

# TỔNG QUAN VỀ SẢN XUẤT VÀ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CỦA ACID KOJIC TRONG CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM VÀ BẢO QUẢN NÔNG SẢN

**PHAN VĨNH HƯNG**

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

Email: hungpv@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/5/2026

Ngày sửa bài: 10/6/2026

Ngày duyệt đăng bài: 24/6/2026

## Tóm tắt:

*Acid Kojic (5-hydroxy-2-hydroxymethyl-4-pyrone) là chất chuyển hóa thứ cấp được tạo ra bởi nấm Aspergillus, đặc biệt là Aspergillus oryzae, thông qua quá trình lên men hiếu khí carbohydrate. Bài viết phân tích các đặc tính hóa lý, cơ chế sinh tổng hợp, phương pháp sản xuất và ứng dụng bảo quản thực phẩm của hợp chất này. Lên men chìm là phương pháp công nghiệp chủ đạo với năng suất đạt 110 g/L, trong khi lên men rắn là giải pháp bền vững tận dụng phế phẩm nông nghiệp. Acid Kojic ức chế hiệu quả enzyme Polyphenol Oxidase (PPO) thông qua cơ chế tạo phức với  $\text{Cu}^{2+}$ , ngăn chặn hiện tượng hóa nâu ở rau quả tươi và sắc tố đen ở thủy hải sản. Hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn bổ sung càng củng cố tiềm năng như một chất bảo quản sinh học đa chức năng. Nghiên cứu tiếp theo cần tập trung tối ưu hóa sản xuất quy mô lớn và hoàn thiện khung pháp lý ứng dụng trong thực phẩm.*

**Từ khóa:** acid Kojic, *Aspergillus oryzae*, lên men, ức chế PPO, hóa nâu enzyme, bảo quản sau thu hoạch.

## An overview of the production and potential applications of kojic acid in food technology and postharvest preservation

### Abstract:

*Kojic acid (5-hydroxy-2-hydroxymethyl-4-pyrone) is a secondary metabolite produced by fungi of the genus Aspergillus, particularly Aspergillus oryzae, through aerobic carbohydrate fermentation. This review examines its physicochemical properties, biosynthetic mechanisms, production methods, and applications in food and postharvest preservation. Submerged fermentation is the principal industrial method and can achieve yields of approximately 110 g/L, whereas solid-state fermentation offers a sustainable approach using agricultural by-products. Kojic acid effectively inhibits polyphenol oxidase by chelating  $\text{Cu}^{2+}$ , thereby reducing enzymatic browning in fresh produce and melanosis in seafood. Its additional antioxidant and antimicrobial activities further support its potential as a multifunctional biopreservative. Future research should focus on optimizing large-scale production, improving economic feasibility, and developing a clear regulatory framework for its safe application in food systems.*

**Keywords:** kojic acid, *Aspergillus oryzae*, fermentation, PPO inhibition, enzymatic browning, postharvest preservation.

## 1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh nền công nghiệp thực phẩm toàn cầu đang chuyển dịch mạnh mẽ sang các giải pháp xanh và bền vững, việc tìm kiếm các hợp chất có nguồn gốc sinh học để thay thế hóa chất tổng hợp trở thành một yêu cầu cấp thiết. Một trong những hợp chất đa năng, nhận được sự quan tâm lớn của các nhà khoa học trong thời gian gần đây là acid Kojic (5-hydroxy-2-hydroxymethyl-4-pyrone). Đây là một chất chuyển hóa thứ cấp có tính acid yếu, được sản xuất chủ yếu bởi các loài nấm mốc thuộc chi *Aspergillus*, đặc biệt là *Aspergillus oryzae* - dòng nấm mốc đóng vai trò chủ đạo trong công nghệ lên men truyền thống của các nước Đông Á.

Acid Kojic lần đầu tiên được Saito phân lập vào năm 1907 từ sợi nấm mốc phát triển trên gạo nấu chín (Koji). Kể từ đó, cấu trúc hóa học và các đặc tính sinh học của nó đã được nghiên cứu sâu rộng. Với cấu trúc đặc trưng chứa nhóm hydroxyl và carbonyl, acid Kojic có khả năng mạnh mẽ trong việc tạo phức chelate với các ion kim loại đa hóa trị, đặc biệt là đồng ( $\text{Cu}^{2+}$ ) và sắt ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Chính đặc tính này đã biến acid Kojic trở thành chất bảo quản thực phẩm thế hệ mới.

