

ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CỦA β -CYCLODEXTRIN TRONG VIỆC CẢI THIẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH NHIỆT CỦA CHIẾT XUẤT KHỔ QUA

NGUYỄN THỊ HỒNG THẮM¹ - TRẦN LÊ THANH VÂN¹ - TRƯƠNG THỊ THU TRINH¹
- PHẠM HUỖNH NHƯ NGỌC¹ - 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.com

Ngày nhận bài: 9/7/2026

Ngày sửa bài: 24/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 10/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu nhằm đánh giá vai trò của β -cyclodextrin (β -CD) trong việc cải thiện độ ổn định nhiệt của các hợp chất hoạt tính sinh học trong chiết xuất khổ qua (*Momordica charantia* L.). Chiết xuất được bổ sung 0 và 1,5% β -CD, sau đó xử lý ở 90°C, 121°C và 160°C. Các chỉ tiêu saponin, polyphenol, khả năng chống oxy hóa và khả năng ức chế enzyme α -amylase được xác định sau xử lý nhiệt. Kết quả cho thấy, hàm lượng saponin và khả năng ức chế enzyme α -amylase giảm khi nhiệt độ tăng, trong khi hàm lượng polyphenol và khả năng chống oxy hóa tăng ở 90°C và 121°C và ổn định ở 160°C. Mẫu bổ sung 1,5% β -CD luôn có hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học cao hơn so với mẫu đối chứng, đặc biệt ở điều kiện nhiệt độ cao. Kết quả này chứng minh β -cyclodextrin có tiềm năng nâng cao độ ổn định nhiệt và bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học trong chiết xuất khổ qua, góp phần mở rộng khả năng ứng dụng của chiết xuất trong các sản phẩm thực phẩm trải qua quá trình gia nhiệt.

Từ khóa: khổ qua, *Momordica charantia* L, β -cyclodextrin, độ ổn định nhiệt, hoạt tính sinh học

The role of β -cyclodextrin in improving the thermal stability of bitter melon extract

Abstract:

This study evaluates the role of β -cyclodextrin (β -CD) in improving the thermal stability of bioactive compounds in bitter melon (*Momordica charantia* L.) extract. Extracts containing 0 or 1.5% β -CD were treated at 90°C, 121°C, and 160°C. Saponin content, total polyphenols, antioxidant activity, and α -amylase inhibitory activity were determined after heating. Saponin content and α -amylase inhibition decreased as temperature increased, whereas polyphenol content and antioxidant activity increased at 90°C and 121°C and remained relatively stable at 160°C. Samples containing 1.5% β -CD consistently retained higher levels of bioactive compounds than controls, particularly at high temperatures. The findings demonstrate the potential of β -CD to improve the thermal stability of bitter melon extract and support its application in thermally processed foods.

Keywords: bitter melon, *Momordica charantia* L., β -cyclodextrin, thermal stability, bioactivity

1. Đặt vấn đề

Khổ qua (*Momordica charantia* L.) là loài thực vật được trồng phổ biến tại nhiều vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới trên thế giới (Çiçek et al., 2022). Ngoài giá trị dinh dưỡng, khổ qua còn giàu các hợp chất hoạt tính sinh học như saponin, polyphenol, flavonoid và alkaloid (Tan et al., 2014). Các hợp chất này có khả năng chống oxy hóa và hỗ trợ điều hòa chuyển hóa glucose, góp phần tạo nên giá trị chức năng của khổ qua (Klomann et al., 2010). Vì vậy, chiết xuất khổ qua đang được quan tâm như một nguồn nguyên liệu tiềm năng trong phát triển thực phẩm chức năng và thực phẩm tăng cường sức khỏe.

Tuy nhiên, các hợp chất hoạt tính trong chiết xuất khổ qua dễ bị biến đổi dưới tác động của nhiệt, làm suy giảm hoạt tính sinh học và hạn chế khả năng ứng dụng trong các sản phẩm có xử lý nhiệt. Do đó, việc nâng cao độ ổn định nhiệt của chiết xuất khổ qua là yêu cầu cần thiết nhằm bảo toàn giá trị chức năng của nguyên liệu.

