

Ảnh hưởng của bột quả xoài (*Mangifera indica* L.) đến tính chất vật lý, hoạt tính chống oxy hóa và giá trị cảm quan của bánh mì

Trần Tiểu Yến*, Giáp Phạm Ngọc Trâm, Huỳnh Thị Hồng Nhung

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long, 73 Nguyễn Huệ, phường Long Châu, tỉnh Vĩnh Long, Việt Nam

Ngày nhận bài 25/7/2025; ngày chuyển phản biện 28/7/2025; ngày nhận phản biện 20/8/2025; ngày chấp nhận đăng 28/8/2025

Tóm tắt:

Nghiên cứu này nhằm xác định tỷ lệ bổ sung bột quả xoài tối ưu để cải thiện chất lượng bánh mì. Bột quả xoài được bổ sung vào công thức phối trộn bánh mì ở các tỷ lệ khác nhau (0, 5, 10, 15 và 20%) để đánh giá sự thay đổi về đặc tính lý-hóa và cảm quan. Nghiên cứu khảo sát các chỉ tiêu: tỷ lệ tăng thể tích, độ cứng vỏ bánh, hàm lượng polyphenol, flavonoid, khả năng khử gốc tự do (DPPH) và đánh giá cảm quan. Kết quả cho thấy, khi bổ sung 10% bột quả xoài, bánh mì đạt chất lượng tốt nhất với tỷ lệ tăng thể tích 5,55 lần, độ cứng vỏ bánh 0,56 N, hàm lượng polyphenol 0,42 mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/g, flavonoid 0,16 mg Quercetin Equivalent (QE)/g và khả năng DPPH đạt 15,25%. Về cảm quan, sản phẩm được đánh giá cao với điểm màu sắc 8,37; mùi 8,13; vị 8,63; cấu trúc 7,97 và mức độ ưa thích chung là 8,53 điểm. Như vậy, việc bổ sung 10% bột quả xoài giúp nâng cao giá trị dinh dưỡng và cảm quan của bánh mì, góp phần phát triển sản phẩm mới từ nguồn nguyên liệu tự nhiên, giàu chất chống oxy hóa và có lợi cho sức khỏe người tiêu dùng.

Từ khóa: bánh mì, bột quả xoài, chống oxy hóa, flavonoid, polyphenol.

Chỉ số phân loại: 2.10, 4.7

Effect of mango fruit powder (*Mangifera indica* L.) supplementation level on physical properties, antioxidant activity, and sensory characteristics of bread

Tieu Yen Tran*, Pham Ngoc Tram Giap, Thi Hong Nhung Huynh

Vinh Long University of Technology Education, 73 Nguyen Hue Street, Long Chau Ward, Vinh Long Province, Vietnam

Received 25 July 2025; revised 20 August 2025; accepted 28 August 2025

Abstract:

This study aimed to determine the optimal supplementation level of mango fruit powder to improve bread quality. Mango fruit powder was incorporated into the bread dough formulation at different substitution levels (0, 5, 10, 15, 20%) to evaluate changes in physicochemical and sensory properties. The evaluated parameters included volume expansion ratio, crust hardness, polyphenol content, flavonoid content, DPPH free radical scavenging activity, and sensory evaluation. The results indicated that bread supplemented with 10% mango fruit powder exhibited the best quality, with a volume expansion ratio of 5.55, crust hardness of 0.56 N, polyphenol content of 0.42 mg GAE/g, flavonoid content of 0.16 mg QE/g, and DPPH scavenging activity of 15.25%. Sensory evaluation showed high scores for colour (8.37), aroma (8.13), taste (8.63), texture (7.97), and overall acceptability (8.53). Therefore, supplementation with 10% mango fruit powder improved both the nutritional and sensory quality of bread, contributing to the development of new products derived from natural, antioxidant raw materials with potential health benefits for consumers.

Keywords: antioxidant activity, bread, flavonoids, mango fruit powder, polyphenols.