Nông sản sau thu hoạch và các sản phẩm thực phẩm chế biến (đặc biệt là thủy hải sản và rau quả) bị hư hỏng chủ yếu do 2 nguyên nhân chính: sự thâm nâu sinh hóa và sự xâm nhiễm của vi sinh vật. Hiện tượng thâm nâu do enzyme Polyphenol Oxidase gây ra không chỉ làm giảm giá trị cảm quan mà còn làm thay đổi hương vị và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Theo thống kê, tổn thất sau thu hoạch do thâm nâu và hư hỏng vi sinh vật có thể lên tới 25% - 40% tổng sản lượng tùy theo khu vực. Trong quá khứ, các hợp chất sulfite thường được sử dụng để ngăn chặn hiện tượng này. Tuy nhiên, những lo ngại về độc tính và khả năng gây dị ứng cho người tiêu dùng đã dẫn đến việc thắt chặt quy định sử dụng sulfite. Trong bối cảnh đó, acid Kojic nổi lên như một giải pháp thay thế an toàn, hiệu quả và có khả năng phân hủy sinh học cao.

Mặc dù tiềm năng của acid Kojic rất lớn, việc sản xuất ở quy mô công nghiệp với chi phí thấp và tối ưu hóa hiệu quả ứng dụng vẫn còn nhiều thách thức. Bài viết được thực hiện với mục tiêu cung cấp một cái nhìn toàn diện và hệ thống về:

- Các phương pháp lên men để sản xuất acid Kojic.
- Làm rõ cách thức acid Kojic tương tác với các hệ enzyme trong thực phẩm.
- Tổng hợp các kết quả nghiên cứu mới nhất về việc sử dụng acid Kojic trong bảo quản rau quả tươi, thủy sản và chế biến thực phẩm.

Thông qua việc tổng hợp và phân tích các số liệu thực nghiệm từ các nguồn tài liệu trong và ngoài nước, bài báo kỳ vọng sẽ là nguồn tham khảo hữu ích cho các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp trong việc ứng dụng hoạt chất sinh học này vào thực tế sản xuất.

## 2. Đặc điểm hóa lý và cơ chế sinh tổng hợp

### 2.1. Đặc điểm hóa lý của acid Kojic

Acid Kojic là một dẫn xuất của gamma-pyrone. Hiểu rõ các tính chất vật lý và hóa học của chất này là điều kiện tiên quyết để ứng dụng hiệu quả vào các hệ thống thực phẩm khác nhau.

- *Tính chất vật lý*: Ở điều kiện tiêu chuẩn, acid Kojic tồn tại dưới dạng tinh thể hình kim hoặc bột kết tinh màu trắng đến hơi vàng nhạt, có khả năng thăng hoa ở nhiệt độ cao trong điều kiện chân không mà không bị phân hủy.

- *Tính hòa tan*: Tan tốt trong nước (4,385g/100 ml ở 20°C), ethanol và ethyl acetate; tan ít trong ether và không tan trong benzene. Đặc tính này giúp acid Kojic dễ dàng được phối trộn vào các dung dịch rửa hoặc màng bao thực phẩm có dung môi là nước.

- *Tính acid và khả năng tạo phức*: Với  $pK_a = 7,7 - 7,9$ , acid Kojic thể hiện tính acid yếu. Nhóm 5-hydroxyl và nhóm 4-carbonyl trong cấu trúc phân tử tạo thành một hệ thống liên hợp cho phép “bẫy” các ion kim loại đa hóa trị để tạo thành phức chelate vòng 5 cạnh bền vững.

## 2.2. Cơ chế sinh tổng hợp

Quá trình sinh tổng hợp acid Kojic bởi các loại vi sinh vật *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*...

**Bảng 1. Một số vi sinh vật dùng để sản xuất acid Kojic**

| STT | Vi sinh vật                              | Khả năng sản xuất acid Kojic | Nguồn carbon                  | Điểm nổi bật                                                   |
|-----|------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1   | <i>Aspergillus oryzae</i>                | Rất cao                      | Glucose, sucrose, cellulose   | Chủng công nghiệp quan trọng nhất, an toàn, hiệu suất >100 g/L |
| 2   | <i>Aspergillus flavus</i>                | Cao                          | Glucose                       | Sinh tổng hợp mạnh nhưng có nguy cơ aflatoxin                  |
| 3   | <i>Aspergillus parasiticus</i>           | Cao                          | Carbohydrate                  | Sinh acid Kojic đồng thời với aflatoxin                        |
| 4   | <i>Aspergillus tamarii</i>               | Trung bình - cao             | Tinh bột thủy phân            | Có tiềm năng công nghiệp                                       |
| 5   | <i>Aspergillus terreus</i>               | Trung bình                   | Glucose                       | Dễ tối ưu hóa                                                  |
| 6   | <i>Aspergillus candidus</i>              | Trung bình                   | Sucrose                       | Sinh chất chuyển hóa trung gian đa dạng                        |
| 7   | <i>Aspergillus niger</i>                 | Trung bình                   | Chất thải nông nghiệp         | Được hỗ trợ trao đổi chất để tăng năng suất                    |
| 8   | <i>Penicillium citrinum</i>              | Trung bình                   | Glucose                       | Được khảo sát trong nghiên cứu sàng lọc                        |
| 9   | <i>Aureobasidium pullulans</i>           | Thấp                         | Carbohydrate                  | Tiềm năng nghiên cứu mới                                       |
| 10  | <i>Aspergillus flavus</i>                | Trung bình-cao               | Giá thể có nguồn gốc thực vật | Phân lập từ cây dược liệu; thích nghi môi trường khắc nghiệt   |
| 11  | Chủng đột biến <i>A. oryzae</i> MK107-39 | Rất cao                      | 100 g/L glucose               | Sản xuất >110 g/L trong thiết bị lên men                       |
| 12  | <i>A. oryzae</i> biến đổi genes          | Rất cao                      | Cellulose, glucose            | Có thể sản xuất trực tiếp từ cellulose                         |

