

Nghiên cứu sự biến đổi thành phần hóa học của bột hạt mít (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) lên men trong các quá trình sản xuất ở quy mô pilot

Văn Chí Khang^{1*}, Lê Thị Tuyết Lan², Nguyễn Trịnh Thị Như Hằng¹, Nguyễn Phú Thương Nhân²

¹Viện Ứng dụng Công nghệ và Phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM

vckhang@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá sự biến đổi thành phần hóa học (polyphenol, flavonoid, vitamin C, hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH và ABTS) qua các quá trình lên men, sấy, rang và xay. Mẫu bột thành phẩm có hàm lượng polyphenol, hoạt tính kháng oxy hóa bằng phương pháp DPPH, ABTS, hàm lượng flavonoid và vitamin C lần lượt là 116,66 mg GAE/100 g, 47,54 mg AAE/100 g, 55,99 mg AAE/100 g, 5,89 mg QE/100 g, 9,78 mg/100 g. Qua các giai đoạn sản xuất, các thành phần hóa học được đánh giá mối quan hệ với nhau.

© 2024 Journal of Science and Technology - NTTU

Nhận 26/08/2024
Được duyệt 03/11/2024
Công bố 28/12/2024

Từ khóa

Artocarpus heterophyllus Lam, bột hạt mít, pilot, lên men, thành phần hóa học

1 Giới thiệu

Cây mít (*Artocarpus heterophyllus*) là cây ăn quả phổ biến ở tất cả các vùng sinh thái của Việt Nam, chủ yếu ở khu vực phía Nam. Năm 2018, cả nước có 26 174 ha mít, sản lượng 307 534 tấn. Trong đó vùng Đồng bằng sông Cửu Long có diện tích lớn nhất với 10 105 ha; diện tích thu hoạch 6 396 ha, chiếm 38,6 % tổng diện tích và 37,1 % sản lượng cả nước năm 2018 [1]. Thời gian gần đây, diện tích trồng mít ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long tăng đến vài chục nghìn ha, nhiều nhất là các tỉnh: Tiền Giang, Vĩnh Long, Long An, Hậu Giang, Bến Tre,... Riêng khu vực miền Đông Nam Bộ, nhất là Bình Phước, Bình Dương, diện tích trồng mít cũng tăng đáng kể. Tổng diện tích trồng mít cả nước trong 2 năm 2017-2018 là 5 790 ha. Nếu năm 2017 diện tích trồng mít khoảng 1 654 ha thì sang năm 2018 là 4 134 ha, gấp 2,5 lần năm trước. Theo thống kê đến năm 2018, Tiền Giang là tỉnh trồng mít nhiều nhất vùng

Đồng bằng sông Cửu Long, tập trung nhiều ở huyện Cái Bè, Cai Lậy, Châu Thành,...

Các bộ phận của cây mít và trái mít hầu như đều có giá trị sử dụng. Hạt mít (HM) chiếm khoảng 10 % đến 15 % tổng khối lượng của trái mít, ngoài ra trong HM chứa một hàm lượng khá lớn tinh bột và protein, chất xơ [2]. Tuy nhiên, HM lại là bộ phận dễ bị bỏ đi nhất, dù có giá trị dinh dưỡng cao nhưng bị cho là phế phẩm nông nghiệp và thường làm cây giống. Nhưng nhu cầu cây giống đang có dấu hiệu suy giảm và các công trình nghiên cứu dành cho HM chưa được thực hiện nhiều tại Việt Nam [3].

Việc nghiên cứu về sự biến đổi thành phần hóa học của bột hạt mít (BHM) lên men ở quy mô pilot, là một trong các chuỗi nghiên cứu giúp HM được ứng dụng rộng rãi hơn, giảm lượng HM bị bỏ đi, giảm ô nhiễm môi trường, nâng cao giá trị thương phẩm của cây mít, tạo thêm việc làm nếu quy trình sản xuất được áp dụng vào quy mô công nghiệp.

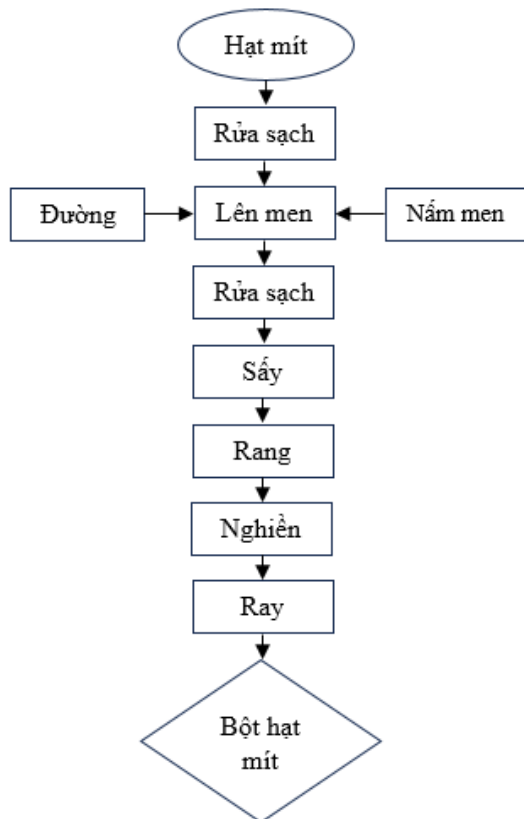
2 Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu sản xuất BHM lên men được mua tại chợ Thủ Đức, đường Kha Vạn Cân, phường Linh Tây, thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh. HM mua về được bảo quản trong túi PA ở $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ cho đến khi thực hiện phân tích.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương pháp sản xuất bột HM lên men