Classification numbers: 2.10, 4.7

*Tác giả liên hệ: Email: yentt@vlute.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Xoài Cát Hòa Lộc là loại quả nhiệt đới có nguồn gốc từ xã Hòa Lộc, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang (trước sáp nhập). Quả xoài được trồng với số lượng lớn và tiêu thụ rộng rãi do có mùi vị thơm ngon, đặc trưng, mọng nước và giàu dinh dưỡng. Trong đó, thịt quả xoài chứa nhiều carbohydrate [1], lipid, acid béo, protein, amino acid và acid hữu cơ [2]. Ngoài ra, quả xoài còn có các vi chất dinh dưỡng như vitamin A, B₁, B₂, B₆, C, E, biotin, pantotenic acid, niacin, folacin; khoáng chất như sắt, phospho, kali, natri, đồng, magie; và các hợp chất dinh dưỡng như hợp chất polyphenol, flavonoid, chất diệp lục, carotenoid và các hợp chất dễ bay hơi [2].

Việc bổ sung quả xoài vào sản phẩm bánh như bánh mì, bánh quy... sẽ góp phần tận dụng nguồn nguyên liệu dồi dào, cũng như nâng cao giá trị kinh tế của quả xoài. Bên cạnh đó, sản phẩm bánh mì là loại thực phẩm được sử dụng phổ biến, góp phần đa dạng hóa bữa ăn hàng ngày. Trong số các dòng bánh mì, bánh mì brioche là một đại diện tiêu biểu của nhóm bánh mì giàu dinh dưỡng, bánh mì được làm giàu bằng các nguyên liệu như trứng, bơ, sữa và đường. Bánh mì brioche có kết cấu mềm, mịn, toai xốp như bông, vỏ thường vàng óng, ruột bánh lại ẩm và béo. Bánh mì có nhiều loại khác nhau nhưng có một điểm chung là các sản phẩm này đa phần chỉ sử dụng bột mì. Do đó, việc bổ sung một số thành phần nguyên liệu khác sẽ góp phần làm tăng sự phong phú cho sản phẩm bánh mì, hơn nữa bột quả xoài lại có rất nhiều tính chất có lợi cho sức khỏe của người tiêu dùng [3]. Chính vì vậy, ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài (*Mangifera indica* L.) đến tính chất vật lý, hoạt tính chống oxy hóa và giá trị cảm quan của bánh mì được thực hiện, nhằm tạo ra sản phẩm có giá trị dinh dưỡng cao, góp phần đa dạng hóa sản phẩm cũng như đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng về thực phẩm tiện lợi và tốt cho sức khỏe.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên liệu: Quả xoài Cát Hòa Lộc (Công ty TNHH MTV Thương mại Sài Gòn - Vĩnh Long), sữa tươi không

đường (Co.opmart Vĩnh Long), trứng gà (Co.opmart Vĩnh Long), bột mì số 13 Bakers' Choice (hàm lượng protein 11,5%-13%, Co.opmart Vĩnh Long), bơ (Co.opmart Vĩnh Long), đường (Co.opmart Vĩnh Long), muối (Co.opmart Vĩnh Long), men khô Mauripan (Co.opmart Vĩnh Long).

Thời điểm thu hoạch quả xoài: Thu hoạch ở thời điểm 85-90 ngày sau khi đậu trái, °Brix đạt 20-21%, hàm lượng chất khô đạt 22-28%, tỷ lệ thịt trái 80-82% và tỷ trọng trái 1,02, lúc này quả xoài Cát Hòa Lộc sẽ có chất lượng tốt nhất [4].

Quy trình chế biến bột quả xoài: Quả xoài được rửa kỹ trong nước sạch, gọt bỏ vỏ và phần hạt, tiến hành cắt thịt quả xoài thành miếng mỏng đều nhau (0,5 cm). Thịt quả xoài sấy khô bằng máy sấy đối lưu thực phẩm 16 khay ở nhiệt độ 70°C trong 10 giờ. Thịt quả xoài sau khi sấy khô được nghiền mịn bằng máy xay khô đa năng Yamafuji (DE-300) trong 5 phút và rây ở sàng số 72 (cỡ 0,26 mm) để thu được bột quả xoài.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu: Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài (*Mangifera indica* L.) đến chất lượng bánh mì

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được thực hiện với một nhân tố và ba lần lặp lại.

Nhân tố A: Tỷ lệ bổ sung bột quả xoài.

A₀: Đối chứng (không có bột quả xoài)=100% bột mì.

A₁=5:95 (%w/w) bột quả xoài:bột mì.

A₂=10:90 (%w/w) bột quả xoài:bột mì.

A₃=15:85 (%w/w) bột quả xoài:bột mì.

A₄=20:80 (%w/w) bột quả xoài:bột mì.

Tổng số nghiệm thức: 5x1=5 (nghiệm thức).