*Nguồn: Tác giả tự tổng hợp*

Trong số các vi sinh vật nêu trên, *Aspergillus oryzae* được sử dụng để sản xuất acid Kojic phổ biến nhất trong công nghiệp, được công nhận là an toàn và hiệu suất lên men tốt.

Acid Kojic là một chất chuyển hóa thứ cấp chủ yếu được sản xuất bởi một số loại nấm sợi, đặc biệt là *Aspergillus oryzae*, *A. flavus* và *A. parasiticus*, trong quá trình lên men hiếu khí các chất nền giàu carbohydrate. Quá trình sinh tổng hợp acid Kojic có liên quan chặt chẽ với quá trình chuyển hóa carbon

trung tâm, đặc biệt là đường phân và con đường pentose phosphate (PPP). Glucose được coi là tiền chất hiệu quả nhất cho sản xuất acid Kojic vì cung cấp cả năng lượng và các chất chuyển hóa trung gian cần thiết cho sự hình thành chất chuyển hóa thứ cấp.

Quá trình sinh tổng hợp bắt đầu bằng việc hấp thụ glucose vào tế bào nấm, tại đây glucose được phosphoryl hóa thành glucose-6-phosphate (G6P). Sau đó, G6P đi vào 2 con đường trao đổi chất liên kết với nhau: đường phân và con đường pentose phosphate. Trong đường phân, các chất trung gian có nguồn gốc từ glucose được chuyển hóa thành pyruvate, tạo ra ATP và các chất khử cần thiết cho sự sinh trưởng và trao đổi chất của nấm. Trong khi đó, con đường pentose phosphate cung cấp NADPH và nhiều chất trung gian đường bị oxy hóa khác nhau được cho là tham gia vào quá trình sinh tổng hợp acid Kojic.

Quá trình sinh tổng hợp acid Kojic chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi các điều kiện môi trường và dinh dưỡng. Nồng độ glucose cao, độ pH khoảng 3-4, nguồn cung cấp oxy đầy đủ và sự thiếu hụt nitơ kích thích sự tích lũy acid Kojic. Trong những điều kiện này, quá trình trao đổi chất của nấm chuyển từ hình thành sinh khối sang sản xuất các chất chuyển hóa thứ cấp. Ngoài ra, oxy hòa tan đặc biệt quan trọng vì một số phản ứng oxy hóa liên quan đến sự hình thành acid Kojic phụ thuộc vào oxy.

Các nghiên cứu phân tử gần đây đã xác định được các gen cụ thể liên quan đến quá trình sinh tổng hợp acid Kojic trong nấm *Aspergillus oryzae*, bao gồm các gen kojA, kojR và kojT. Gen kojA mã hóa một enzyme oxy hóa khử tham gia vào con đường sinh tổng hợp, trong khi kojR hoạt động như một chất điều hòa phiên mã kiểm soát sự biểu hiện của con đường này. Protein vận chuyển được mã hóa bởi gen kojT được cho là tham gia vào quá trình tiết acid Kojic từ tế bào nấm. Những phát hiện này đã mở ra những cơ hội mới cho kỹ thuật chuyển hóa nhằm mục đích tăng cường năng suất acid Kojic thông qua việc biểu hiện và tối ưu hóa con đường sinh tổng hợp.

Nhìn chung, quá trình sinh tổng hợp acid Kojic là một quá trình chuyển hóa phức tạp tích hợp quá trình dị hóa carbohydrate, chuyển hóa oxy hóa và điều hòa chất chuyển hóa thứ cấp. Hiểu rõ các cơ chế sinh tổng hợp này là điều cần thiết để phát triển các chiến lược lên men hiệu quả và các hệ thống sản xuất công nghiệp bền vững.

