

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA B-CYCLODEXTRIN LÊN KHẢ NĂNG BẢO QUẢN CHUỐI CỦA MELATONIN

RO PHI ÁH¹ - PHAN THỊ NGỌC THƠ¹
- NGUYỄN DUY THIÊN LỘC¹ - TRẦN THỊ HỒNG CẨM^{1*}

¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

* Email: camtth@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 6/7/2026

Ngày sửa bài: 20/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 3/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của phức hợp melatonin (MLT)/ β -cyclodextrin (β -CD) đến chất lượng bảo quản chuối sau thu hoạch. Trong nghiên cứu này, phức MLT/ β -CD được tạo ra theo tỷ lệ mol 1:1 bằng phương pháp sấy thăng hoa. Chuối được chia thành 5 nghiệm thức xử lý bao gồm: MLT tự do, β -CD, phức MLT/ β -CD, hỗn hợp vật lý MLT/ β -CD và đối chứng (không xử lý). Mẫu được bảo quản trong 12 ngày ở nhiệt độ phòng và tiến hành đánh giá định kỳ 3 ngày/lần về các chỉ tiêu: màu sắc, tỷ lệ hao hụt khối lượng, chỉ số thâm đen (CI), hàm lượng chlorophyll và carotenoid. Kết quả cho thấy, phức MLT/ β -CD có khả năng giảm biến đổi màu sắc, hạn chế mất khối lượng, đồng thời duy trì hàm lượng chlorophyll và carotenoid tốt hơn so với mẫu đối chứng và mẫu xử lý bằng MLT tự do. Nghiên cứu khẳng định, tiềm năng ứng dụng của phức MLT/ β -CD trong bảo quản chuối sau thu hoạch theo hướng an toàn và thân thiện với môi trường.

Từ khóa: chuối, melatonin, β -cyclodextrin, phức bao, bảo quản sau thu hoạch

Effect of β -cyclodextrin on the efficacy of melatonin in postharvest banana preservation

Abstract:

This study evaluates the effect of a melatonin (MLT)/ β -cyclodextrin (β -CD) inclusion complex on the postharvest quality of bananas. The MLT/ β -CD complex was prepared at a 1:1 molar ratio by freeze-drying. Bananas were assigned to five treatments: free MLT, β -CD, MLT/ β -CD complex, physical MLT/ β -CD mixture, and untreated control, and stored for 12 days at room temperature. Color, weight loss, browning index, chlorophyll, and carotenoid contents were evaluated every three days. The MLT/ β -CD complex reduced color changes and weight loss while maintaining chlorophyll and carotenoid contents more effectively than the control and free-MLT treatments. The findings demonstrate the potential of β -CD encapsulation to improve melatonin stability and efficacy, supporting its application as a safe and environmentally friendly approach to postharvest banana preservation.

Keywords: banana, melatonin, β -cyclodextrin, inclusion complex, postharvest preservation

1. Đặt vấn đề

Chuối (*Musa spp.*) là cây trồng kinh tế quan trọng ở các nước nhiệt đới và cận nhiệt đới, có sản lượng đứng thứ tư thế giới sau lúa gạo, lúa mì và ngô (Goudappanavar, Murthy, & Naik, 2020). Đây là nguồn nông sản giàu dinh dưỡng và chứa nhiều hợp chất chống oxy hóa có lợi như vitamin C, vitamin E, β -carotene, dopamine và gallocatechin. Tuy nhiên, do cường độ hô hấp cao, chuối có thời gian bảo quản ngắn (Chen et al., 2022). Việc bảo quản lạnh thường dễ gây tổn thương nhiệt độ thấp (chilling injury), trong khi bảo quản ở nhiệt độ phòng lại thúc đẩy nhanh quá trình chín, khiến chất lượng quả suy giảm nhanh chóng.

Melatonin (MLT, N-acetyl-5-methoxytryptamine) là hợp chất indoleamine có mặt trong nhiều loại trái cây (Stürtz et al., 2011). Trong thực vật, MLT giúp điều hòa các quá trình sinh lý, tăng khả năng chống chịu stress và duy trì chất lượng sau thu hoạch (Fossum et al., 2023). Riêng trên cây chuối, MLT đã được chứng minh có khả năng tăng cường độ chịu lạnh và giảm hiện tượng nâu vỏ thông qua việc điều hòa sự biểu hiện của các gen MaPPO1, MaPPO2 và MaPPO3 (Wang et al., 2021). Mặc dù sở hữu tiềm năng lớn, MLT tự do lại có độ tan trong nước thấp, kém bền và dễ bị phân hủy dưới tác động của ánh sáng và nhiệt độ (Pranil, Moongngarm, & Loypimai, 2020), từ đó hạn chế đáng kể hiệu quả ứng dụng thực tế.