Hình 1 Sơ đồ quy trình sản xuất BHM lên men

HM tươi sau khi được vận chuyển từ điểm thu mua về được sơ chế bằng cách lột vỏ lụa, rửa sạch bằng nước để ráo trong rổ nhựa. Sau khi để ráo, HM được lau khô bằng khăn sạch. Lấy HM tươi cho vào bình thủy tinh đã lót sẵn lá chuối ở đáy. Bổ sung 15 % lượng đường và 0,5 % nồng độ nấm men xen kẽ với HM để các nguyên liệu được hòa trộn đồng đều hơn. Lót thêm một lớp lá chuối và đậy kín bình để quá trình lên men kị khí diễn ra. Sau 3 ngày, mở nắp bình và lấy lớp lá chuối ở trên ra ngoài để quá trình lên men hiếu khí được diễn ra (trong thời gian lên men hiếu khí dùng màng che miệng bình để tránh côn trùng vào bên trong). Sau 5

ngày lên men hiếu khí, quá trình lên men kết thúc. HM đã lên men được đem ra rửa sạch để ráo nước rồi đem sấy đối lưu ở $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 24 giờ. Sau khi sấy, HM được loại bỏ phần vỏ trắng rồi tiếp tục sấy đối lưu ở $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 24 giờ. Kết thúc quá trình sấy, đem HM đi rang ở thời gian 45 phút và nhiệt độ $170\text{ }^{\circ}\text{C}$. HM sau khi rang được đem xay bằng máy xay hạt khô trong 1 phút thu được BHM lên men. Cho sản phẩm qua rây bằng dụng cụ inox có đường kính 30 cm, kích thước lỗ rây là 0,05 mm để thu được bột mịn, phần bột mịn sẽ được đóng gói trong túi zip kín.

2.2.2 Phương pháp khảo sát ảnh hưởng của sự biến đổi thành phần hóa học của HM trong quá trình sản xuất theo quy mô 1 kg và 30 kg

Mục đích của nghiên cứu này là so sánh sự biến đổi thành phần hóa học của HM sau quá trình lên men ở quy mô 1 kg và 30 kg. Quy trình thực hiện bao gồm lên men, sấy, rang, xay HM theo phương pháp đã trình bày tại Mục 2.2.1, với mẫu đối chứng là HM không lên men và thí nghiệm lặp lại 3 lần. Các yếu tố cố định bao gồm nồng độ đường (15 %), nồng độ nấm men (0,5 %), và thời gian lên men (8 ngày), trong khi yếu tố thay đổi là quy mô (1 kg và 30 kg). Các chỉ tiêu theo dõi gồm độ axit tổng (TA %), pH, hàm lượng polyphenol (mg GAE/g), hoạt tính kháng oxy hóa DPPH và ABTS (mg AAE/100 g DM), flavonoid (mg QE/100 g DM), và vitamin C (mg/100 g).

2.2.3 Phân tích mối liên hệ chất lượng BHM theo từng quá trình trong quy trình chế biến

Mối liên hệ của thành phần hóa học của BHM trong từng giai đoạn của quy trình chế biến (lên men, sấy, rang, xay).

2.3 Phương pháp phân tích

2.3.1 Độ ẩm

Cho $(0,5 \pm 0,05)$ g mẫu bột vào đĩa cân của máy sấy ẩm (hiệu Ohaus) ở $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Đóng nắp cân lại, ghi nhận kết quả sau thời gian sấy ẩm.

2.3.2 pH

Cân 5 g mẫu bột, thêm vào 50 mL nước khuấy đều sau đó đưa đầu đo của máy đo pH vào dung dịch tiến hành đo pH (hiệu Hanna). Ghi lại số liệu hiển thị trên màn hình máy đo pH sau khi đo xong.

2.3.3 TA: hàm lượng acid tổng (TA) được xác định dựa trên phương pháp dùng dung dịch NaOH 0,1 N để trung

hòa hết acid hữu cơ có trong mẫu thử bằng phương pháp chuẩn độ hóa học (burette). Chất chỉ thị thường dùng là phenolphthalein theo TCVN 4589-88.

2.3.4 Hoạt độ nước

Hoạt độ nước là chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng bột trong quá trình bảo quản. Trải đều lượng mẫu lên bề mặt cốc chứa mẫu. Đặt cốc chứa mẫu vào máy đo hoạt độ nước Novasine. Sau một khoảng thời gian, đọc và ghi nhận kết quả hiển thị trên màn hình của máy.

2.3.5 Màu sắc bột

Màu sắc của sản phẩm quyết định đến chất lượng và cảm quan của sản phẩm. Giá trị của màu sắc được đo thông qua máy đo màu quét Chroma (kiểu NR60CP). Kết quả được hiển thị dưới dạng số thông qua L^* (độ sáng dao động từ 0 đến 100), giá trị a^* (từ xanh lục đến đỏ) và b^* (từ xanh dương sang vàng), C (sắc độ), và h (màu sắc).