### 3. Các phương pháp sản xuất acid Kojic

Việc sản xuất acid Kojic quy mô công nghiệp hiện nay chủ yếu dựa trên công nghệ lên men vi sinh vật. Tùy thuộc vào mục đích sử dụng và điều kiện kinh tế, có 3 phương pháp chính sau đây được áp dụng: Lên men chìm, lên men rắn và lên men bề mặt. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng biệt liên quan đến sự truyền oxy, sử dụng nguyên liệu, kiểm soát quy trình và khả năng mở rộng quy mô công nghiệp.

#### 3.1. Phương pháp lên men bề mặt

Đây là phương pháp cổ điển nhất, mô phỏng quá trình phát triển tự nhiên của nấm mốc trên các giá thể hoặc bề mặt dịch lỏng. Nấm mốc được cấy lên bề mặt khay chứa môi trường lỏng hoặc giá thể rắn (thường là cám gạo, bã đậu nành hoặc bã mía). Quá trình lên men diễn ra trong các buồng có kiểm soát độ ẩm và nhiệt độ. Độ dày lớp môi trường 2 - 3 cm (để đảm bảo oxy khuếch tán), thời gian lên men 10 - 20 ngày.

#### 3.2. Phương pháp lên men chìm

Hiện là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất để sản xuất acid Kojic trong công nghiệp. Trong quy trình này, các loại nấm sợi như *Aspergillus oryzae* được nuôi cấy trong môi trường dinh dưỡng lỏng trong điều kiện môi trường được kiểm soát. Các nguồn carbon bao gồm glucose, sucrose, mật đường và thủy phân tinh bột thường được sử dụng để hỗ trợ sự phát triển của nấm và sản xuất chất chuyển hóa. Vi sinh vật lơ lửng trong môi trường lỏng với sự khuấy trộn và sục khí liên tục. Những điều kiện này tạo điều kiện

thuận lợi cho sự phân bố chất dinh dưỡng đồng đều và sự truyền oxy hiệu quả, cả 2 đều cần thiết cho quá trình sinh tổng hợp acid Kojic hiệu quả. Vì có nhiều phản ứng oxy hóa tham gia vào con đường trao đổi chất hình thành acid Kojic, nồng độ oxy hòa tan ảnh hưởng đáng kể đến sự tích lũy sản phẩm.

### 3.3. Phương pháp lên men trạng thái rắn

Là phương pháp lên men trong đó vi sinh vật phát triển trên vật liệu rắn ẩm với rất ít hoặc không có nước tự do. Kỹ thuật này đặc biệt phù hợp với các loại nấm sợi như *Aspergillus oryzae*, *A. tamarii* và *A. terreus*, những loại nấm này phát triển tự nhiên trên bề mặt rắn. Các nguyên liệu như cám gạo, cám lúa mì, bã sắn, bã mía, vỏ trái cây và các vật liệu lignocellulose khác đóng vai trò vừa là giá đỡ vật lý vừa là nguồn dinh dưỡng cho sự phát triển của nấm. Trong quá trình lên men, nấm xâm nhập và sản xuất acid Kojic dưới điều kiện nhiệt độ, độ ẩm và sục khí được kiểm soát. Quá trình này thường diễn ra trong điều kiện hiếu khí ở nhiệt độ khoảng 28-32°C và độ pH hơi acid.

**Bảng 2. So sánh hiệu suất sản xuất acid Kojic theo phương pháp lên men**

| Phương pháp lên men    | Vi sinh vật sử dụng                                                                    | Điều kiện lên men                                                                                                           | Hiệu suất acid Kojic | Ưu điểm                                                                                                                       | Nhược điểm                                                                               |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lên men chìm           | <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. niger</i> | Môi trường lỏng; pH 3,0-4,0; 28-30 °C; sục khí và khuấy liên tục; glucose/sucrose làm nguồn cacbon.                         | 50-110 g/l           | Kiểm soát quá trình dễ dàng; truyền oxy hiệu quả; thích hợp cho việc mở rộng quy mô công nghiệp; khả năng tái tạo cao.        | Tiêu thụ năng lượng cao; hình thành bọt; phát sinh nước thải lớn; chi phí hoạt động cao. |
| Lên men trạng thái rắn | <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>A. terreus</i>                      | Môi trường rắn, ẩm với ít nước tự do; 28-32 °C; bã công nghiệp, nông nghiệp như cám gạo, cám lúa mì, chất thải sắn, bã mía. | 20-45 g/kg           | Nguyên liệu giá rẻ; yêu cầu nước thấp; thân thiện với môi trường; thích hợp cho việc giảm chất thải công nghiệp, nông nghiệp. | Khó theo dõi, kiểm soát; tích tụ nhiệt; phân bố oxy không đồng nhất; Khó mở rộng quy mô. |
| Lên men bề mặt         | <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>A. flavus</i>                                      | Môi trường lỏng tĩnh tiếp xúc với không khí; môi trường giàu glucose; 28-30°C.                                              | 40-70 g/l            | Thiết bị đơn giản; yêu cầu năng lượng cơ học thấp.                                                                            | Năng suất thấp; nguy cơ ô nhiễm; khả năng mở rộng kém; Thời gian lên men dài.            |