Để khắc phục các nhược điểm này, công nghệ vi bao được xem là giải pháp khả thi giúp tăng độ ổn định và cải thiện hiệu quả sử dụng của MLT. Trong đó β -cyclodextrin (β -CD) - một oligosaccharide mạch vòng có khả năng tạo phức đóng gói (inclusion complex) với các hợp chất kỵ nước được sử dụng phổ biến nhờ hiệu suất tạo phức cao và chi phí hợp lý. Dù việc vi bao MLT bằng β -cyclodextrin đã được xác nhận tính an toàn (Grygorova et al., 2019), những nghiên cứu đánh giá trực tiếp hiệu quả của phức hợp này trong bảo quản trái cây sau thu hoạch hiện vẫn còn rất hạn chế. Từ thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của phức hợp MLT/ β -CD đến chất lượng và khả năng kéo dài thời gian bảo quản chuối sau thu hoạch, hướng tới tạo ra giải pháp bảo quản an toàn và thân thiện với môi trường.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Chuối (*Musa spp.*) được mua tại Chợ Nông sản Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh. Các quả được chọn đồng đều về kích thước, màu sắc và cùng buồng; giữ cuống, loại bỏ quả khuyết tật và rửa sạch bụi bẩn trước khi thí nghiệm.

2.2. Tạo phức Melatonin và β -cyclodextrin

Phức MLT/ β -CD được điều chế theo phương pháp của Maeda, Ogawa và Nakayama với một số điều chỉnh. MLT và β -CD được hòa tan riêng, phối trộn theo tỷ lệ mol 1:1, khuấy 30 phút, sau đó đông lạnh ở -40°C và sấy thăng hoa. Hỗn hợp vật lý được chuẩn bị bằng cách phối trộn khô trực tiếp bột MLT và β -CD theo cùng tỷ lệ mol (Maede et al., 2014).

2.3. Xử lý chuối

Chuối được khử nấm bằng dung dịch NaClO 1% trong 5 phút, rửa sạch và để khô ở nhiệt độ phòng (Maede et al., 2014). Sau đó, các quả chuối được phân ngẫu nhiên thành 5 nhóm, mỗi nhóm chỉ được xử lý một lần bằng một dung dịch tương ứng, gồm: (i) đối chứng (nước cất), (ii) MLT (100 $\mu\text{mol/L}$), (iii) β -CD (100 $\mu\text{mol/L}$), (iv) phức bao MLT/ β -CD (1:1, mol/mol) và (v) hỗn hợp vật lý MLT/ β -CD (1:1, mol/mol). Theo thứ tự, các nhóm được ký hiệu là ĐC, MLT, β -CD, MLT/ β -CD và HHVL. Quá trình ngâm xử lý được tiến hành trong 30 phút. Sau khi ngâm, chuối được vớt ra để ráo nước, đóng gói trong các túi polyethylene

(PE) đục lỗ và bảo quản ở điều kiện nhiệt độ phòng (30°C) trong 12 ngày. Các mẫu được thu định kỳ 3 ngày/lần để phân tích và đánh giá các chỉ tiêu chất lượng (Charoenphun et al., 2024).

2.4. Xác định sự thay đổi màu sắc vỏ chuối

Màu sắc vỏ chuối được xác định bằng máy đo màu theo hệ màu CIE $L^*a^*b^*$. Đối với mỗi nghiệm thức, tiến hành đo tại phần giữa của 3 quả chuối và sử dụng giá trị trung bình để phân tích. Giá trị chênh lệch màu tổng thể (ΔE) được tính bằng cách so sánh giá trị màu của từng nghiệm thức tại mỗi thời điểm bảo quản với giá trị màu ban đầu của chính nghiệm thức đó ở ngày 0, nhằm phản ánh mức độ thay đổi màu sắc của vỏ chuối trong suốt quá trình bảo quản. Giá trị ΔE được tính theo công thức của Ramaswamy và Richards (Adi, Oduro, & Tortoe, 2019).