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

2.3.6 Phương pháp hàm lượng polyphenol

Tiến hành pha loãng dung dịch với nồng độ phù hợp bằng ethanol (dịch thu được ở phần chiết mẫu). Sau đó, hút 0,1 mL dung dịch mẫu đã pha loãng vào ống nghiệm. Thêm vào 0,5 mL dung dịch Folin-Ciocalteu 10 % và đồng nhất bằng máy Vortex, để dung dịch phản ứng trong 5 phút. Tiếp tục thêm 0,4 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5 % và lắc đều. Để dung dịch ở nhiệt độ phòng trong bóng tối 1 giờ. Sau đó, đo độ hấp thụ quang học ở bước sóng 765 nm trên máy quang phổ UV-Vis. Gallic acid được dùng làm chất chuẩn. Hàm lượng polyphenol được biểu diễn theo miligam đương lượng acid gallic trong 1 g dịch chiết (mg GAE/g dịch chiết).

$$A = \text{TPC (mg GAE/g DM)} = \left(\frac{C_x \cdot h \cdot V}{1000} \right) / \left(\frac{m \cdot (100 - a)}{100} \right)$$

Trong đó:

C_x : nồng độ TPC trong mẫu đo xác định từ đường chuẩn ($\mu\text{g/mL}$)

h : hệ số pha loãng giữa tỉ lệ hút từ dịch mẫu gốc và dung môi (mL)

V : thể tích dịch mẫu gốc (mL)

a : độ ẩm (%)

m : khối lượng mẫu (g)

2.3.7 Phương pháp phân tích hàm lượng flavonoid

Tiến hành pha loãng dung dịch với nồng độ phù hợp bằng ethanol. Sau đó, hút 0,5 mL dung dịch mẫu đã pha loãng vào ống nghiệm. Thêm vào ống nghiệm đã chứa mẫu trên 4,3 mL ethanol, 0,1 mL AlCl_3 10 % và 0,1 mL NaOH 1 M. Đợi 30 phút, đo ở bước sóng 510 nm. Hàm lượng flavonoid được xác định dựa trên phương trình đường chuẩn quercetin.

2.3.8 Phương pháp phân tích hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH

Cách tiến hành: phương pháp khử gốc tự do DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) pha loãng mẫu đến khoảng nồng độ phù hợp, hút 0,5 mL mẫu đã pha loãng vào ống nghiệm. Mẫu đối chứng thay ethanol (99,5 %). Sau đó, hút thêm vào ống nghiệm 1,5 mL dung dịch DPPH ($\text{OD}_{517 \text{ nm}} = 1,1 \pm 0,02$) vào ống nghiệm và để trong bóng tối trong 30 phút. Đo độ hấp thụ quang học ở 517 nm trên máy quang phổ UV-Vis. Vitamin C (acid ascorbic) được sử dụng làm chất chuẩn để so sánh. Đối với đo điểm: tiến hành pha loãng nồng độ mẫu bằng ethanol. Hút 0,5 mL dịch mẫu đã pha loãng vào các ống nghiệm nhỏ đã chuẩn bị trước. Sau đó, hút 1,5 mL dung dịch DPPH ($1,1 \pm 0,02$) đã hiệu chỉnh, ủ tối 30 phút rồi tiến hành đo quang UV-Vis ở bước sóng 517 nm với mẫu blank là ethanol và ghi nhận kết quả.

2.3.9 Phương pháp phân tích hoạt tính kháng oxy hóa bằng ABTS⁺

Cách tiến hành: dung dịch gốc tự do ABTS^+ được chuẩn bị bằng cách cho 10 mL dung dịch ABTS^+ nồng độ 7,4 mM vào 10 mL dung dịch $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ nồng độ 2,6 mM rồi ủ trong bóng tối trong 24 giờ, sau đó pha loãng bằng ethanol rồi điều chỉnh độ hấp thụ của dung dịch ở bước sóng 734 nm đến $1,1 \pm 0,02$. Pha loãng mẫu đến khoảng nồng độ phù hợp, hút 0,5 mL mẫu đã pha loãng vào ống nghiệm. Mẫu đối chứng thay ethanol (99,5 %). Sau đó, hút thêm vào ống nghiệm 1,5 mL dung dịch ABTS^+ ($\text{OD}_{517 \text{ nm}} = 1,1 \pm 0,02$) vào ống nghiệm và để trong bóng tối trong 30 phút. Đo độ hấp thụ quang học ở 734 nm trên máy quang phổ UV-Vis. Vitamin C (acid ascorbic) được sử dụng làm chất chuẩn để so sánh. Tiến hành pha loãng nồng độ mẫu bằng ethanol. Hút 0,5 mL dịch mẫu đã pha loãng vào các ống nghiệm nhỏ đã chuẩn bị trước. Sau đó, hút 1,5 mL dung dịch ABTS^+

đã hiệu chỉnh, ủ tối 30 phút rồi tiến hành đo quang UV-Vis ở bước sóng 734 nm với mẫu blank là nước cất và ghi nhận kết quả.

2.3.10 Phương pháp phân tích hình ảnh cấu trúc sản phẩm (SEM)

Mẫu được phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét (S4800, Hitachi, Japan) điện áp gia tốc 10 kV ở độ phóng đại 500× và 2000×. Mẫu 30 kg được đem đi phân tích SEM tại R&D Center, Saigon High Tech Park ở Quận 9, TP.HCM.

2.3.11 Phương pháp xử lý số liệu

2.3.11 Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần, được tính toán và xử lý bằng phần mềm Statgraphics. Phân tích thống kê ANOVA và trắc nghiệm LSD được sử dụng để so sánh ảnh hưởng của các yếu tố. Độ tin cậy 95 % được áp dụng cho tất cả các phép thống kê.