Nguồn: Tác giả tự tổng hợp

Trong các công nghệ lên men, lên men chìm vẫn là phương pháp công nghiệp chủ đạo để sản xuất acid Kojic do năng suất cao, độ tin cậy vận hành và khả năng mở rộng quy mô. Tuy nhiên, gần đây, ngày càng có nhiều nghiên cứu hướng đến lên men rắn và các hệ thống dựa trên chất thải nông nghiệp vì tính bền vững và giảm thiểu tác động môi trường.

### 3.3. Các kỹ thuật cải tiến và công nghệ mới

Nhằm giảm giá thành sản xuất, nhiều nghiên cứu mới tập trung vào các hướng sau:

- Đột biến và chọn giống: Sử dụng kỹ thuật chỉnh sửa gene để tạo ra các chủng *A. oryzae* siêu sản sinh, có khả năng chịu được nồng độ acid Kojic cao trong môi trường.

- Sử dụng phế phụ phẩm: Thay thế Glucose tinh khiết bằng rỉ mật đường, dịch thủy phân tinh bột sắn, hoặc bã thải từ ngành sản xuất bia nhằm giảm tới 40% chi phí nguyên liệu.

- Bất động hóa tế bào: Giam giữ bào tử hoặc sợi nấm trong các hạt Alginate hoặc bột Polyurethane. Kỹ thuật này cho phép tái sử dụng sinh khối nhiều lần và đơn giản hóa khâu lọc tách.

### 3.4. Quy trình thu hồi và tinh sạch

Sau khi lên men, hỗn hợp dịch chứa acid Kojic, sinh khối nấm và các tạp chất khác. Quy trình thu hồi thường gồm các bước:

- Tách sinh khối: Sử dụng máy lọc ép khung bản hoặc ly tâm liên tục.
- Khử màu: Dịch lọc được xử lý bằng than hoạt tính để loại bỏ các sắc tố do nấm tiết ra.
- Cô đặc: Bay hơi chân không ở nhiệt độ thấp ( $< 50^{\circ}\text{C}$ ) để tăng nồng độ acid Kojic lên mức bão hòa.
- Kết tinh: Làm lạnh dịch cô đặc để acid Kojic kết tinh.
- Tái kết tinh: Sử dụng dung môi ethanol hoặc acetone để đạt độ tinh khiết trên 99%.

## 4. Một số nghiên cứu ứng dụng của acid kojic trong bảo quản nông sản và chế biến thực phẩm

Acid Kojic được coi là một trong những chất ức chế enzyme Polyphenol Oxidase (PPO) tự nhiên hiệu quả nhất. Dưới đây là một số nghiên cứu ứng dụng cụ thể đã được thực nghiệm và chứng minh.

### 4.1. Nghiên cứu ứng dụng acid Kojic trong bảo quản rau quả tươi và trái cây cắt lát

Sự thâm nâu sau thu hoạch là rào cản lớn nhất đối với việc xuất khẩu trái cây. Acid Kojic không chỉ ức chế màu thâm mà còn giúp duy trì độ cứng và hàm lượng vitamin. Acid Kojic ức chế quá trình hóa nâu thực phẩm chủ yếu bằng cách ức chế hoạt động của polyphenol oxidase (PPO), còn được gọi là tyrosinase (enzyme chính gây ra quá trình hóa nâu do enzym trong trái cây, rau quả và hải sản). Trong quá trình cắt, gọt vỏ hoặc va đập cơ học, các hợp chất phenolic trong mô thực vật tiếp xúc với oxy và PPO, dẫn đến quá trình oxy hóa các phenolic thành quinone.