Tổng đơn vị thí nghiệm: 5x3=15 (đơn vị thí nghiệm).

Công thức chế biến bánh mì được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Công thức chế biến bánh mì.

Thành phần (g)	Công thức phối trộn cho 100 g bột nhào				
	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
Bột mì	50,48	47,96	45,43	42,91	40,38
Bột quả xoài	0,00	2,52	5,05	7,57	10,10
Bơ	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04
Trứng	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04
Sữa tươi không đường	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63
Đường	9,59	9,59	9,59	9,59	9,59
Nước	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Muối	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Men	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61

Mô tả thí nghiệm: Cân bột quả xoài và bột mì theo tỷ lệ (0:100 (%w/w); 5:95 (%w/w); 10:90 (%w/w); 15:85 (%w/w); 20:80 (%w/w)), 9,59 g đường, 0,71 g muối và 0,61 g men tiến hành trộn khô. Sau đó, bổ sung 4,04 g trứng, 12,63 g sữa tươi không đường và 17,92 g nước vào hỗn hợp, tiến hành nhào bột và bổ sung bơ, nhào bột đến khi tạo màng mỏng (độ ẩm khối bột nhào đạt 45%), tiếp theo lên men lần 1 (thời gian lên men: 20 phút, nhiệt độ: 32-34°C), tạo hình (khối lượng mỗi bánh đạt: 27 g), lên men lần 2 (thời gian lên men: 150 phút, nhiệt độ: 32-34°C) và nướng bánh ở nhiệt độ 180°C trong 20 phút. Tiến hành phân tích các chỉ tiêu: tỷ lệ tăng thể tích (lần), độ cứng của vỏ bánh (N), hàm lượng polyphenol (mg GAE/g) và flavonoid (mg QE/g), khả năng DPPH (%) và đánh giá cảm quan.

Phương pháp phân tích:

- Hàm lượng ẩm (%): Hàm lượng ẩm được xác định theo phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [5].

- Tỷ lệ tăng thể tích (lần): Phương pháp đo thể tích (cm^3) và tính toán tỷ lệ tăng thể tích của bánh mì (lần) [6].

+ Bánh mì được xem như là một nửa hình ellipsoid có ba kích thước khác nhau.

+ Công thức tính thể tích ellipsoid: $V_e = \frac{4}{3} \times \pi \times (abc)$.

+ Do bánh mì có đáy được xem như hình tròn nên ta có: $V_{\text{bánh}} = \frac{2}{3} \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times h$.

trong đó: d là đường kính bánh (cm); h là chiều cao bánh (cm).

+ Thể tích bánh: $V_{\text{bánh}} = \frac{2}{3} \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times h$ (cm^3).

+ Đo thể tích bánh lúc tạo hình và sau khi nướng ta tính được độ tăng thể tích của bánh (lần):

+ Tỷ lệ tăng thể tích = $\frac{V_2}{V_1}$ (lần).

trong đó: V_1 là thể tích bánh ban đầu (cm^3); V_2 là thể tích bánh sau khi nướng (cm^3).

- Độ cứng của vỏ bánh (N): được xác định bằng thiết bị Food Technology TMS-Pro do Mỹ sản xuất. Độ cứng được đo tại vị trí trung tâm của bánh, độ đâm xuyên 40 mm, tốc độ di chuyển của probe 40 mm/phút, sử dụng đầu đo có tiết diện là 5 mm^2 .

- Hàm lượng polyphenols và flavonoid: Được phân tích theo phương pháp của R.M. Salleh và cs (2016) [7].

Trích ly polyphenols: Phương pháp tiến hành như sau: 0,5 gam mẫu được trộn với 25 ml dung dịch methanol 50% và HCl 1,2 M. Sau khi vortex (máy lắc ống nghiệm) xong, hỗn hợp được trích ly trong bóng tối bằng water bath (bể điều nhiệt) ở 90°C trong 2 giờ. Tiếp theo, hỗn hợp được ly tâm ở 3.000 vòng/phút trong 10 phút và được giữ ở 4°C đến khi sử dụng cho các bước phân tích tiếp theo.

Xác định hàm lượng polyphenol: Phương pháp tiến hành như sau: 40 μl của dịch trích (trong sau ly tâm), trộn với 1,8 ml thuốc thử Folin-Ciocalteu's phenol (dung dịch đã được pha loãng 10 lần bằng nước cất). Sau 5 phút, thêm 1,2 ml Na_2CO_3 20% và trộn kỹ. Dung dịch sau đó được để yên trong bóng tối 60 phút và đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 765 nm.