3 Kết quả nghiên cứu

3.1 Sự biến đổi thành phần hóa học của HM trong quá trình sản xuất theo quy mô

3.1.1 Quá trình lên men

Bảng 1 cho thấy thể hiện giá trị pH và TA sau quá trình lên men ở hai quy mô 1 kg và 30 kg. Giá trị pH của HM có xu hướng giảm, còn TA có xu hướng tăng lên sau quá trình lên men. Giá trị pH ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng và lên men của nấm men. Hầu hết các chủng *S. cerevisiae* phát triển ở giá trị pH từ 2,50 đến 8,50, nhưng chúng là sinh vật ưa axit và phát triển tốt hơn trong điều kiện axit [4]. Còn TA là một yếu tố dự báo tốt hơn độ pH về mức độ ảnh hưởng của axit hữu cơ trong thực phẩm đến hương vị. Số liệu phân tích ở Bảng 1 cho thấy giá trị pH tỷ lệ nghịch với TA. Giá trị pH sau quá trình lên men dao động từ 4,29 đến 4,34 thấp hơn so với mẫu đối chứng, giá trị TA dao động từ 2,07 % đến 2,13 % cao hơn với mẫu đối chứng. Trong quá trình lên men, ngoài sinh ra ethanol còn tạo ra các axit hữu cơ (như acetic, axit và axit succinic), những axit này có thể là nguyên nhân dẫn tới việc giảm pH [5]. Sự khác biệt này có thể là do với số lượng mẫu ủ nhiều quá trình chuyển hóa đường glucoza thành rượu etylic và CO₂ cần nhiều thời gian hơn. Bên cạnh đó, lượng nhiệt sinh ra trong quá trình lên men cũng ảnh hưởng đến pH của HM.

Bảng 2 mô tả thành phần hóa học của HM sau quá trình lên men. Nhìn chung, thành phần hóa học của HM có xu hướng giảm sau quá trình lên men. Hàm lượng polyphenol của HM sau lên men dao động từ (274,26-286,70) mg GAE/100 g DM thấp hơn mẫu đối chứng (325,20 mg GAE/100 g DM). Xu hướng trên tương đồng với nghiên cứu của Camu và cộng sự (2008) về hạt cacao: trong quá trình lên men, hàm lượng polyphenol của hạt cacao giảm từ 16,11 % xuống 6,57 % [6]. Kết quả phân tích ở Bảng 2 cho thấy hoạt tính kháng oxy hóa bằng phương pháp DPPH của HM sau lên men dao động (100,64-102,56) mg AAE/100 g DM và hoạt tính kháng oxy hóa bằng phương pháp ABTS⁺ là khoảng (118,87-124,20) mg AAE/100 g DM. Kết quả phân tích hoạt tính kháng oxy hóa bằng phương pháp DPPH thấp hơn phương pháp ABTS. Điều này là do ABTS⁺⁺ được phát hiện ở bước sóng 734 nm cách xa vùng khả kiến, trong khi DPPH[•] được phát hiện ở bước sóng 517 nm có thể bị suy giảm do khả năng gây nhiễu. Một ưu điểm khác của phương pháp ABTS⁺ là các chất kháng oxy hóa ở các pha nước và pha dầu đều có thể bắt được trong khi chỉ có các chất kháng oxy hóa ưa dầu có thể bắt gốc DPPH ở môi trường hữu cơ. Hàm lượng vitamin C sau lên men của HM dao động từ (20,41-22,79) mg/100 g. Sự thất thoát axit ascorbic có thể là do sự gia tăng hoạt động của enzyme ascorbate oxidase có thể được tạo ra bởi vi sinh vật lên men vốn phụ thuộc nhiều vào độ pH của môi trường lên men. Kết quả phân tích trên tương tự với nghiên cứu của Adetuyi và Ibrahim (2014), khi thời gian lên men tăng lên, hàm lượng axit ascorbic trong hạt đậu bắp giảm từ 650 mg AAE/100 g axit ascorbic xuống 375 mg AAE/100 g axit ascorbic [7]. Sau lên men hàm lượng flavonoid trong khoảng (16,64-17,99) mg QE/100 g DM.

Bảng 1 Giá trị pH và TA của HM qua quá trình lên men

	Mẫu đối chứng	1 kg	30 kg
TA(%)	0,39 ^a ± 0,01	2,13 ^c ± 0,01	2,07 ^b ± 0,03
pH	6,02 ^c ± 0,01	4,29 ^a ± 0,01	4,34 ^b ± 0,01

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).