2.5. Xác định sự giảm khối lượng của quả chuối

Sự giảm khối lượng được xác định bằng cách tính toán sự chênh lệch khối lượng trước và sau các khoảng thời gian bảo quản (Kim et al., 2022).

2.6. Xác định chỉ số thâm đen (CI) trên bề mặt vỏ chuối

Chỉ số CI được xác định trên bề mặt chuối theo phương pháp của Charoenphun và cộng sự (Charoenphun et al., 2024), dựa trên mức độ thâm đen của vỏ quả. Thang điểm từ 1 đến 5 được sử dụng, trong đó điểm 1 tương ứng không hoặc rất ít thâm đen, còn điểm 5 tương ứng 75-100% diện tích bề mặt bị thâm đen.

2.7. Tổng hàm lượng chlorophyll và carotenoids

Chuối được tách vỏ, cắt lát dày 0,3-0,5 cm, sấy ở 50°C bằng máy sấy nhiệt độ thấp đến độ ẩm dưới 10%, nghiền thành bột và bảo quản trong túi PA zip ở -20°C. Để chuẩn bị dịch chiết, cân 0,5 g bột vỏ chuối được trích với 25 mL ethanol 70% trong 30 phút ở nhiệt độ phòng và tiếp tục chiết ở 55°C trong 30 phút trong bể ổn nhiệt, sau đó làm lạnh và ly tâm ở 5.000 vòng/phút trong 15 phút. Hút lấy dịch trong và định mức dịch chiết đến 50 mL bằng ethanol 70%. Dịch trích được đo OD ở bước sóng 480, 645, 663 nm với ethanol 70% làm mẫu trắng. Sau đó, hàm lượng 2 sắc tố được tính theo công thức của Arshad và cộng sự (2025) (Arshad & Haghshenas, 2025).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lên màu sắc của quả chuối

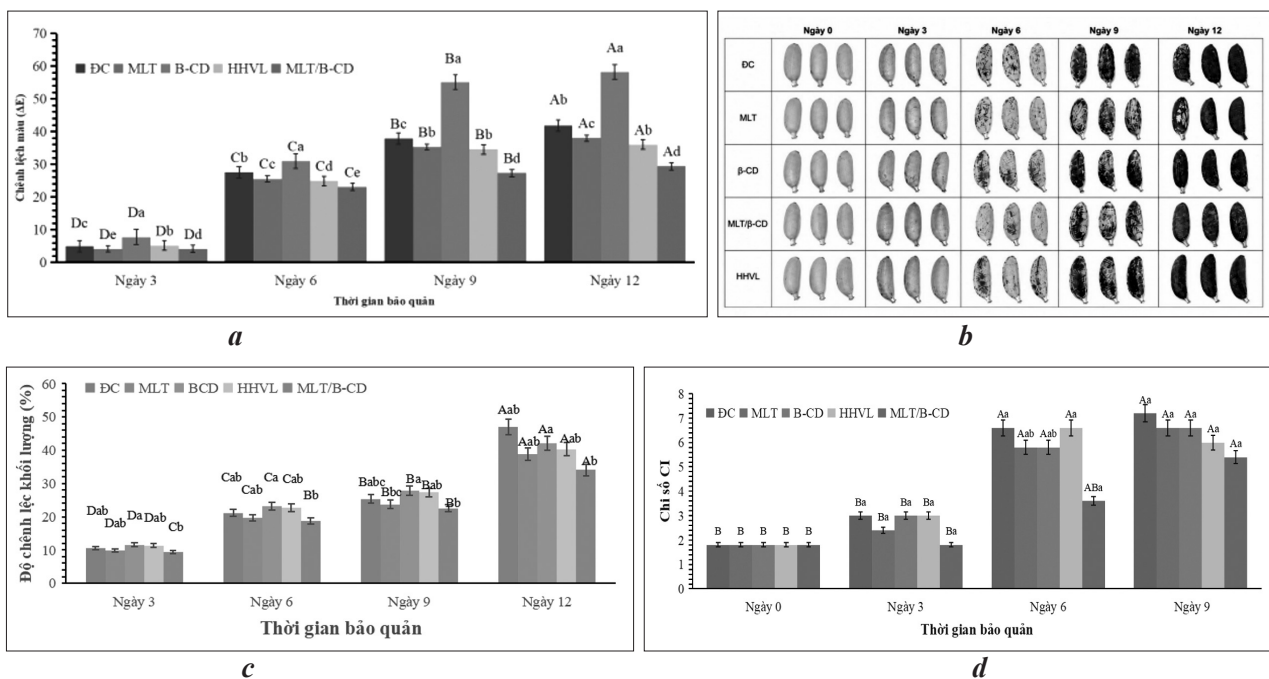
Độ chênh lệch màu sắc của các mẫu được thể hiện trong Hình 1a và Hình 1b. Kết quả cho thấy, giá trị ΔE của tất cả các mẫu tăng theo thời gian bảo quản, phản ánh sự thay đổi màu sắc trong quá trình chín. Từ ngày 6, ΔE tăng rõ rệt ở tất cả các nghiệm thức. Mẫu β -CD có ΔE cao nhất, trong khi MLT, MLT/ β -CD và HHVL có ΔE thấp hơn, đặc biệt MLT/ β -CD duy trì giá trị thấp và ổn định nhất. Kết quả cho thấy, MLT/ β -CD hạn chế biến đổi màu sắc và làm chậm quá trình hóa nâu của chuối hiệu quả hơn so với melatonin tự do. Hiệu quả này đạt được là do cấu trúc vi bao β -CD giúp bảo vệ MTL khỏi sự phân hủy của môi trường, đồng thời kiểm soát quá trình giải phóng. Nhờ đó, nồng độ MLT được duy trì giúp ức chế hoạt tính enzyme polyphenol oxidase (PPO) và cản trở sự hình thành sắc tố thâm nâu trên vỏ (Stürtz et al., 2011).

