử dụng thực phẩm chứa chất béo. Trong kết quả nghiên cứu này, toàn bộ giá trị PV thu được đều thấp hơn giới hạn cho phép là 10 - 20 meq/kg [49].

Bảng 4. Sự thay đổi chỉ số PV (meq/kg) lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Nồng độ (g/kg)	Thời gian bảo quản (tuần)				
	0	2	4	6	8
Đối chứng	1,75 ± 0,11 ^a	1,91 ± 0,11 ^a	2,07 ± 0,07 ^a	2,31 ± 0,02 ^a	2,59 ± 0,06 ^a
0,22	1,66 ± 0,09 ^{ab}	1,79 ± 0,09 ^{ab}	1,99 ± 0,24 ^{ab}	2,14 ± 0,05 ^a	2,36 ± 0,05 ^b
1,68	1,54 ± 0,03 ^b	1,64 ± 0,06 ^b	1,72 ± 0,07 ^{bc}	1,85 ± 0,07 ^b	2,04 ± 0,09 ^c
3,13	1,51 ± 0,04 ^b	1,58 ± 0,10 ^b	1,57 ± 0,04 ^c	1,67 ± 0,10 ^b	1,88 ± 0,08 ^c

Ghi chú: Những chữ cái a, b, c... khác nhau trong một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.8. Chỉ số Thiobarbituric axit reactive substances (TBARS)

TBARS là một chỉ số của sự oxy hóa lipid thông qua xác định hàm lượng malondialdehyde (MDA) và các aldehyde khác. Sự thay đổi của chỉ số TBARS của lạp xương được trình bày ở bảng 5. Kết quả phân tích cho thấy, chỉ số TBARS trong khoảng 0,68 - 1,37 mg MDA/g, tăng dần từ tuần đầu đến tuần 4 trước khi giảm đến tuần 6 rồi lại tăng cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Việc bổ sung cao chiết làm giảm nồng độ MDA đáng kể. Ngay cả ngày đầu tiên bảo quản, mẫu đối chứng có chỉ số TBARS là 0,85 mg MDA/g, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu bổ sung cao chiết 1,68 và 3,13 g/kg, với giá trị TBARS lần lượt là 0,69 và 0,68 mg MDA/g, do quá trình oxy hóa

của mẫu bổ sung cao chiết được ức chế ngay từ đầu. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Bedrniček và cs (2020) [8], khi bổ sung bột hành vào xúc xích từ thịt cá. Sự biến động của chỉ số TBARS trong 8 tuần bảo quản lạnh do các hydroperoxide không được phân hủy hoàn toàn thành các sản phẩm thứ cấp mà tồn tại ở dạng không tan trong mẫu làm cản trở phản ứng xảy ra [50]. Sau 8 tuần bảo quản, mẫu bổ sung cao chiết 1,68 và 3,13 g/kg có chỉ số TBARS khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hai mẫu còn lại. Chỉ số TBARS sau 8 tuần bảo quản lạnh của tất cả các mẫu thấp hơn so với giá trị chấp nhận về giá trị TBARS cho sự oxy hóa của chất béo là 5 - 8 mg MDA/kg [51].

Bảng 5. Sự thay đổi chỉ số TBARS (mg MDA/kg) lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