Bảng 2 Thành phần hóa học của HM qua quá trình lên men

Quy mô	Mẫu đối chứng	1 kg	30 kg
Hàm lượng polyphenol (mg GAE/100g vck)	325,20 ^c ± 2,92	286,70 ^b ± 0,76	274,26 ^a ± 4,47
Hoạt tính kháng oxy hóa DPPH (mg AAE/100g vck)	121,71 ^b ± 1,10	102,56 ^a ± 2,30	100,64 ^a ± 3,98
Hoạt tính kháng oxy hóa ABTS (mg AAE/100g vck)	150,88 ^c ± 4,66	124,20 ^b ± 4,30	118,87 ^a ± 1,49
Flavonoid (mg QE/100g vck)	41,35 ^c ± 0,29	17,99 ^b ± 0,25	16,64 ^a ± 0,33
Vitamin C (mg/100g)	25,17 ^a ± 2,10	22,79 ^a ± 1,73	20,41 ^a ± 3,33

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.1.2 Quá trình sấy

Cơ chế sấy đối lưu là tạo được sự chênh lệch độ ẩm giữa bề mặt nguyên liệu và tác nhân sấy mà các phân tử nước trên bề mặt nguyên liệu [8]. Sự biến đổi thành phần hóa học của HM lên men sau quá trình sấy được mô tả trong Bảng 3. Hàm lượng polyphenol của HM sau sấy dao động từ 99,04 mg GAE/100 g DM đến 108,89 mg GAE/100 g DM. Hàm lượng flavonoid của HM sau sấy nằm khoảng (4,58-4,74) mg QE/100 g DM. Nhiệt độ cao trong quá trình sấy dẫn đến quá trình oxy hóa hợp chất mang hoạt tính sinh học gây ra sự thất thoát về tổng số phenol, tổng số flavonoid của hạt sấy khô [9]. Sau quá trình sấy, hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH của HM

đã lên men khoảng (40,19-42,56) mg AAE/100 g DM thấp hơn mẫu đối chứng là 102,56 mg AAE/100 g DM. Tương tự hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH, ABTS cao nhất (60,48 mg AAE/100 g DM) ở mẫu đối chứng và kháng oxy của HM lên men dao động (47,19-48,52) mg AAE/100 g DM. Sự giảm hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH, ABTS có liên quan đến hàm lượng polyphenol. Sau sấy, hàm lượng vitamin C của HM dao động từ (18,84-19,39) mg/100 g. Vitamin C không ổn định và dễ bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ cao và oxy. Hàm lượng vitamin C của HM sau sấy thấp hơn kết quả của Zuwariah và cộng sự (2018) về hàm lượng vitamin C trong HM sau sấy là 31,98 g/100 g [10].

Bảng 3 Thành phần hóa học của HM qua quá trình sấy

Quy mô	Mẫu đối chứng	1 kg	30 kg
Hàm lượng polyphenol (mg GAE/100 g vck)	286,70 ^c ± 0,76	108,89 ^b ± 1,86	99,04 ^a ± 2,13
Hoạt tính kháng oxy hóa DPPH (mg AAE/100 g vck)	102,56 ^b ± 2,30	42,56 ^a ± 1,47	40,19 ^a ± 3,32
Hoạt tính kháng oxy hóa ABTS (mg AAE/100 g vck)	124,20 ^c ± 4,30	48,52 ^b ± 1,43	47,19 ^a ± 1,32
Flavonoid (mg QE/100 g vck)	17,99 ^c ± 0,25	4,74 ^b ± 0,35	4,58 ^a ± 0,08
Vitamin C (mg/100 g)	22,79 ^b ± 1,73	19,39 ^a ± 3,00	18,84 ^a ± 2,51

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.1.3 Quá trình rang

Quá trình rang có sự tiếp xúc bề mặt với nhiệt trực tiếp từ ngọn lửa hoặc tấm nóng. Ngoài các phản ứng như phản ứng oxy hóa, thủy phân như ở quá trình sấy, ở quá trình rang còn có thể xảy ra các phản ứng như maillard, caramel hóa đường, phân hủy protein. Bảng 4 cho thấy thành phần hóa học của HM qua quá trình rang. Xu hướng chung của các thành phần hóa học của HM là tăng sau quá trình rang, ngoại trừ hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm nhẹ. Hàm lượng vitamin C của HM sau quá trình rang nằm trong khoảng 10,20

mg/100 g đến 15,99 mg/100 g. Vitamin C có thể bị oxy hóa, phân hủy khi rang ở nhiệt độ cao.

Sau quá trình rang hàm lượng polyphenol của hạt lên men dao động (120,75-123,85) mg GAE/100 g DM thấp hơn so với mẫu đối chứng 108,89 mg GAE/100 g DM. Việc tăng polyphenol có thể là do khi xử lý nhiệt các hợp chất phenolic sẽ bị phá vỡ làm tăng các axit phenolic tự do vì nhiệt độ cao. Đồng thời, thuốc thử Folin Ciocalteu không chỉ dùng để xác định hàm lượng của các hợp chất phenolic mà còn có thể phản ứng với một số sản phẩm (chất khử) của phản ứng Maillard tạo

ra từ quá trình rang làm gia tăng hàm lượng polyphenol thu được [11]. Hàm lượng flavonoid ở quá trình rang có giá trị bình là 6,62 mg QE/100 g DM cao hơn so với mẫu đối chứng 4,74 mg QE/100 g DM. Xu hướng này khá tương đồng với nghiên cứu của Park và Lee (2021) về việc hàm lượng flavonoid của trái omija tăng từ 0,227 mg QE/g lên 4,714 mg QE/g khi rang ở 180 °C [12]. Hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH của HM có giá trị dao động từ (49,61-61,17) mg AAE/100 g DM. Hoạt tính kháng oxy hóa bằng ABTS trong khoảng 57,58 mg AAE/100 g DM đến 67,52 mg AAE/100 g DM. Việc tăng hoạt tính kháng oxy hóa ở quá trình rang tỷ lệ thuận với xu hướng của polyphenol. Thiết bị rang