Các quinone này sau đó polymer hóa để tạo thành các sắc tố nâu sẫm được gọi là melanin. Hoạt tính chống hóa nâu của acid Kojic chủ yếu là do khả năng tạo phức kim loại mạnh mẽ của nó. Acid Kojic liên kết với các ion  $\text{Cu}^{2+}$  nằm trong vị trí hoạt động của PPO, do đó làm giảm hoạt động của enzym và ngăn ngừa quá trình oxy hóa các chất nền phenolic. Kết quả là, sự hình thành quinone và sản xuất melanin bị ức chế đáng kể. Ngoài việc ức chế PPO, acid Kojic còn thể hiện đặc tính chống oxy hóa bằng cách loại bỏ các gốc oxy hoạt tính và giảm các phản ứng oxy hóa trong hệ thống thực phẩm. Tác động kết hợp này giúp duy trì màu sắc tự nhiên, chất lượng cảm quan và thời hạn sử dụng của thực phẩm tươi, thực phẩm chế biến.

**Bảng 3. Tác dụng chống nâu của acid Kojic với trái cây và rau quả trong một số nghiên cứu**

| STT | Loại quả          | Nồng độ acid Kojic | Điều kiện xử lý | Cơ chế chính                             | Hiệu quả chống hóa nâu      | Kéo dài thời gian sử dụng |
|-----|-------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1   | Táo cắt lát       | 0.05-1.0%          | Ngâm            | Ức chế PPO và chelation $\text{Cu}^{2+}$ | Giảm chỉ số hóa nâu đáng kể | 3-7 ngày                  |
| 2   | Khoai tây cắt lát | 0.05-0.5%          | Nhúng           | Ức chế Tyrosinase                        | Giảm đổi màu                | 2-5 ngày                  |

|    |                |           |                           |                                |                   |          |
|----|----------------|-----------|---------------------------|--------------------------------|-------------------|----------|
| 3  | Chuối          | 0.1-0.3%  | Phun lên bề mặt           | Giảm hình thành quinone        | Chạm thâm đen     | 2-4 ngày |
| 4  | Quả bơ         | 0.05-0.2% | Nhúng hoặc phun           | Ức chế PPO                     | Giảm nâu bề mặt   | 2-3 ngày |
| 5  | Lê cắt lát     | 0.05-0.2% | Nhúng                     | Chelation + chất chống oxy hóa | Giảm đổi màu      | 3-5 ngày |
| 6  | Đào cắt lát    | 0.1-0.5%  | Kết hợp với acid ascorbic | Ức chế PPO                     | Giảm đổi màu      | 3 ngày   |
| 7  | Cà tím cắt lát | 0.1-0.3%  | Ngâm                      | Ức chế PPO                     | Giảm đổi màu      | 2-3 ngày |
| 8  | Khoai lang     | 0.05-0.2% | Nhúng                     | Ức chế Tyrosinase              | Giảm đổi màu      | 2-5 ngày |
| 9  | Củ sen cắt lát | 0.1-0.5%  | Ngâm                      | Ức chế hình thành melanin      | Giảm hóa nâu mạnh | 4-5 ngày |
| 10 | Xoài cắt lát   | 0.05-0.2% | Phun lên bề mặt           | Chống oxy hóa và ức chế PPO    | Duy trì màu vàng  | 3-4 ngày |

*Nguồn: Tác giả tự tổng hợp*

Acid Kojic đã thể hiện hoạt tính chống oxy hóa đáng kể trong nhiều loại trái cây và rau quả, đặc biệt là sản phẩm cắt lát. Hiệu quả của nó chủ yếu liên quan đến cơ chế ức chế tyrosinase và tạo phức đồng, giúp ngăn chặn các phản ứng oxy hóa do enzyme gây ra. Các nghiên cứu gần đây ngày càng tập trung vào việc kết hợp acid Kojic với lớp phủ ăn được và chất chống oxy hóa tự nhiên để tăng cường hơn nữa thời hạn sử dụng và chất lượng cảm quan.

#### **4.2. Nghiên cứu ứng dụng acid Kojic trong bảo quản thủy hải sản**

Nhiễm sắc tố đen trong hải sản chủ yếu do các phản ứng oxy hóa enzyme được xúc tác bởi polyphenol oxidase (PPO), còn được gọi là phenoloxidase hoặc tyrosinase. Sau khi thu hoạch, tổn thương mô và căng thẳng kích hoạt các enzyme PPO nội sinh có sẵn trong vỏ và mô của động vật giáp xác. Khi có mặt oxy, PPO xúc tác quá trình oxy hóa các hợp chất phenolic thành quinone, sau đó polymer hóa thành sắc tố melanin sẫm màu gây ra sự hình thành các đốm đen. Hiện tượng hình thành đốm đen làm giảm giá trị cảm quan, giá trị thị trường của các sản phẩm thủy hải sản.