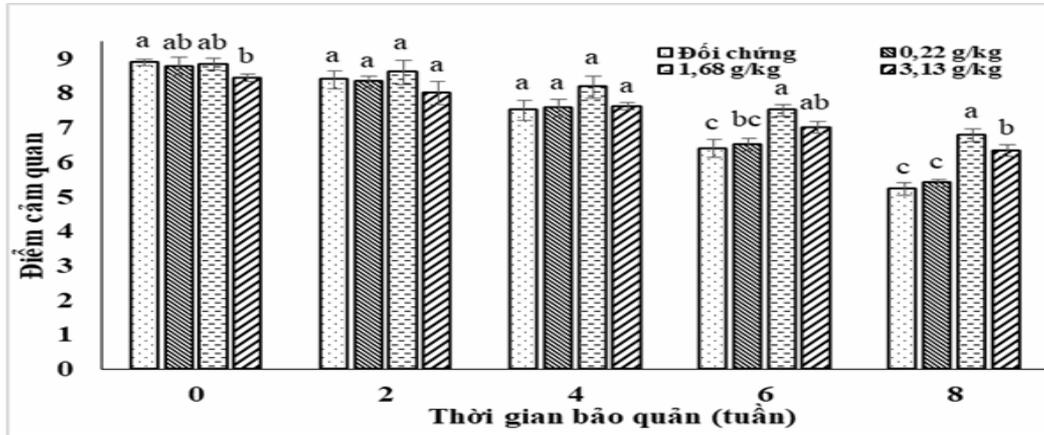
Nồng độ (g/kg)	Thời gian bảo quản (tuần)				
	0	2	4	6	8
Đối chứng	0,85 ± 0,01 ^a	1,15 ± 0,09 ^a	1,34 ± 0,20 ^a	1,20 ± 0,03 ^a	1,37 ± 0,09 ^a
0,22	0,77 ± 0,05 ^{ab}	1,04 ± 0,07 ^a	1,20 ± 0,05 ^{ab}	1,08 ± 0,04 ^a	1,21 ± 0,05 ^a
1,68	0,69 ± 0,07 ^b	0,85 ± 0,06 ^b	0,99 ± 0,03 ^{bc}	0,88 ± 0,04 ^b	0,99 ± 0,06 ^b
3,13	0,68 ± 0,04 ^b	0,76 ± 0,06 ^b	0,87 ± 0,02 ^c	0,76 ± 0,08 ^b	0,86 ± 0,05 ^b

Ghi chú: Những chữ cái a, b, c... khác nhau trong một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.9. Điểm cảm quan của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh

Đánh giá cảm quan được thực hiện theo phương pháp cho điểm theo thang điểm 9 [19] cho tất cả các mẫu. Việc đánh giá cảm quan được tiến

hành sau khi các mẫu lạp xương được xử lý nhiệt nhằm phản ánh đúng đặc điểm cảm nhận và chấp nhận của người tiêu dùng khi ăn sản phẩm. Điểm cảm quan của lạp xương trong quá trình bảo quản lạnh được trình bày ở hình 3.



Hình 3. Sự thay đổi điểm cảm quan của lạp xương trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Những chữ cái a, b, c... khác nhau trong một ngày lấy mẫu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Tuần đầu tiên, mẫu bổ sung cao chiết nồng độ 3,13 g/kg có màu sắc sẫm hơn đáng kể so với các mẫu còn lại, có điểm cảm quan thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng. Trong khi mẫu đối chứng và mẫu bổ sung 0,22 và 1,68 g/kg có màu đỏ đặc trưng của sản phẩm lạp xương, do trong cao chiết hành có chứa anthocyanin như là chất tạo màu tự nhiên [52]. Sau 4 tuần bảo quản lạnh, mẫu bổ sung 1,68 g/kg đạt điểm cảm quan là 8,17, cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mẫu đối chứng (7,50) và mẫu bổ sung 0,22 g/kg (7,56), thể hiện qua màu sắc ổn định, mùi vị thơm nhẹ và cấu trúc mềm vừa phải sau khi xử lý nhiệt. Kết thúc quá trình bảo quản, mặc dù không có mẫu nào có dấu hiệu hư hỏng rõ rệt về mặt cảm quan, tuy nhiên

mẫu đối chứng và mẫu bổ sung 1,68 g/kg có xu hướng giảm chất lượng cảm quan, trong khi mẫu bổ sung 1,68 g/kg vẫn giữ được mùi vị đặc trưng, màu sắc đồng đều và cấu trúc ổn định. Mẫu bổ sung 1,68 g/kg sau 8 tuần bảo quản hoàn toàn chưa có dấu hiệu hư hỏng, với điểm cảm quan cao nhất là 6,78 và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các mẫu còn lại. Kết quả này cho thấy, vai trò quan trọng của cao chiết hành tím trong việc duy trì chất lượng cảm quan và kéo dài thời gian bảo quản của lạp xương.

4. KẾT LUẬN

Cao chiết hành tím (*Allium ascalonicum*) có hoạt tính kháng khuẩn (MIC = 3,13 mg/mL đối với *Edwardsiella ictaluri*) và chống oxy hóa (IC₅₀ = 0,22 mg/mL). Việc bổ sung cao chiết vào lạp

xương cá tra ở nồng độ 1,68 và 3,13 g/kg giúp kéo dài thời gian bảo quản lạnh ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) thông qua việc ức chế sự phát triển của vi sinh vật, giảm quá trình oxy hóa lipid và duy trì chất lượng cảm quan, trong đó nồng độ 1,68 g/kg đạt hiệu quả cảm quan tốt nhất sau 8 tuần.