β -Cyclodextrin (β -CD) là một oligosaccharide vòng có khả năng tạo phức bao hàm với nhiều hợp chất hoạt tính sinh học, qua đó góp phần bảo vệ chúng trước các tác nhân bất lợi và cải thiện độ ổn định trong quá trình chế biến (Jug and Bećirević-Laćan, 2025). Mặc dù β -CD đã được ứng dụng rộng rãi để bảo vệ các hợp chất hoạt tính trong nhiều hệ thực phẩm, các nghiên cứu về vai trò của β -CD trong việc cải thiện độ ổn định nhiệt của chiết xuất khổ qua vẫn còn hạn chế. Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá vai trò của β -cyclodextrin trong việc cải thiện độ ổn định nhiệt của chiết xuất khổ qua thông qua các chỉ tiêu saponin, polyphenol tổng số, khả năng chống oxy hóa và khả năng ức chế enzyme α -amylase. Kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ hiệu quả bảo vệ của β -CD đối với chiết xuất khổ qua và cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng nguyên liệu này trong các sản phẩm thực phẩm có xử lý nhiệt.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất

Hóa chất: Escin của hãng Sigma-Aldrich thuộc công ty TNHH KHKT Nguyên Phát; Folin- Ciocalteu của hãng Shanghai thuộc Hộ kinh doanh AMSLAB; 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl Free Ratio của hãng TCI thuộc Hộ kinh doanh AMSLAB; Enzyme α - amylase From Malt của hãng HIMEDIA; 3,5-Dinitrosalicylic acid, HI-AR của hãng HIMEDIA, β - cyclodextrin thuộc công ty Yunan Forever Bright Cyclodextrin Co.,Ltd, Gallic acid của hãng BIO BASIC.

2.2. Chuẩn bị chiết xuất mướp đắng

Khổ qua tươi được thu mua từ nông trại ở Tây Ninh, có chiều dài 2-10 cm, khối lượng 50-100 g/quả và màu xanh đậm. Sau đó khổ qua được mang đi thu nhận dịch chiết. Cụ thể, trái khổ qua tươi được rửa sạch, cắt lát dày 3-4 mm, sau đó sấy ở 40°C đến khi độ ẩm còn 6-7%. Khổ qua khô được nghiền thành bột, rây qua rây có kích thước lỗ 0,3 mm, đóng gói trong túi zip và bảo quản ở -20°C. Để thu nhận dịch chiết, bột khổ qua được chiết bằng ethanol 70% với tỷ lệ bột/dung môi là 1:30 (g/mL), lắc ở 60°C trong 1 giờ với tốc độ 200 rpm. Hỗn hợp sau đó được ly tâm ở 4500 rpm trong 10 phút để tách bã, phần dịch được cô quay chân không ở 50°C, tiếp tục ly tâm ở 4500 rpm trong 10 phút và thu lấy phần dịch trong làm dịch chiết khổ qua.

Đối với mẫu dịch chiết khổ qua có bổ sung β -cyclodextrin, dịch chiết được thu nhận theo quy trình tương tự mẫu đối chứng. Sau khi thu nhận, β -cyclodextrin được bổ sung vào dịch chiết với tỷ lệ 1,5% và khuấy bằng máy khuấy từ ở nhiệt độ phòng (28±2°C) trong 1 giờ với tốc độ 600 rpm để hòa tan hoàn toàn β -cyclodextrin.

2.3. Xử lý nhiệt

Các mẫu dịch chiết được xử lý dưới các điều kiện nhiệt độ khác nhau, bao gồm nhiệt độ, 90°C bằng

bể ổn nhiệt, 121°C bằng thiết bị hấp tiệt trùng và 160°C bằng lò nướng. Mẫu được xử lý ở nhiệt độ phòng được sử dụng làm mẫu đối chứng.

2.4. Mô tả thí nghiệm và phương pháp phân tích

2.4.1. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến độ bền nhiệt của saponin trong chiết xuất khô qua

Hàm lượng saponin được xác định theo phương pháp của Tan et al. (Tan et al., 2014). Cụ thể, 0,5 mL dịch chiết được trộn với 0,5 mL dung dịch vanillin 8%, lắc đều và ủ lạnh trong 10 phút. Tiếp theo, thêm 5 mL axit sulfuric 72%, lắc đều, ủ ở 60°C trong 15 phút, sau đó làm lạnh 10 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở 550 nm bằng máy quang phổ so với mẫu trắng thuốc thử. Escsin được sử dụng làm chuẩn và kết quả được biểu thị là escsin tương đương (AE) trên gam trọng lượng khô của chế phẩm khô qua được sử dụng trong quá trình chiết xuất (mg AE/g). Tổng hàm lượng saponin được tính bằng phương trình sau:

$$\text{TSC}\left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right) = C \times 10^{-3} \times K \times \frac{V}{W} = 10^{-3} \times \frac{A + b}{a} \times K \times \frac{V}{W}$$