Gallic acid (pha trước về 2,5 mg/ml, đến khi sử dụng pha về 2; 1,5; 1; 0,5 mg/ml) được sử dụng để xây dựng đường cong chuẩn (6 ống nghiệm) và kết quả được thể hiện như mg/g gallic acid cân bằng (mg/g GAE). Đường cong chuẩn được xây dựng trong khoảng từ 0 đến 5 mg/g.

Bảng 2. Bố trí thí nghiệm xây dựng đường chuẩn acid gallic.

Ống nghiệm	Dung dịch acid gallic (mg)	Thuốc thử Folin	Dung dịch Na ₂ CO ₃ 20%
1 (đối chứng)	40 dịch trích	1,8 ml	1,2 ml
2 (0 mg/ml)	40 nước cất 0	1,8 ml	1,2 ml
3 (0,5 mg/ml)	40 a.gallic 0,5	1,8 ml	1,2 ml
4 (1mg/ml)	40 a.gallic 1	1,8 ml	1,2 ml
5 (1,5 mg/ml)	40 a.gallic 1,5	1,8 ml	1,2 ml
6 (2 mg/ml)	40 a.gallic 2	1,8 ml	1,2 ml
7 (2,5 mg/ml)	40a.gallic 2,5	1,8 ml	1,2 ml

Xác định hàm lượng flavonoid: Phương pháp tiến hành như sau: 0,5 ml dịch trích được trộn với 1,5 ml dung dịch ethanol 95%, 0,1 ml AlCl₃ 10%, 0,1 ml CH₃COONa 1 M và 2,8 ml nước cất. Hỗn hợp này được ủ ở nhiệt độ phòng khoảng 30 phút trong bóng tối. Độ hấp thụ quang phổ của dung dịch được đo ở bước sóng 415 nm. Quercetin được sử dụng để xây dựng đường cong chuẩn trong khoảng 0-100 µg/ml. Hàm lượng flavonoids được tính toán theo mg quercetin cân bằng/gram nguyên liệu khô (mg QE/g).

Hoạt tính chống oxy hóa gồm khả năng DPPH: Được thực hiện theo phương pháp của M. Elmastas và cs (2007) [8].

Quá trình trích ly: Quá trình này được thực hiện như sau: 10 g mẫu được nghiền nhỏ và trộn với 100 ml methanol ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ với tốc độ 150 rpm. Quá trình này được thực hiện tới khi dung môi trích ly trở nên không màu. Dịch trích thu được được lọc qua giấy lọc Whatman no. 1 paper. Sau đó dịch lọc được đem đi cô quay ở 40°C để tách khô dung môi. Cao chiết sau đó được đặt trong chai thủy tinh nâu và tồn trữ ở 4°C để ngăn chặn sự oxy hóa cho đến khi phân tích.

Khả năng khử gốc tự do (%):

Dịch trích: 10 mg cao chiết được hòa tan lại với 10 ml methanol.

0,1 mM dung dịch DPPH tan trong methanol được chuẩn bị trước đó và 1 ml dung dịch này được thêm vào 3 ml dịch trích. Hỗn hợp được lắc kỹ và để yên trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Sau đó độ hấp thụ quang phổ (OD) được đo ở bước sóng 517 nm bằng

máy đo quang phổ UV-Vis. Giá trị OD của hỗn hợp càng thấp thể hiện hoạt tính DPPH càng cao. Khả năng DPPH được tính theo công thức sau đây:

$$\text{Khả năng khử gốc tự do DPPH (\%)} = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100$$

trong đó: A₀ là giá trị OD của phản ứng đối chứng (không chứa dịch trích từ nguyên liệu) và A₁ là giá trị OD của phản ứng có sự hiện diện của dịch trích từ nguyên liệu.

Phương pháp đánh giá cảm quan được thực hiện theo phương pháp của S. Ahmad và cs (2007) [9] sử dụng thang thị hiếu (hedonic scale) từ 1 (cực kỳ không thích) đến 9 (cực kỳ thích).