TÀI LIỆU KHAM KHẢO

1. Trần Xuân Hiền và Hồ Thị Ngân Hà (2018). Chế biến lạp xưởng từ nguồn nguyên liệu cá lóc sạch. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, 14(3), 62 - 71.
2. Vietnam Association of Seafood Exporters and Producers - VASEP (2025). Cá tra chớp thời cơ vượt khó vươn lên. <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/nguyen-lieu/nam-2025-ca-tra-chop-thoi-co-vuot-kho-vuon-len-32664.html>. Ngày truy cập 8/6/2025.
3. Orban, E., Nevigato, T., Di Lena, G., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L. & Caproni, R. (2008). New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chemistry*, 110(2), 383 - 389.
4. Hassan, H. U., Ali, A., Al Sulivany, B. S., Bilal, M., Kanwal, R., Raza, M. A., Arslan, A., Ljaz, M. Z., Kabir, M., Khan, M. R., Rasdi, N. W. & Arai, T. (2025). Investigation of the effects of phytogetic dietary additives on growth performance, nutrient utilization, economic efficiency and health of *Pangasius hypophthalmus*. Implications for sustainable aquaculture development. *Scientific Reports*, 15(1), 22661.
5. Ha, N. T. N., Dao, N. L. A. & Truc, T. T. (2025). Assessing red onion (*Allium cepa* L.) peel extract as an antioxidant and antimicrobial agent for ice storage of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1, 6642585.
6. Iwar, K., Ochar, K., Seo, Y. A., Ha, B. K. & Kim, S. H. (2024). *Alliums* as potential antioxidants and anticancer agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15), 8079.
7. Majumdar, R. K., Saha, A., Dhar, B., Maurya, P. K., Roy, D., Shitole, S. & Balange, A. K. (2015). Effect of garlic extract on physical, oxidative and microbial changes during refrigerated storage of restructured product from Thai pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) surimi. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7994 - 8003.
8. Bedrníček, J., Kadlec, J., Laknerová, I., Mráz, J., Samková, E., Petrášková, E. & Smetana, P. (2020). Onion peel powder as an antioxidant-rich material for sausages prepared from mechanically separated fish meat. *Antioxidants*, 9(10), 974.
9. Raeisi, S., Sharifi-Rad, M., Quek, S. Y., Shabanpour, B. & Sharifi-Rad, J. (2016). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets for shelf-life extension. *LWT*, 65, 112 - 121.
10. Benito-Román, Ó., Blanco, B., Sanz, M. T. & Beltrán, S. (2021). Freeze-dried extract from onion (*Allium cepa* cv. Horcal) skin wastes: Extraction intensification and flavonoids identification. *Food and Bioproducts Processing*, 130, 92 - 105.
11. Nenadis, N., Wang, L.-F., Tsimidou, M. Z. & Zhang, H.-Y. (2004). Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS** assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4669 - 4674.
12. Oonmetta-Aree, J., Suzuki, T., Gasaluck, P. & Eumkeb, G. (2006). Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpinia galanga* Linn.) on *Staphylococcus aureus*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 6(6), 717 - 723.
13. Sarker, S. D., Nahar, L. & Kumarasamy, Y. (2007). Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth and its application in the *in vitro* antibacterial screening of phytochemicals. *Methods*, 42(4), 321 - 324.
14. AOAC (2016). Official Methods of Analysis, Association of official analytical Chemists, Washington, DC.