3.2. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lên khối lượng và chỉ số CI của quả chuối

Kết quả cho thấy sự hao hụt khối lượng (Hình 1c) tăng dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các nghiệm thức. Mẫu đối chứng có mức hao hụt cao nhất, trong khi nghiệm thức MLT và MLT/ β -CD cho hiệu quả giảm hao hụt tốt nhất; β -CD và HHVL cho hiệu quả thấp hơn. Ngoài ra, chỉ số CI của các mẫu cũng được thể hiện ở hình 1d. Kết quả này cho thấy chỉ số CI cũng tăng theo thời gian, phản ánh quá trình chín của

chuối. Nghiệm thức MLT có CI cao nhất, cho thấy quả chín nhanh hơn, trong khi nghiệm thức HHVL và MLT/ β -CD có CI thấp hơn, chứng tỏ khả năng làm chậm quá trình chuyển màu và chín của quả. Hiệu quả giảm hao hụt khối lượng và duy trì chỉ số CI thấp ở nghiệm thức MLT/ β -CD nhờ vào sự giải phóng kéo dài của melatonin từ hệ vi bao β -CD. Sự duy trì ổn định nồng độ MLT giúp giảm cường độ hô hấp và giảm ảnh hưởng từ các gốc tự do, từ đó ngăn ngừa quá trình peroxy hóa lipid màng tế bào. Vì vậy màng tế bào vỏ được bảo vệ, sự thoát hơi nước thụ động qua vỏ suy giảm đáng kể, đồng thời cản trở sự tiếp xúc giữa PPO và chất nền phenolic, giúp hạn chế tối đa sự hình thành sắc tố thâm nâu trên vỏ chuối (Arshad, Haghshenas, & Technology, 2025).

Hình 1. (a) Tổng độ chênh lệch màu (ΔE); (b) Hình ảnh các mẫu chuối; (c) Sự thay đổi khối lượng; (d) Chỉ số thâm đen (CI) của các nghiệm thức ĐC, MLT, β -CD, MLT/ β -CD và HHVL ở các thời gian khác nhau.