3. Kết quả

3.1. Thành phần hóa học cơ bản và hoạt tính chống oxy hóa của bột quả xoài

Thành phần hóa học và hoạt tính chống oxy hóa là những yếu tố quan trọng quyết định giá trị dinh dưỡng và tiềm năng ứng dụng của các sản phẩm có nguồn gốc thực vật. Kết quả phân tích về đặc tính hóa học và hoạt tính chống oxy hóa của bột quả xoài, các chỉ tiêu bao gồm độ ẩm, hàm lượng polyphenol tổng, flavonoid tổng và khả năng DPPH được trình bày tại bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học cơ bản và hoạt tính chống oxy hóa của bột quả xoài.

Chỉ tiêu phân tích	Kết quả phân tích
Độ ẩm (%)	5,10±0,08
Polyphenol (mg GAE/g)	2,50±0,12
Flavonoid (mg QE/g)	0,88±0,04
DPPH (%)	55,30±0,7

Kết quả phân tích bột quả xoài (bảng 3) cho thấy, độ ẩm của mẫu thấp (5,10%), nằm trong ngưỡng an toàn để hạn chế sự phát triển của vi sinh vật và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm [10]. Hàm lượng polyphenol và flavonoid lần lượt đạt 2,50 mg GAE/g và 0,88 mg QE/g, phản ánh hàm lượng chất chống oxy hóa tự nhiên đáng kể trong nguyên liệu. Các hợp chất polyphenol và flavonoid đã được chứng minh có khả năng DPPH mạnh, góp phần nâng cao hoạt tính sinh học của thực phẩm [11]. Đồng thời, khả năng DPPH của bột xoài đạt 55,30%, tương đương với giá trị được ghi nhận ở các chiết xuất từ vỏ và thịt quả xoài chín trong một số nghiên cứu trước đây [12]. Những kết quả này cho thấy, bột quả xoài có tiềm năng trở thành nguồn nguyên liệu tự nhiên giàu chất chống oxy hóa, thích hợp ứng dụng trong các sản phẩm thực phẩm.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến tỷ lệ tăng thể tích của bánh mì

Tỷ lệ tăng thể tích là chỉ tiêu phản ánh khả năng nở của bánh mì trong quá trình lên men và nướng - một yếu tố quan trọng quyết định độ xốp, độ mềm, cũng như chất lượng cảm quan của sản phẩm. Vì vậy, chỉ tiêu tỷ lệ tăng thể tích giúp đánh giá sự ảnh hưởng của công thức chế biến đối với quá trình lên men, đồng thời giúp xác định tỷ lệ nguyên liệu bổ sung tối ưu nhằm đảm bảo bánh mì có độ nở tốt, kết cấu nhẹ và cảm quan đạt yêu cầu. Tỷ lệ tăng thể tích của bánh mì từ lúc định hình đến sau khi nướng khi thay đổi tỷ lệ bổ sung bột quả xoài được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến tỷ lệ tăng thể tích của bánh mì.

Nghiem thức	Tỷ lệ tăng thể tích
A ₀	3,85 ^b ±0,12
A ₁	5,22 ^{ab} ±0,15
A ₂	5,55 ^a ±0,27
A ₃	4,53 ^{ab} ±0,09
A ₄	4,70 ^{ab} ±1,72

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%. a, b, c, d, e trên cùng một vật thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức p<0,05 theo phép thử LSD.

Từ kết quả thống kê được trình bày trong bảng 4 có thể thấy khả năng trương nở của bánh mì bổ sung bột quả xoài có xu hướng tăng và sau đó giảm dần. Cụ thể tăng ở tỷ lệ 0% từ 3,85 lên ở tỷ lệ 5% là 5,22 và ở tỷ lệ 10% là 5,55 sau đó giảm dần ở tỷ lệ 15% còn 4,53 và 4,70 ở tỷ lệ 20%. Trong quá trình sản xuất bánh mì bổ sung bột quả xoài, do tinh bột xoài đã được làm chín bằng phương pháp sấy nên sẽ hút ẩm mạnh. Do đó, tỷ lệ bột quả xoài sử dụng sẽ ảnh hưởng tới độ trương nở. Kết quả cho thấy, độ trương nở giảm tương đối khi tỷ lệ sử dụng bột quả xoài tăng.