15. Hultmann, L., Phu, T. M., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø. & Rustad, T. (2012). Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 134(3), 1399 - 1408.
16. International IDF Standards (2006). Section 74A, International Dairy Federation, IDF-Square Vergote 41, Brussels.
17. Raharjo, S., Sofos, J. N. & Schmidt, G. R. (1992). Improved speed, specificity and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), 2182 - 2185.
18. Nordic Committee on Food Analysis [NMKL] (2013). *Aerobic microorganisms: Determination in foods at 37°C, 30°C, 25°C, 20°C, 17/7°C or 6.5°C by the colony count method (Method 86)*. Bergen: NMKL.
19. Lawless, H. T., Popper, R. & Kroll, B. J. (2010). A comparison of the labeled affective magnitude (LAM) scale, an 11-point category scale and the traditional 9-point hedonic scale. *Food Quality and Preference*, 21(1), 4 - 12.
20. Benjakul, S., Veessanguan, W. & Leelapongwattana, K. (2002). Characteristics of muscle from two species of bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*. *Journal of Food Biochemistry*, 26(4), 307 - 326.
21. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265 - 275.
22. Alagarsamy, S., Chellappan, P., Jesuraj, M. T., Mohan, M. S. G. & Balakrishnan, R. (2018). Phytochemical analysis and antioxidant potential of the crude extract of *Allium oschaninii* scape. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 18, 309 - 316.
23. Hajiguliyeva, S., Yilmaz Sarialtin, S., Kurtul, E., Eryilmaz, M., Gürpınar, S. S., Yaylaci, B., Çoban, T., Bahadır Acikara, Ö. (2021). Evaluation of biological activities of onion from Turkey and determination of phytochemical contents. *Journal of Research in Pharmacy*, 25(5), 554 - 563.
24. Jaikhamwang, N., Juapprasop, T. & Boonprakob, N. (2023). Antibacterial and antioxidant activities of shallot (*Allium ascalonicum*) extract in Lablæe district, Uttaradit province. *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, 21(3), 649 - 660.
25. Kyung, K. H. (2012). Antimicrobial properties of *Allium* species. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 142 - 147.
26. Nemati, A., Hoseini, M. S., Zahra-Tazakori, Z. & Eftehad, G. H. (2018). Antibacterial effect of lyophilized powder of shallots (*Allium ascalonicum*) against nosocomial infections, Ardabil, Iran. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 16(Supplement), S8805.
27. Adeniyi, B. A. & Anyiam, F. M. (2004). *In vitro* anti - *Helicobacter pylori* potential of methanol extract of *Allium ascalonicum* Linn. (Liliaceae) leaf: Susceptibility and effect on urease activity. *Phytotherapy research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(5), 358 - 361.
28. Nguyễn Lê Anh Đào, Dương Thị Huỳnh Như, Huỳnh Thị Kim Duyên, Nguyễn Quốc Thịnh (2025). Sự biến đổi chất lượng của phi lê các nhóm màu thịt cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) trong quá trình bảo quản lạnh bằng nước đá. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 61(3), 201 - 216.
29. Estévez, M., Ventanas, S. & Cava, R. (2005). Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: Effect on color and texture deterioration. *Journal of Food science*, 70(7), c427 - c432.
30. Ganhão, R., Morcuende, D. & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat science*, 85(3), 402 - 409.
31. Maqsood, S., Benjakul, S. & Balange, A. K. (2012). Effect of tannic acid and kiam wood extract

- on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausages during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 130(2), 408 - 416.
32. Ajiboye, A. E., Kolawole, O. M., Oladosu, T. O., Adedayo, M. R. & Akintunde, J. K. (2011). Studies on the microorganisms associated with dried meat (*Tinko*) sold in Ilorin, Nigeria. *Afr J Microbiol Res*, 5, 4150 - 4154.
33. Nurullah, M., Kamal, M., Islam, M. N., Ahasan, C. T. & Thilsted, S. H. (2007). Shelf life of dried products from small indigenous fish species under various packing and storage conditions. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 11(2), 229 - 236.
34. Kolawole, O. M., Kayode, R. M. O. & Aina, J. (2010). The drying effect of varying light frequencies on the proximate and microbial composition of tomato. *Journal of Agricultural Science*, 2(2), 214 - 224.
35. Çoban, Ö. E. & Patir, B. (2013). Antimicrobial and antioxidant effects of clove oil on sliced smoked *Oncorhynchus mykiss*. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 8(1), 57 - 64.
36. Fakolade, P. O. & Omojola, A. B. (2008). Proximate composition, pH value and microbiological evaluation of 'Kundi' (dried meat) product from beef and camel meat. In *Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. Meat Science Laboratory, Animal Science Department, University of Ibadan. Nigeria. October*, 7 - 9.
37. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7049:2020. Thịt chế biến đã qua xử lý nhiệt.
38. Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: Sources, compounds, mechanisms of action and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10(4), 221 - 247.
39. Lestari, R. B., Permadi, E. & Harahap, R. P. (2020). Decrease quality during storage packaged beef sausage edible coating by durian seeds starch-chitosan with the addition of kesum leaf extract. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 478(1) 012036.
40. Luan, X., Feng, M. & Sun, J. (2021). Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage. *Food Research International*, 144, 110351.
41. Yasin, N. M. & Abou-Taleb, M. (2007). Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2(1), 01 - 09.
42. Bekhit, A. E. D. A., Giteru, S. G., Holman, B. W. & Hopkins, D. L. (2021). Total volatile basic nitrogen and trimethylamine in muscle foods: Potential formation pathways and effects on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3620 - 3666.
43. Zhang, Y. I. N., Zeng, Q. X., Zhu, Z. W. & Zhou, R. U. I. (2011). Effect of ultrasonic treatment on the gel strength of tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi. *Journal of Food process engineering*, 34(2), 533 - 548.
44. Zhang, Y., Zeng, Q. X. & Zhu, Z. W. (2011). Effect of ultrasonic treatment on the activities of endogenous transglutaminase and proteinases in tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi during gel formation. *Journal of Food process engineering*, 34(5), 1695 - 1713.
45. Yi, Z. & Xie, J. (2022). Assessment of spoilage potential and amino acids deamination & decarboxylation activities of *Shewanella putrefaciens* in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Lwt*, 156, 113016.
46. Olafsdottir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., ... & Nilsen, H. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food science & Technology*, 8(8), 258 - 265.
47. Benjakul, S., Visessanguan, W., Phongkanpai, V. & Tanaka, M. (2005). Antioxidative activity of caramelisation products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince. *Food chemistry*, 90(1 - 2), 231 - 239.