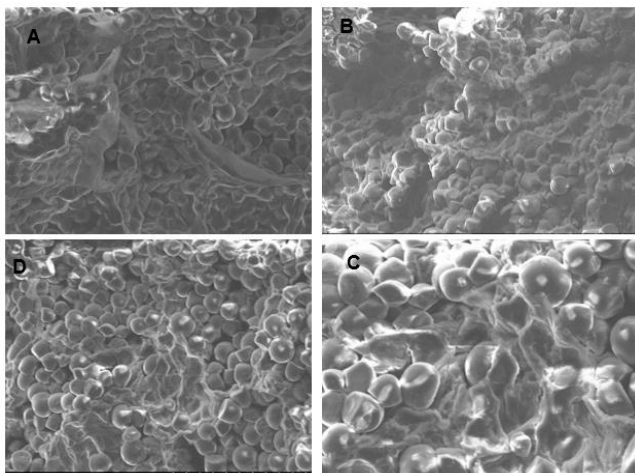
khác nhau có thể là nguyên nhân gây ra sự khác biệt ở hai quy mô.

Hình 2 mô tả cấu trúc vi mô của HM lên men ở quy mô 1 kg và 30 kg được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét. Nhìn chung, các hạt tinh bột có dạng hình cầu và dạng hình chuông chiếm ưu thế, Hình 2A. Các hạt tinh bột được bao phủ một mạng lưới protein và xung quanh là thành tế bào. Ở Hình 2B, các hạt tinh bột có hiện tượng co lại, điều này là do sự mất nước. Hiện tượng này xảy ra tương tự khi nâng quy mô 30 kg (Hình 2C và Hình 2D). Điều này chứng tỏ việc nâng quy mô lên không gây ảnh hưởng đến cấu trúc vi mô của BHM.

Bảng 4 Thành phần hóa học của HM qua quá trình rang

Quy mô	Mẫu đối chứng	1 kg	30 kg
Hàm lượng polyphenol (mg GAE/100 g vck)	108,89 ^c ± 1,86	123,85 ^b ± 6,27	120,75 ^a ± 8,20
Hoạt tính kháng oxy hóa DPPH (mg AAE/100 g vck)	42,56 ^b ± 1,47	54,09 ^a ± 2,69	49,61 ^a ± 0,65
Hoạt tính kháng oxy hóa ABTS (mg AAE /100 g vck)	48,52 ^b ± 1,43	59,40 ^a ± 2,59	57,58 ^a ± 1,65
Flavonoid (mg QE/100 g vck)	4,74 ^b ± 0,35	6,68 ^a ± 0,15	6,56 ^a ± 0,20
Vitamin C (mg /100 g)	19,39 ^b ± 3,00	11,22 ^a ± 0,83	10,20 ^a ± 4,42

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).



Hình 2 Hình ảnh cấu trúc vi mô (SEM) của HM: A: mẫu đối chứng ở độ phóng đại 1000×, B: HM lên men quy mô 1 kg ở độ phóng đại 1000×, C: HM lên men quy mô 30 kg ở độ phóng đại 1000×, D: HM lên men quy mô 30 kg ở độ phóng đại 2000×.

3.1.4 Quá trình xay

Bảng 5 thể hiện thành phần hóa học của HM sau quá trình xay. Nhìn chung, các thành phần hóa học của

HM đều giảm nhẹ sau quá trình xay. Hàm lượng polyphenol dao động trong khoảng (99,04-129,99) mg GAE/100 g vck. Hoạt tính kháng oxy hóa bằng DPPH có giá trị cao nhất (60,84 mg AAE/100 g vck) ở mẫu đối chứng và đạt giá trị thấp nhất (47,54 mg AAE/100 g vck). Hoạt tính kháng oxy hóa bằng phương pháp ABTS của bột HM nằm trong khoảng (55,99-66,34) mg AAE/100 g vck. Hàm lượng vitamin C dao động trong khoảng (9,79-15,15) mg/100 g. Hàm lượng flavonoid của HM lên men dao động trong khoảng (5,89-6,03) mg QE/100 g vck thấp hơn với mẫu đối chứng là 6,68 mg QE/100 g vck. Trong quá trình xay sẽ sinh ra một lượng nhiệt, khi xay số lượng lớn mẫu lượng nhiệt sinh ra lớn làm giảm thành phần hóa học của HM [13]. Kết quả trên thấp hơn nghiên cứu của Kamra về hàm lượng polyphenol và flavonoid của bột HM lần lượt là 704,30 mg GAE/100 g và 26,12 mg CE/100 g [14]. Nhìn chung, khi nâng quy mô lên các thành phần hóa học đều giảm qua các quá trình sản xuất, trừ giai đoạn rang. Sự thất thoát của các thành phần hóa học cao nhất ở quá trình sấy (giảm từ

1,17 đến 3,92 lần so với hạt chưa sấy) và thấp nhất ở quá trình xay (giảm từ 1,00 đến 1,15 lần so với hạt chưa xay). Điều này chứng minh các thông số được

lựa chọn phù hợp để nâng lên quy mô lớn hơn. Vì vậy, sản phẩm bột ở quy mô 30 kg được lựa chọn để đánh giá chất lượng ở các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 5 Thành phần hóa học của HM qua quá trình xay