2.4.2. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến khả năng ức chế enzyme α -amylase của chiết xuất khô qua đã được gia nhiệt ở các điều kiện khác nhau

Khả năng ức chế enzyme α -amylase của dịch chiết được xác định bằng phương pháp của Tran et al. (Trần Thị Hồng Cẩm et al., 2023). Trộn 0,5 mL dịch chiết với 0,75 mL dung dịch α -amylase (7,5 U/mL) trong đệm phosphat 0,02 M chứa 6 mM NaCl (pH 6,9), sau đó ủ ở 37°C trong 15 phút. Tiếp theo, bổ sung 0,5 mL dung dịch tinh bột 1% và tiếp tục ủ ở 37°C trong 10 phút. Phản ứng được kết thúc bằng cách thêm 0,2 mL thuốc thử DNS và các ống này được ủ trong nước sôi 15 phút, để nguội và đo độ hấp thụ ở bước sóng 540 nm. Một đơn vị hoạt tính của enzyme được định nghĩa là lượng enzyme cần thiết để giải phóng 1 mmol maltose khỏi tinh bột trong cùng điều kiện thí nghiệm. Khả năng ức chế enzyme α -amylase được xác định bằng công thức sau:

$$\text{Khả năng ức chế (\%)} = \frac{(Abs_{\text{đối chứng}} - Abs_{\text{blank đối chứng}}) - (Abs_{\text{mẫu}} - Abs_{\text{blank mẫu}})}{Abs_{\text{đối chứng}} - Abs_{\text{blank đối chứng}}} \times 100$$

2.4.3. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến độ bền nhiệt của polyphenol trong chiết xuất khô qua

Hàm lượng polyphenol được xác định theo phương pháp của Tan et al. (Tan et al., 2014). Cụ thể, trộn 0,5 mL dịch chiết và 1 mL thuốc thử folin-ciocalteu 10%, lắc đều và ủ ở nhiệt độ phòng trong 2 phút. Sau đó, thêm 4 mL dung dịch natri cacbonat 7,5% (w/v), phủ giấy bạc lên các ống nghiệm và ủ ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ. Độ hấp thụ của dung dịch được ghi lại ở bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ so với mẫu trắng thuốc thử. Kết quả được biểu thị bằng đương lượng axit gallic (GAE) trên gam bột (mg GAE/g). Hàm lượng polyphenol của chiết xuất được xác định theo công thức:

$$\text{TPC (mgGAE/gCK)} = \frac{C \times V}{m}$$

2.4.4. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến khả năng chống oxy hóa của chiết xuất khô qua đã được gia nhiệt ở các điều kiện khác nhau

Khả năng chống oxy hóa của chiết xuất được xác định bằng phương pháp của Deshaware et al. (Deshaware et al., 2018). Trộn 1,5 mL chiết xuất mẫu với 2,2 mL DPPH (120 μ M) và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng (30°C) trong 30 phút. Sau đó, độ hấp thụ được ghi lại ở 517 nm bằng máy quang phổ. Phương trình được sử dụng để tính toán hoạt tính DPPH. Khả năng chống oxy hóa của chiết xuất được xác định bằng công thức:

$$\% \text{ Hoạt tính DPPH (\%)} = \frac{Abs_{\text{đối chứng}} - (Abs_{\text{mẫu}} - Abs_{\text{blank mẫu}})}{Abs_{\text{đối chứng}}} \times 100$$