48. Zielinska, D., Wiczkowski, W. & Piskula, M. K. (2008). Determination of the relative contribution of quercetin and its glucosides to the antioxidant capacity of onion by cyclic voltammetry and spectrophotometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3524 - 3531.
49. Huss, H. H. (Ed.). (1995). Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries. FAO, Rome.
50. Semb, T. N. (2012). Analytical methods for determination of the oxidative status in oils. Master's thesis, Institutt for Bioteknologi.
51. Sallam, K., I. (2007). Effect of d-lactic acid bacteria on keeping quality and shelf life of refrigerated beef patties. *Journal of Food protection*, 70(12), 3100 - 3107.
52. Om-Hashem, M. H., El-Zalabani, S. M. & Shaltout, O. E. (2016). *Stability of anthocyanins extracted from red onion skin and its use as a natural colorant in yogurt. International Journal of ChemTech Research*, 9(5), 76 - 84.

EFFECT OF SHALLOT (*Allium ascalonicum*) EXTRACT ON THE QUALITY AND SHELF-LIFE OF DRIED STRIPED CATFISH (*Pangasianodon hypophthalmus*) SAUSAGE

Nguyen Thi Nhu Ha¹, Vo Trung Nguyen², Le Thi Minh Thuy¹

¹College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University

²Graduate student of Food technology K30, Can Tho University

Abstract

The study aimed to determine the antibacterial and antioxidant activities of shallot (*Allium ascalonicum*) extract using a 70% ethanol solution (1: 8 w/v) and to evaluate its effectiveness in cold storage ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) of dried striped catfish sausage (*Pangasianodon hypophthalmus*). Shallot extract exhibited antibacterial activity with an MIC of 3.13 mg/mL against *Edwardsiella ictaluri* and strong antioxidant activity with an IC_{50} of 0.22 mg/mL (ABTS^{•+}). The experiment was conducted on four groups of sausages supplemented with extract at different concentrations of 0 (control), 0.22, 1.68 and 3.13 g/kg, which were stored for 8 weeks. The results showed that the sausages supplemented with extract at a concentration of 1.68 g/kg achieved the highest sensory score (6.78). Adding 1.68 grams of shallot extract per kilogram could reduce the negative changes in the quality of dried striped catfish stored in cold temperatures for 8 weeks. This can be observed in the hardness (2666 g), moisture (45.1%), TCA-soluble peptide (6.23 μmol tyrosine/g), PV (2.04 mEq/kg), TBARS (0.99 mg MDA/kg) and total viable count ($4.97 \log_{10}$ CFU/g).

Keywords: Antimicrobial, antioxidant, cold storage, dried striped catfish sausage, shallot extract.