Theo kết quả bảng 4, tỷ lệ bột quả xoài bổ sung ở mức 5 và 10% bánh càng thể hiện tăng thể tích rõ rệt. Cụ thể mẫu bột ở tỷ lệ 10% tỷ lệ tăng thể tích đạt 5,55 là cao nhất. Vì bột quả xoài hầu hết các loại trái cây đều chứa một lượng đường tự nhiên khá cao như fructose, glucose, sucrose, giúp men hoạt động mạnh mẽ hơn, sinh ra nhiều khí CO₂ hơn [2]. Ngoài ra, bột trái cây có độ ẩm cao giúp gluten trong bột phát triển tốt hơn, tạo thành mạng lưới đàn hồi bao bọc các bọt khí sinh ra trong quá trình lên men. Vì vậy, bổ sung bột quả xoài ở tỷ lệ 10% là tỷ lệ tốt nhất giúp trương nở bánh tốt. Tuy nhiên khi tăng tỷ lệ bổ sung bột quả xoài, thể tích của bánh có xu hướng giảm rõ rệt. Hiện tượng này liên quan đến việc bổ sung hàm lượng đường cao có trong bột quả xoài, dẫn đến nấm men có thể gặp khó khăn trong quá trình chuyển hóa và giải phóng khí CO₂ khi lên men [13]. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của M.L. Sudha và cs (2007) [14] cho thấy, thể tích bánh giảm dần khi bổ sung bột bã táo (10, 20 và 30%). Nhìn chung, bột quả xoài ở tỷ lệ cao làm giảm khả năng trương nở của bột nhào là do sự pha loãng gluten [15]. Một yếu tố khác gây ra sự giảm thể tích bánh mì có thể là tác động tiêu cực của bột quả xoài lên quá trình hydrat hóa gluten và sự hình thành mạng lưới gluten do sự cạnh tranh nước giữa chất xơ và protein gluten [16]. Những nghiên cứu tương tự cũng về việc bổ sung bột trái cây vào công thức bánh mì đã được báo cáo [17].

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến độ cứng của vỏ bánh mì

Độ cứng của vỏ bánh mì là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh kết cấu bên ngoài của sản phẩm sau khi nướng, ảnh hưởng trực tiếp đến cảm quan và chất lượng tổng thể của bánh. Vỏ bánh mì cần đạt được độ giòn vừa phải, giúp tạo nên sự tương phản với phần ruột bánh mềm mại bên trong. Trong quá trình nướng, vỏ bánh mì hình thành từ sự bay hơi ẩm, caramel hóa đường, Maillard và sự biến tính của protein - tinh bột. Các phản ứng này tạo nên lớp vỏ màu vàng nâu cùng cấu trúc giòn và độ cứng nhất định. Tuy nhiên, các yếu tố như thành phần nguyên liệu, tỷ lệ nước, hàm lượng chất xơ hoặc phụ gia thay thế như bột quả xoài và quy trình nướng đều có thể làm thay đổi độ cứng của vỏ bánh. Vì vậy, đánh giá và kiểm soát độ cứng của vỏ bánh mì là cần thiết để đảm bảo sản phẩm đạt được chất lượng cảm quan tốt nhất, đồng thời duy trì độ tươi ngon và khả năng bảo quản. Độ cứng của vỏ bánh sau khi nướng, khi thay đổi tỷ lệ bổ sung bột quả xoài được thể hiện qua bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến độ cứng của vỏ bánh mì.

Nghiệm thức	Độ cứng của vỏ bánh (N)
A ₀	6,31 ^a ±0,06
A ₁	0,71 ^b ±0,04
A ₂	0,56 ^c ±0,01
A ₃	0,45 ^d ±0,00
A ₄	0,36 ^e ±0,02

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Từ kết quả thống kê được trình bày trong bảng 5 có thể thấy, độ cứng của vỏ bánh mì có xu hướng giảm khi tăng tỷ lệ bổ sung bột quả xoài. Cụ thể, độ cứng vỏ bánh giảm từ 6,31 N ở tỷ lệ 0% giảm còn 0,36 N ở tỷ lệ 20%, ở tỷ lệ 15% là 0,45 N. Ở tỷ lệ 20% là 0,36 N cho thấy cấu trúc vỏ bánh mềm hơn. Ngược lại, ở tỷ lệ 5% độ cứng vỏ bánh đạt 0,71 N cho thấy ở tỷ lệ này sản phẩm có vỏ bánh giòn hơn so với tỷ lệ bột 10, 15 và 20%. Ở tỷ lệ 0% độ cứng của bánh đạt 6,31 N là cao nhất so với các tỷ lệ bổ sung bột quả xoài, là do ở tỷ lệ này thành phần trong