2.5. Xử lý số liệu

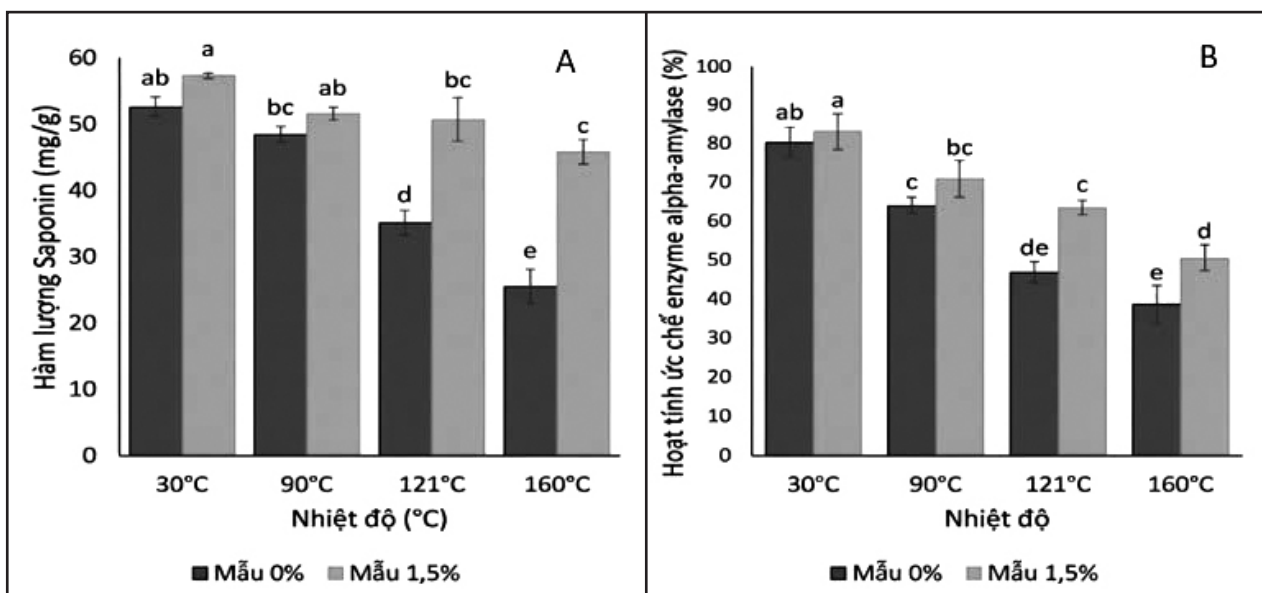
Trong nghiên cứu này, các chỉ tiêu được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) với giá trị xác suất $p < 0,05$ được sử dụng để thể hiện ý nghĩa thống kê.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến độ bền nhiệt của saponin trong chiết xuất khổ qua

Saponin là một trong những hợp chất hoạt tính sinh học quan trọng trong khổ qua (*Momordica charantia*), góp phần tạo nên giá trị chức năng và các lợi ích sức khỏe của nguyên liệu này. Trong nghiên cứu này, hàm lượng saponin được sử dụng để đánh giá khả năng duy trì các hợp chất hoạt tính sinh học của dịch chiết khổ qua dưới tác động của nhiệt độ. Hàm lượng saponin trong dịch chiết khổ qua ở các mức nhiệt độ được thể hiện ở Hình 1A. Kết quả cho thấy rằng khi nhiệt độ tăng từ 30°C đến 160°C, hàm lượng saponin có xu hướng giảm ở cả 2 nghiệm thức, cho thấy nhiệt độ cao làm giảm độ ổn định của saponin trong dịch chiết khổ qua. Tuy nhiên, mẫu bổ sung 1,5% β -CD luôn duy trì hàm lượng saponin cao hơn mẫu đối chứng tại các mức nhiệt 121°C và 160°C. Điều này cho thấy β -CD góp phần bảo vệ saponin, hạn chế sự suy giảm của hợp chất dưới tác động của nhiệt. Xu hướng giảm hàm lượng saponin khi nhiệt độ tăng cũng tương đồng với nghiên cứu của Liu et al., khi các tác giả ghi nhận một số momordicoside trong khổ qua bị suy giảm đáng kể sau xử lý ở nhiệt độ cao do biến đổi cấu trúc và phân hủy của saponin (Liu et al., 2020).

Hình 1. (A) Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ β -cyclodextrin đến hàm lượng saponin trong chiết xuất khổ qua, (B) Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ β -cyclodextrin đến khả năng ức chế enzyme α -amylase trong chiết xuất khổ qua. Với mỗi chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)



3.2. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến khả năng ức chế enzyme α -amylase của chiết xuất khổ qua đã được gia nhiệt ở các điều kiện khác nhau