Quy mô	Mẫu đối chứng	1 kg	30 kg
Hàm lượng polyphenol (mg GAE/100 g vck)	123,85 ^c ± 6,27	122,75 ^b ± 1,87	116,66 ^a ± 2,12
Hoạt tính kháng oxy hóa DPPH (mg AAE/100 g vck)	54,09 ^c ± 2,69	53,7 ^b ± 0,77	47,54 ^a ± 3,80
Hoạt tính kháng oxy hóa ABTS (mg AAE/100 g vck)	59,40 ^c ± 2,59	58,25 ^b ± 1,90	55,99 ^a ± 1,14
Flavonoid (mg QE/100 g vck)	6,68 ^a ± 0,14	6,63 ^{ab} ± 0,02	5,89 ^a ± 0,37
Vitamin C (mg/100 g)	11,22 ^a ± 0,83	11,05 ^a ± 0,24	9,78 ^a ± 0,43






Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2 Đánh giá mối liên hệ chất lượng bột HM theo từng quá trình sản xuất

Bảng 6 thể hiện đặc điểm ngoại quan và chất lượng của HM qua từng giai đoạn sản xuất bột HM lên men. Hiệu suất thu hồi giảm từ 100 % xuống 32,65 % tương ứng với giai đoạn nguyên liệu và xay. Hoạt độ nước của HM có xu hướng giảm từ nguyên liệu đến giai đoạn xay. Hoạt độ nước giảm từ 0,907 ở nguyên liệu xuống 0,355 ở quá trình xay. Giá trị hoạt độ nước gần bằng 1 dễ dàng cho sự phát triển của vi sinh vật và các phản ứng sinh hóa gây hư hỏng. Hoạt độ nước của bột thấp hơn so với các nghiên cứu về bột HM của Leite là $a_w = 0,417$ [15]. Độ ẩm của HM cùng xu hướng với hoạt độ nước. Độ ẩm của HM giảm từ 64,3 % xuống 3,82 %. Điều này có

thể giải thích là do quá trình khử nước xảy ra trong quá trình sấy và rang. Nhìn chung, giá trị L^* giảm từ nguyên liệu đến giai đoạn rang. Giá trị L^* giảm từ 48,58 xuống 42,71. Xu hướng trên tương đồng với nghiên cứu của Pramudita về giá trị L^* của hạt cafe cũng giảm sau quá trình rang [16]. Giá trị b^* trong quá trình lên men tăng từ 14,51 đến 14,63. Giá trị a^* giảm có thể do sự thoái hóa polyphenol. Giá trị b^* , a^* tăng ở giai đoạn rang. Điều này có thể là do sự hình thành các chất dễ bay hơi và sản phẩm có màu trong quá trình rang. Việc giá trị L^* tăng mạnh ở giai đoạn xay là do phần nội nhũ (Endosperm) có màu sáng hơn nên làm màu sắc tổng thể của bột sáng hơn.

Bảng 6 Đặc điểm ngoại quan, chất lượng của HM qua từng giai đoạn sản xuất

Giai đoạn	Nguyên liệu	Lên men	Sấy	Rang	Xay	
Hình ảnh						
Hiệu suất thu hồi (%)	100	68,34 ± 0,05	37,50 ± 0,03	32,86 ± 0,01	32,65 ± 0,01	
Độ ẩm (%)	63,40 ± 0,19	55,40 ± 0,80	7,50 ± 0,83	3,85 ± 0,13	3,82 ± 0,11	
Hoạt độ nước	0,907 ± 0,01	0,861 ± 0,01	0,471 ± 0,00	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,00	
Màu sắc	L^*	48,58 ± 1,61	49,95 ± 1,95	43,22 ± 1,97	42,71 ± 0,30	78,85 ± 0,39
	a^*	13,54 ± 1,20	11,64 ± 1,11	7,99 ± 0,49	8,47 ± 0,31	5,17 ± 0,14

b*	14,51 ± 1,00	14,63 ± 0,33	4,77 ± 0,33	7,23 ± 0,19	19,25 ± 0,24
C*	19,85 ± 1,50	18,71 ± 0,33	9,31 ± 0,63	11,13 ± 0,33	19,93 ± 0,27
h	47,00 ± 1,26	51,54 ± 2,82	30,80 ± 0,64	40,48 ± 0,53	74,97 ± 0,22
ΔE	-	2,74 ± 1,50	12,45 ± 0,62	8,75 ± 0,42	8,90 ± 1,42

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ số a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

4 Kết luận

Các thành phần hóa học đều có xu hướng giảm, trừ giai đoạn rang. Quá trình sấy gây ra sự suy giảm đáng kể nhất về hàm lượng các thành phần hóa học, với mức giảm từ 1,17 lần đến 3,92 lần so với hạt chưa sấy, trong khi quá trình xay chỉ gây ra sự giảm nhẹ từ 1,00 lần đến 1,15 lần. Điều này khẳng định rằng các thông số lựa chọn có thể áp dụng hiệu quả ở quy mô lớn hơn. Mẫu bột thành phẩm có hàm lượng polyphenol, hoạt tính kháng oxy hóa bằng

phương pháp DPPH, ABTS, hàm lượng flavonoid và vitamin C của BHM lên men lần lượt là (116,66 ± 2,12) mg GAE/100 g DM, (47,54 ± 3,80) mg AAE/100 g DM, (55,99 ± 1,14) mg AAE/100 g DM, (5,89 ± 0,37) mg QE/100 g DM, (9,78 ± 0,43) mg/100 g.