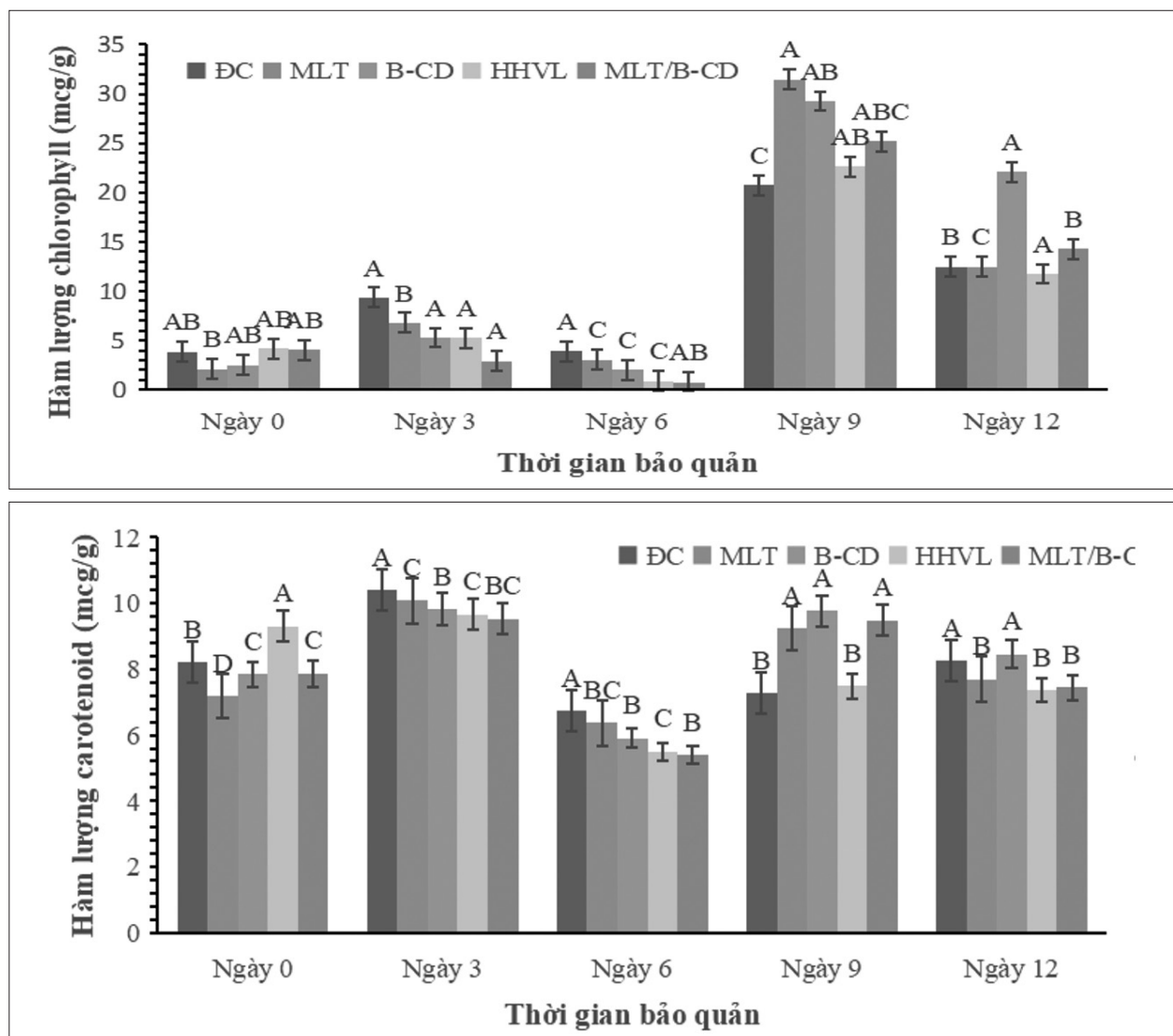


Các chữ cái khác nhau trên các cột tại cùng một thời điểm bảo quản biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$

3.3. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lên tổng hàm lượng của chlorophyll và carotenoid

Hàm lượng chlorophyll và carotenoids của các mẫu được thể hiện trong Hình 2a, 2b. Kết quả cho thấy hàm lượng chlorophyll và carotenoids thay đổi đáng kể theo thời gian bảo quản và nghiệm thức xử lý. Ở giai đoạn chín sinh lý từ ngày 0-3, quá trình phân hủy diệp lục làm bộc lộ các sắc tố carotenoid sẵn có (đạt đỉnh thực tế ở ngày 3). Mẫu ĐC biến đổi sắc tố nhanh nhất khi hàm lượng carotenoid đạt khoảng 10,4 [g/g, trong khi phức bao MLT/ β -CD giữ hàm lượng ở mức ổn định hơn hẳn, khoảng 2,9 [g/g ở chlorophyll và khoảng 9,5 [g/g ở carotenoid, cho thấy hiệu quả kìm hãm tiến trình chín sớm. Từ ngày 3-6, carotenoid giảm mạnh do bị tiêu tổn trong phản ứng với các gốc tự do (ROS) khi mô vỏ già hóa (Sinanoglou et al., 2023). Từ ngày 9 cùng xuất hiện đỉnh gia tăng ở cả 2 sắc tố nhưng không phản ánh sự tổng hợp sắc tố mới, mà là kết quả của hiện tượng nhiễu quang phổ do các polymer màu nâu là sản phẩm do enzyme PPO oxy hóa các hợp chất phenolic gây ra sự hấp thụ ký sinh (parasitic absorbance) tại bước sóng 645nm, 663nm (chlorophyll) và 480nm (carotenoid) khi vỏ quả bị thâm nâu nặng (Heaton et al., 2009). Từ ngày 9-12, các