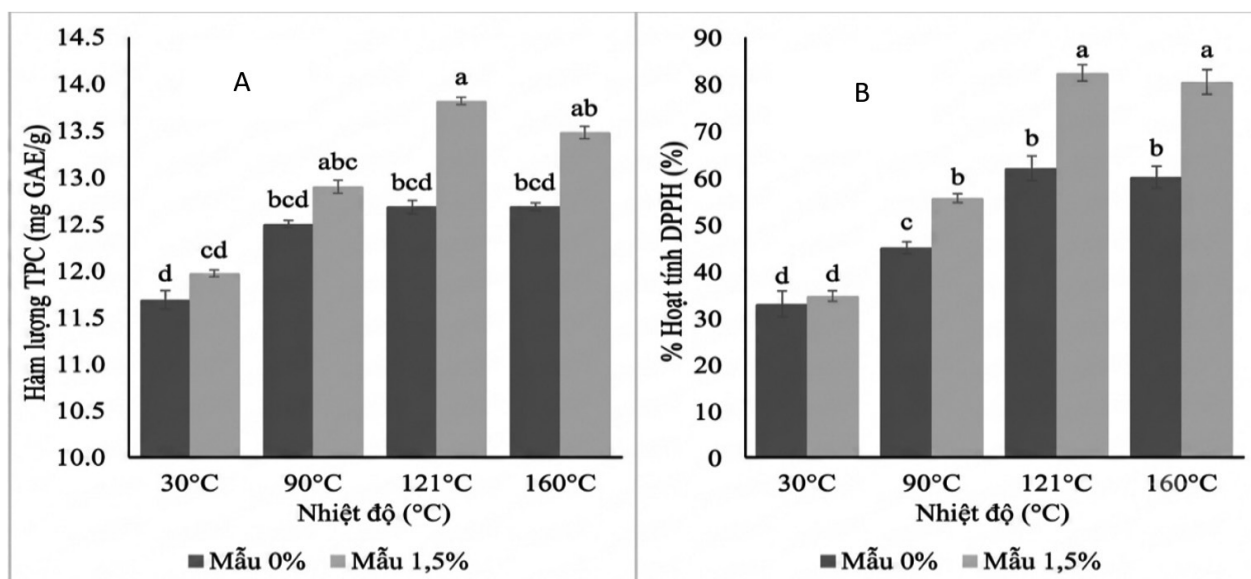
Khả năng ức chế enzyme α -amylase là một trong những chỉ tiêu sinh học quan trọng thường được sử dụng để đánh giá tiềm năng hỗ trợ kiểm soát đường huyết của thực phẩm. Enzyme α -amylase tham gia vào giai đoạn đầu của quá trình tiêu hóa carbohydrate bằng cách xúc tác thủy phân tinh bột thành các phân tử đường có kích thước nhỏ hơn, tạo điều kiện cho sự hình thành và hấp thu glucose vào máu.

Khả năng ức chế enzyme α -amylase của chiết xuất khổ qua ở các mức nhiệt độ được thể hiện ở Hình 1B. Kết quả cho thấy, hoạt tính ức chế enzyme α -amylase giảm dần khi nhiệt độ tăng ở cả 2 nghiệm thức. Tuy nhiên, mẫu bổ sung 1,5% β -CD luôn duy trì hoạt tính ức chế cao hơn mẫu đối chứng ở các mức nhiệt độ 121°C và 160°C. Điều này cho thấy, β -CD góp phần bảo vệ các hợp chất hoạt tính sinh học trong dịch chiết khổ qua, từ đó hạn chế sự suy giảm hoạt tính ức chế α -amylase dưới tác động của nhiệt. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Cordeiro et al. cho thấy các hợp chất hoạt tính sinh học có thể bị suy giảm dưới tác động của nhiệt độ cao (Cordeiro et al., 2002).

3.3. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến độ bền nhiệt của polyphenol trong chiết xuất khổ qua

Polyphenol là nhóm hợp chất hoạt tính sinh học quan trọng có trong khổ qua, bao gồm các acid phenolic và flavonoid. Nhờ khả năng trung hòa các gốc tự do và hạn chế quá trình oxy hóa, polyphenol đóng vai trò quan trọng trong hoạt tính chống oxy hóa, góp phần bảo vệ tế bào và hỗ trợ phòng ngừa nhiều bệnh mãn tính như đái tháo đường, bệnh tim mạch và ung thư. Hàm lượng polyphenol trong chiết xuất khổ qua được thể hiện ở Hình 2A. Kết quả ở cho thấy, tổng hàm lượng polyphenol (TPC) có xu hướng tăng khi nhiệt độ xử lý tăng từ 30°C đến 121°C và không thay đổi ở 160°C. Các mẫu bổ sung 1,5% β -CD luôn ghi nhận TPC cao hơn mẫu đối chứng tại cùng điều kiện nhiệt độ. Xu hướng TPC tăng khi gia nhiệt cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Ross et al. (Ross et al., 2022), khi xử lý nhiệt giúp giải phóng các hợp chất phenolic liên kết, làm tăng hàm lượng polyphenol thu hồi (Antony et al., 2022).