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 10/7/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/7/2025

Ngày duyệt đăng: 5/8/2025

THỂ LỆ VIẾT VÀ GỬI BÀI

1. Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường đăng tải các bài báo khoa học công bố các công trình nghiên cứu khoa học có nội dung khoa học mới, các bài tổng quan về ngành nông nghiệp và môi trường chưa gửi đăng ở bất kỳ loại hình báo chí nào.

2. Bài báo có thể viết bằng tiếng Việt (đăng trên Tạp chí bằng ngôn ngữ tiếng Việt) hoặc tiếng Anh (đăng trên Tạp chí bằng ngôn ngữ tiếng Anh), soạn thảo trên máy vi tính, các dòng cách nhau bằng 1,2 (Paragraph/Line spacing Multiple at 1,2), sử dụng font chữ Times New Roman, cỡ chữ 12, có độ dài không quá 10 trang giấy khổ A4 bao gồm cả tài liệu tham khảo.

3. Từ khóa được trình bày theo thứ tự alphabet, từ 3 - 5 từ. Từ khóa bằng tiếng Việt và tiếng Anh phải cùng nội dung, ý nghĩa của từ. Phần tóm tắt có độ dài không quá 350 từ viết liền, không xuống dòng, cỡ chữ 10, bao gồm: Nêu ngắn gọn về mục đích, phương pháp nghiên cứu, kết quả nghiên cứu chính. Bài báo viết bằng tiếng Việt phải có tóm tắt bằng cả tiếng Anh, tiếng Việt và không khác biệt về nội dung, ý nghĩa.

4. Bài báo phải được trình bày theo thứ tự sau: Tên bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh, (các) tác giả, tên cơ quan của (các) tác giả, tóm tắt, từ khóa, nội dung của bài báo, lời cảm ơn (nếu có), tài liệu tham khảo. Tác giả liên hệ phải được chỉ rõ cùng với địa chỉ cơ quan, Email, số điện thoại trên trang nhất của bản thảo. Tên riêng tiếng Việt phải có đủ dấu thanh kể cả các bài viết bằng tiếng Anh.

5. Tài liệu tham khảo được trình bày theo thứ tự trích dẫn và đánh số đặt trong ngoặc vuông theo thứ tự xuất hiện trong bài báo và trong danh mục tài liệu tham khảo.

+ Đối với các tài liệu là bài báo trong Tạp chí ghi đầy đủ theo thứ tự: Tên tác giả, năm xuất bản, tên bài báo, tên tạp chí, tập, số, trang.

+ Đối với các tài liệu là sách ghi đầy đủ theo thứ tự: Tên tác giả, năm xuất bản, tên sách, nhà xuất bản, nơi xuất bản.

Nếu bài viết bằng tiếng Anh, tài liệu tham khảo nào không phải bằng tiếng Anh thì phải dịch ra tiếng Anh và chú thích ngôn ngữ gốc trong ngoặc đơn.

6. Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường thực hiện quy trình gửi bài, quy trình phản biện online trên hệ thống phần mềm của Tạp chí và sử dụng cơ sở dữ liệu các số Tạp chí đã xuất bản, đề nghị các cộng tác viên, phản biện bài báo và bạn đọc truy cập vào website: <http://tapchikhoahoc.nnmt.net.vn> và thực hiện các thủ tục theo hướng dẫn.

7. Chi tiết xin liên hệ: Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường; Số 10 Nguyễn Công Hoan, Ba Đình, Hà Nội; Điện thoại: 024.37711070; 024.38345457; 024.37716634. Email: bbtnongnghiep@gmail.com.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every receipt, invoice, and bill should be properly filed and indexed for easy retrieval. This is particularly crucial for businesses that deal with a large volume of transactions, as it helps in identifying discrepancies and ensuring compliance with tax regulations.

In addition, the document highlights the need for regular audits. By conducting periodic reviews of financial records, businesses can detect errors or fraud early on, preventing potential losses. It also suggests implementing internal controls to minimize the risk of mismanagement and ensure that all financial activities are properly documented and approved.

Furthermore, the document provides guidance on how to handle complex financial situations, such as mergers, acquisitions, or the sale of a business. It stresses the importance of thorough due diligence and the involvement of professional advisors, such as accountants and lawyers, to ensure that all legal and financial obligations are met.

Finally, the document concludes by reiterating the significance of transparency and accountability in financial reporting. It encourages businesses to provide clear and concise information to stakeholders, including investors, creditors, and regulatory authorities, to build trust and maintain a strong reputation.