Acid Kojic ức chế quá trình này chủ yếu thông qua cơ chế ức chế mạnh PPO và cơ chế tạo phức đồng. Vị trí hoạt động của PPO chứa các ion đồng ( $\text{Cu}^{2+}$ ), rất cần thiết cho hoạt động xúc tác của enzyme. Acid Kojic có khả năng tạo phức mạnh với các ion  $\text{Cu}^{2+}$ , do đó liên kết với vị trí hoạt động của PPO và làm giảm chức năng xúc tác của nó. Kết quả là quá trình oxy hóa các chất nền phenolic thành quinone bị ức chế đáng kể, dẫn đến giảm sự hình thành melanin và ngăn ngừa sự phát triển của các đốm đen. Ngoài việc ức chế enzyme, acid Kojic còn thể hiện hoạt tính chống oxy hóa góp phần kiểm soát hiện tượng nhiễm sắc tố melanin. Bằng cách loại bỏ các gốc oxy hoạt tính và giảm các phản ứng oxy hóa. Hoạt

động kép này càng làm tăng hiệu quả của nó như một chất chống nâu và chống nhiễm sắc tố melanin.

Một ưu điểm quan trọng khác của acid Kojic là tiềm năng thay thế hoặc giảm việc sử dụng các chất bảo quản gốc sulfite thường được sử dụng trong bảo quản tôm. Các hợp chất sunfite như sodium metabisulfite có tác dụng ức chế chứng tăng sắc tố da nhưng có thể gây ra phản ứng dị ứng và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe ở những người nhạy cảm. Do đó, ngày càng có nhiều sự chú ý hướng đến các giải pháp thay thế an toàn hơn và tự nhiên hơn như acid Kojic.

Một số nghiên cứu đã chứng minh acid Kojic có hiệu quả trong việc làm chậm quá trình hình thành sắc tố đen ở: tôm, tôm sú, tôm hùm, cua.

**Bảng 4. Tác dụng chống nâu của acid Kojic trong một số nghiên cứu**

| Sản phẩm thủy sản  | Nguyên nhân chính của sự hình thành sắc tố đen     | Phương pháp sử dụng acid Kojic      | Nồng độ   | Tác dụng bảo quản chính                     | Cơ chế                                     |
|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Tôm                | Qua trung gian PPO                                 | Núng                                | 0.05-0.5% | Chậm hình thành đốm đen                     | Tạo phức $\text{Cu}^{2+}$ và ức chế PPO    |
| Tôm thẻ chân trắng | Quá trình oxy hóa enzyme của phenolis              | Phun bề mặt                         | 0.1-0.3%  | Giảm sự đổi màu và kéo dài thời hạn sử dụng | Chống oxy hóa và ức chế phenoloxidase      |
| Tôm sú             | Kích hoạt phenoloxidase sau khi thu hoạch          | Núng bằng dung dịch chống oxy hóa   | 0.05-0.2% | Giảm tích lũy melanin                       | Ức chế PPO và giảm oxy hóa                 |
| Tôm nước ngọt      | Enzyme oxy hóa màu nâu                             | Kết hợp với chất bảo quản thực phẩm | 0.1-0.5%  | Chậm làm sẫm màu vỏ                         | Hiệu quả chống nâu giải phóng có kiểm soát |
| Cua                | Phản ứng oxy hóa polyphenol                        | Phun bề mặt                         | 0.1-0.3%  | Ngăn ngừa vỏ đen                            | Tạo phức $\text{Cu}^{2+}$                  |
| Tôm hùm            | Sự hình thành melanin qua trung gian Phenoloxidase | Ngâm                                | 0.05-0.2% | Duy trì chất lượng màu vỏ                   | Ức chế sự hình thành quinone               |

*Nguồn: Tác giả tự tổng hợp*

Nhìn chung, acid Kojic là một chất chống nhiễm sắc tố tự nhiên đầy triển vọng trong bảo quản hải sản nhờ hoạt tính ức chế phenoloxidase mạnh, khả năng tạo phức với đồng và đặc tính chống oxy hóa.

## 5. Kết luận

Acid Kojic là một chất chuyển hóa thứ cấp quý giá của nấm, có tiềm năng đáng kể trong công nghệ

thực phẩm. Những tiến bộ trong quá trình lên men vi sinh, đặc biệt là sử dụng các loài *Aspergillus*, đã cho phép sản xuất acid Kojic hiệu quả từ nhiều nguồn carbon khác nhau, bao gồm cả các chất thải nông nghiệp và công nghiệp giá rẻ. Nhờ đặc tính tạo phức kim loại mạnh, chống oxy hóa và ức chế polyphenol oxidase, acid Kojic đã chứng minh hiệu quả đáng kể trong việc ngăn ngừa hiện tượng hóa nâu do enzyme ở trái cây và rau quả tươi và ức chế hiện tượng nhiễm sắc tố đen ở các sản phẩm hải sản. Ngoài ra, hoạt tính kháng khuẩn đối với một số vi khuẩn Gram dương và nấm gây hư hỏng càng làm tăng thêm tiềm năng như một chất bảo quản thực phẩm đa chức năng.