Hình 2. (A) Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ β -cyclodextrin đến hàm lượng polyphenol trong chiết xuất khổ qua, (B) Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ β -cyclodextrin đến khả năng chống oxy hóa trong chiết xuất khổ qua
Với mỗi chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)



3.4. Đánh giá sự ảnh hưởng của β -CD đến khả năng chống oxy hóa của chiết xuất khổ qua đã được gia nhiệt ở các điều kiện khác nhau

Khả năng chống oxy hóa là khả năng của các hợp chất sinh học trong việc trung hòa các gốc tự do, từ đó hạn chế các phản ứng oxy hóa gây bất lợi. Hoạt tính này góp phần bảo vệ chất lượng thực phẩm và hỗ trợ giảm stress oxy hóa trong cơ thể. Khả năng chống oxy hóa của chiết xuất khổ qua ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau được thể hiện ở Hình 2B. Kết quả cho thấy sự gia tăng tổng hàm lượng polyphenol theo nhiệt

độ góp phần làm tăng hoạt tính chống oxy hóa của dịch chiết khổ qua. Cụ thể, hoạt tính chống oxy hóa có xu hướng tăng từ 30°C đến 121°C và ổn định ở 160°C, đồng thời các mẫu bổ sung 1,5% β -CD luôn cao hơn mẫu đối chứng tại cùng một điều kiện nhiệt độ. Xu hướng này cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Chandrasekara and Shahidi, khi xử lý nhiệt làm tăng hoạt tính chống oxy hóa nhờ giải phóng các hợp chất phenolic và hình thành các sản phẩm phản ứng Maillard (Chandrasekara et al., 2011).

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, cơ chế tạo phức bao của β -cyclodextrin góp phần bảo vệ các hoạt chất trong chiết xuất khổ qua khỏi sự phân hủy do nhiệt độ cao, qua đó duy trì các đặc tính hóa lý và hoạt tính sinh học của dịch chiết. Việc bổ sung 1,5% β -cyclodextrin giúp hạn chế sự suy giảm các hợp chất hoạt tính dưới tác động bất lợi của nhiệt độ, cho thấy hiệu quả của β -cyclodextrin trong việc nâng cao độ ổn định nhiệt của chiết xuất khổ qua. Những kết quả này cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng β -cyclodextrin nhằm bảo vệ các hoạt chất sinh học của chiết xuất khổ qua trong quá trình gia nhiệt, đồng thời mở ra tiềm năng ứng dụng trong chế biến và phát triển các sản phẩm thực phẩm có yêu cầu xử lý nhiệt, góp phần duy trì giá trị chức năng và nâng cao chất lượng của sản phẩm ■

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 235/HĐ-DCT ngày 01/7/2025.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Antony, A., Farid, M. (2022). Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. *Applied Sciences*, 12(4), 2107.
- Chandrasekara, N., Shahidi, F. (2011). Effect of Roasting on Phenolic Content and Antioxidant Activities of Whole Cashew Nuts, Kernels, and Testa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 5006 - 5014.
- Control, and Safety Considerations. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 904643.
- Cordeiro, et al. (2002). Production and properties of alpha-amylase from thermophilic *Bacillus* sp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 33(1), 57 - 61.
- Deshaware, S., et al. (2018). Debittering of bitter gourd juice using β -cyclodextrin: Mechanism and effect on antidiabetic potential. *Food Chemistry*, 262, 78 - 85.
- Jug, M., et al. (2025). Exploring Cyclodextrin Complexes of Lipophilic Antioxidants: Benefits and Challenges in Nutraceutical Development. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(23), 11682.
- Klomann, S. D., et al. (2010). Antidiabetic effects of bitter gourd extracts in insulin-resistant db/db mice. *British Journal of Nutrition*, 104(11), 1613 - 1620.
- Liu, Y. -J., et al. (2020). The Effect of Thermal Processing on the Saponin Profiles of *Momordica charantia* L. *Journal of Food Quality*, 2020, 8862020.
- Tan, S. P., et al. (2014). Optimized Aqueous Extraction of Saponins from Bitter Melon for Production of a Saponin-Enriched Bitter Melon Powder. *Journal of Food Science*, 79(7), E1372 - E1381.
- Trần Thị Hồng Cẩm, et al. (2023). The effect of carboxymethyl cellulose and β -cyclodextrin as debittering agents on bitterness and physicochemical properties of bitter gourd extract. *Journal of Food Science and Technology*, 60(5), 1521 - 1529.