Hình 2. (a) Hàm lượng chlorophyll và (b) Hàm lượng carotenoids. Các chữ cái khác nhau trên các cột tại cùng một thời điểm bảo quản biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$)



mẫu MLT, ®-CD và MLT/®-CD duy trì giá trị sắc tố biểu kiến cao hơn đáng kể so với ĐC và HHVL, góp phần khẳng định tác dụng của phức bao trong việc bảo vệ màng tế bào và hạn chế sự suy thoái vỏ quả.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu này, phức bao melatonin (MLT)/ β -cyclodextrin (β -CD) đã được tạo thành thành công bằng phương pháp sấy thăng hoa. Kết quả cho thấy, xử lý chuối bằng phức MLT/ β -CD giúp hạn chế sự biến đổi màu sắc, làm chậm quá trình chín và duy trì các sắc tố chlorophyll, carotenoids tốt hơn so với đối chứng và các nghiệm thức còn lại. Do đó, phức MLT/ β -CD có tiềm năng ứng dụng trong bảo quản chuối sau thu hoạch nhằm kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng quả ■

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này do Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng Nghiên cứu khoa học Số 78/HĐ-DCT ngày 17/01/2025.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Adi, D. D., Oduro, I. N., & Tortoe, C. (2019). Physicochemical changes in plantain during normal storage ripening. *Scientific African*, 6, e00164.
- Arshad, M., & Haghshenas, M. (2025). Melatonin and chitosan coating effects on banana postharvest life and physiological traits. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 12(1), 31-42.
- Charoenphun, N., et al. (2024). Influence of melatonin coating on physiochemical qualities and enzymatic activities in banana pericarp under cold storage. *Horticulturae*, 10(4), 364.
- Chen, B.K., et al. (2022). Using the response surface methodology to establish the optimal conditions for preserving bananas (*Musa acuminata*) in a pulsed electric field and to decrease browning induced by storage at a low temperature. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100804.
- Fossum, C. J., et al (2023). Insights into the mechanism of tryptophan fluorescence quenching due to synthetic crowding agents: a combined experimental and computational study. *ACS Omega*, 8(47), 44820-44830.
- Goudappanavar, B., Murthy, P. V., & Naik, D. J. (2020). Performance of Different Tissue Culture Raised Banana Varieties on Growth Parameters. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 3600-3610.
- Grygorova, G., et al. (2019). Inclusion complexes of melatonin and randomly methylated β -cyclodextrin: Spectroscopic study. *Functional Materials*, 21, 664-672.
- Heaton, J. W., & Marangoni, A. G. (1996). Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science & Technology*, 7(1), 8-15.
- Kim, J., et al (2022). Effect of edible coating with *Morus alba* root extract and carboxymethyl cellulose for enhancing the quality and preventing the browning of banana (*Musa acuminata* Cavendish) during storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100809.
- Maeda, H., Ogawa, Y., & Nakayama, H. (2014). Inclusion complexes of melatonin with modified cyclodextrins. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 78(1), 217-224.
- Pranil, T., Moongngarm, A., & Loypimai, P. J. H. (2020). Influence of pH, temperature, and light on the stability of melatonin in aqueous solutions and fruit juices. *Heliyon*, 6(3), e03648.
- Sinanoglou, V. J., et al. (2023). Quality assessment of banana ripening stages by combining analytical methods and image analysis. *Applied Sciences*, 13(6), 3533.
- Stürtz, M., et al. (2011). Determination of the melatonin content of different varieties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and strawberries (*Fragaria ananassa*). *Food Chemistry*, 127(3), 1329-1334.
- Wang, Z., et al. (2021). Melatonin enhanced chilling tolerance and alleviated peel browning of banana fruit under low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 179, 111571.
- Yang, X.T., et al. (2009). Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chemistry*, 114(2), 383-390.