Những phát triển gần đây như các loại bao bì hoạt tính và các công thức phối hợp với các chất bảo quản tự nhiên khác đã mở rộng phạm vi ứng dụng của acid Kojic trong bảo quản thực phẩm. Tuy nhiên, cần nghiên cứu thêm để tối ưu hóa sản xuất quy mô công nghiệp, cải thiện độ ổn định, làm rõ các khía cạnh an toàn và thiết lập các hướng dẫn quy định cho các ứng dụng trong thực phẩm. Nhìn chung, acid Kojic là một hợp chất hoạt tính sinh học tự nhiên đầy triển vọng, có thể đóng góp vào các chiến lược bảo quản thực phẩm bền vững và phát triển các sản phẩm thực phẩm trong tương lai.

Để đưa acid Kojic trở nên phổ biến hơn nữa trong thực tế sản xuất tại Việt Nam, các hướng nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào: Nghiên cứu sử dụng bã mía, rỉ mật đường hoặc vỏ trái cây làm cơ chất lên men để giảm giá thành sản xuất acid Kojic xuống mức cạnh tranh hơn. Ứng dụng các hạt nano hoặc màng bao thông minh để bảo vệ acid Kojic khỏi bị oxy hóa bởi ánh sáng, giúp kéo dài thời gian hoạt động của nó trên bề mặt nông sản. Nghiên cứu sự kết hợp giữa acid Kojic và các hợp chất tự nhiên khác (như tinh dầu, polyphenol từ trà) để tạo ra các chế phẩm bảo quản đa năng, vừa chống thâm nâu vừa kháng khuẩn phổ rộng■

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- Bentley R. (2006). From miso, sake and shoyu to cosmetics: a century of science for Kojic acid. *Mycologist*, 20(4), 134-142.
- Yamada O. et al. (2014). Genome-wide analysis of genes involved in Kojic acid biosynthesis in *Aspergillus oryzae*. *Microbial Cell Factories*, 13, 71.
- Futamura T. et al. (2001). Identification of genes involved in Kojic acid biosynthesis. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 91, 272-276.
- Rosfarizan M., Ariff A.B., Hassan M.A., Karim M.I.A. (2000). Influence of medium composition on Kojic acid production by *Aspergillus flavus*. *Biochemical Engineering Journal*, 5(1), 37-42.
- Ariff A.B., Rosfarizan M., Herng L.S., Madiah M.S., Karim M.I.A. (1997). Kinetics and modelling of Kojic acid production by *Aspergillus flavus*. *Food Biotechnology*, 11(2), 79-92.
- Nirmal N.P., Benjakul S. (2011). Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment during iced storage. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 779-786.
- Shahidi F., Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity in food and biological systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7), 930-948.
- Burdock G.A., Soni M.G., Carabin I.G., & Burdock G.A. (2001). Evaluation of health aspects of Kojic acid in food. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 33(1), 80-101.
- Mohamad R., Ariff A.B., Rosfarizan M., & Hassan M.A. (2010). Optimization of Kojic acid production by *Aspergillus*

flavus using response surface methodology. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(9), 1303-1309.

Rosfarizan M., Ariff A.B., Hassan M.A., Karim M.I.A., & Kadir J. (1998). Kojic acid production by *Aspergillus flavus* using glucose syrup as a carbon source. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20, 237-240.

Gomaa E.Z. (2014). Production of Kojic acid by *Aspergillus oryzae* under different fermentation conditions. *Mycobiology*, 42(2), 171-178.

Sakurai Y., et al. (1995). Inhibitory effects of Kojic acid on polyphenol oxidase and enzymatic browning in foods. *Journal of Food Science*, 60(3), 620-624.

Chen J.S., Wei C.I., Rolle R.S., & Otwell W.S. (1991). Inhibitory effect of Kojic acid on shrimp melanosis and polyphenol oxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(8), 1396-1401.

Nirmal N.P. & Benjakul S. (2009). Melanosis and quality changes of Pacific white shrimp during iced storage: Prevention by natural inhibitors. *Food Chemistry*, 116(1), 323-331.

Kim H. et al. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of Kojic acid and its applications in food preservation. *Food Control*, 25(2), 715-720.

Li X., et al. (2021). Development of active packaging films containing Kojic acid for food preservation applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100657.

Yuan G., Chen X., Wang Y., & Zhao Y. (2022). Recent advances in Kojic acid-based edible coatings and active packaging systems for postharvest preservation. *Food Bioscience*, 47, 101650.