Lời cảm ơn Công trình được hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp tỉnh “Nghiên cứu đa dạng hóa sản phẩm chế biến từ trái mít (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)” thuộc Sở Khoa học và Công nghệ Cần Thơ.

Tài liệu tham khảo

1. T. P. V. Hung. (2016). Nghiên cứu công nghệ sản xuất rượu từ hạt mít”. Accessed: Aug. 10, 2024. [Online]. Available: <http://lib.yhn.edu.vn/bitstream/YHN/32954/1/535876.pdf>
2. O. Prakash, R. Kumar, A. Mishra, and R. Gupta. (2009). *Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit): an overview. *Pharmacognosy Reviews*, Vol. 3, No. 6, p. 353.
3. J. Eke-Ejiofor, E. A. Beleya, and N. I. Onyenorah. (2014). The effect of processing methods on the functional and compositional properties of jackfruit seed flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Vol. 3, No. 3, pp. 166-173.
4. V. Carmelo, P. Bogaerts, and I. Sá-Correia. (1996). Activity of plasma membrane H⁺-ATPase and expression of PMA1 and PMA2 genes in *Saccharomyces cerevisiae* cells grown at optimal and low pH. *Archives of Microbiology*, Vol. 166, No. 5, pp. 315-320, DOI: 10.1007/s002030050389.
5. L. De Vuyst and S. Weckx. (2016). The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 121, No. 1, pp. 5-17.
6. N. Camu, T. De Winter, S. K. Addo, J. S. Takrama, H. Bernaert, and L. De Vuyst. (2008). Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 88, No. 13, pp. 2288-2297, DOI: 10.1002/jsfa.3349.

7. F. O. Adetuyi and T. A. Ibrahim. (2014). Effect of fermentation time on the phenolic, flavonoid and vitamin C contents and antioxidant activities of okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds. *Nigerian Food Journal*, Vol. 32, No. 2, pp. 128-137.
8. A. S. Mujumdar and A. S. Menon. (2020). Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. In *Handbook of industrial drying*, CRC Press, pp. 1-39. Accessed: Aug. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429289774-1/drying-solids-principles-classification-selection-dryers-arun-mujumdar-anilkumar-menon>
9. A. E. Irondi, K. K. Anokam, and U. S. Ndidi. (2013). Effect of drying methods on the phytochemicals composition and antioxidant activities of *Carica papaya* seed. Accessed: Aug. 10, 2024. [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=55515bbe438afb049d3559fb00d3a9d7ffa5971f>
10. I. Zuwariah, F. Noor, M. B. Hadijah, and R. Rodhiah. (2018). Comparison of amino acid and chemical composition of jackfruit seed flour treatment. *Food Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 539-545.
11. Y. C. Xu *et al.*. (2007). Structure–activity relationships of flavonoids for vascular relaxation in porcine coronary artery. *Phytochemistry*, Vol. 68, No. 8, pp. 1179-1188.
12. M. Park and K.-G. Lee (2021). Effect of roasting temperature and time on volatile compounds, total polyphenols, total flavonoids, and lignan of omija (*Schisandra chinensis* Baillon) fruit extract. *Food Chemistry*, Vol. 338, p. 127836.
13. S. Malkin and C. Guo. (2007). Thermal analysis of grinding. *CIRP annals*, Vol. 56, No. 2, pp. 760-782.
14. Md. M. Kamal, Md. G. F. Chowdhury, M. R. I. Shishir, A. A. Sabuz, Md. M. Islam, and Md. H. H. Khan. (2023). Impacts of drying on physicochemical properties, bioactive compounds, antioxidant capacity, and microstructure of jackfruit seed flour. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2023, DOI: 10.1007/s13399-023-04763-z.
15. D. D. de F. Leite, A. J. de M. Queiroz, R. M. F. de Figueirêdo, and L. S. L. Lima. (2019). Mathematical drying kinetics modeling of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Revista Ciência Agronômica*, Vol. 50, No. 3, pp. 361-369.
16. D. Pramudita, T. Araki, Y. Sagara, and A. H. Tambunan. (2017). Roasting and Colouring Curves for Coffee Beans with Broad Time-Temperature Variations. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 10, No. 8, pp. 1509-1520, DOI: 10.1007/s11947-017-1912-5.

Study of chemical composition changes in fermented jackfruit seed flour during pilot-scale production

Van Chi Khang^{1*}, Le Thi Tuyet Lan², Nguyen Trinh Thi Nhu Hang¹, Nguyen Phu Thuong Nhan²

¹Institute of Applied Technology and Sustainable Development, Nguyen Tat Thanh University

²Department of Natural Products, Faculty of Chemical Engineering and Food Technology, Nong Lam University, Ho Chi Minh City

vckhang@ntt.edu.vn

Abstract The study was conducted to evaluate the changes in chemical composition (polyphenols, flavonoids, vitamin C, and antioxidant activity assessed by DPPH and ABTS) during fermentation, drying, roasting, and grinding processes. The final flour sample exhibited polyphenol content, antioxidant activity (DPPH, ABTS), flavonoid content, and vitamin C levels of 116.66 mg GAE/100 g, 47.54 mg AAE/100 g, 55.99 mg AAE/100 g, 5.89 mg QE/100 g, and 9.78 mg/100 g, respectively. The relationships between these chemical components were assessed throughout the production stages.

Keywords *Artocarpus heterophyllus* Lam, Jackfruit seed flour, Pilot, Fermentation, Chemical composition