bánh không bổ sung bột quả xoài thay vào đó là 100% bột mì, chính vì vậy mà sản phẩm bánh ở tỷ lệ 0% cho lực đâm xuyên cao và được dùng để đối chiếu với các tỷ lệ bột bổ sung. Hàm lượng chất xơ cao và polyphenol từ bột quả xoài làm giảm khả năng hình thành mạng gluten, ảnh hưởng đến độ ổn định và sự trương nở của bánh [18]. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của C.M. Ajila và cs (2008) [19] ảnh hưởng của hàm lượng chất xơ đến khả năng trương nở sản phẩm bánh quy bổ sung bột vỏ quả xoài. Bên cạnh đó, khả năng giữ ẩm cao của bột quả xoài cũng góp phần duy trì độ ẩm cho bánh và ảnh hưởng đến cấu trúc mạng lưới gluten trong bánh, làm giảm tổng lượng gluten trong hỗn hợp. Nhờ thế, vỏ của bánh mì trở nên mềm hơn và đạt điểm cảm quan (7,97 điểm) tốt nhất trong các mẫu còn lại.

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến khả năng khử gốc tự do của sản phẩm bánh mì

Khả năng khử gốc của bánh mì bổ sung bột quả xoài được thể hiện cụ thể qua bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến khả năng khử gốc tự do của sản phẩm bánh mì.

Tỷ lệ (%)	Khả năng khử gốc tự do (%)
0	8,08 ^d ±0,10
5	11,43 ^c ±0,52
10	15,25 ^b ±0,94
15	15,53 ^b ±0,52
20	18,73 ^a ±0,20

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khả năng DPPH có xu hướng tăng dần khi tăng tỷ lệ bổ sung bột quả xoài. Cụ thể, ở tỷ lệ 0-20% khả năng DPPH tăng 8,08-18,73%. Khả năng khử gốc tự do DPPH ở tỷ lệ 5% đạt giá trị thấp nhất trong số các mẫu có tỷ lệ bổ sung bột quả xoài 5% (11,43%) và cao nhất ở tỷ lệ bột 20% (18,73%). Còn ở các tỷ lệ bột 10 và 15% khả năng DPPH lần lượt là 15,25 và 15,53% và không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95% ($p>0,05$). Tuy nhiên, ở tỷ lệ bột 15 và 20% khả năng trương nở của bánh quá kém. Vì vậy, tỷ lệ

bột 10% là một trong những tỷ lệ có thể nói tốt nhất cho sản phẩm và thể hiện được khả năng khử gốc tự do cao. Xem xét về sự tồn tại của mối tương quan tích cực giữa hàm lượng polyphenol và DPPH [20], cho thấy rằng khả năng chống oxy hóa tăng lên trong các mẫu bánh mì bổ sung bột quả xoài là do hàm lượng polyphenol cao; các hợp chất khác có đặc tính chống oxy hóa (như vitamin C, E, beta-carotene) và khoáng chất trong bột quả xoài góp phần tạo nên giá trị DPPH cao trong các mẫu bánh mì.

3.5. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến hàm lượng polyphenol của sản phẩm bánh mì

Các hợp chất phenolic là những thành phần quan trọng và chiếm tỷ lệ cao trong sản phẩm bột quả xoài, chủ yếu bao gồm acid gallic và acid ferulic với một lượng nhỏ các acid hydroxycinnamic khác. Những nhóm hợp chất này đã được chứng minh có tác dụng bảo vệ sức khỏe con người. Vì vậy, chỉ tiêu này rất cần thiết trong bước đầu nghiên cứu các hoạt tính sinh học của sản phẩm được thể hiện qua bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến hàm lượng polyphenol của sản phẩm bánh mì.

Tỷ lệ (%)	Hàm lượng polyphenol (mg/g GAE)
0	0,19 ^c ±0,01
5	0,25 ^c ±0,02
10	0,42 ^b ±0,04
15	0,48 ^b ±0,02
20	0,71 ^a ±0,01

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Hàm lượng polyphenol trong bánh mì sau khi phân tích, có sự tăng dần từ 0,19 mg/g GAE lên 0,71 mg/g GAE khi tăng tỷ lệ bột quả xoài. Mẫu bột ở tỷ lệ bổ sung 20% có hàm lượng polyphenol cao nhất đạt 0,71 mg/g GAE. Hàm lượng polyphenol càng cao, khả năng chống oxy hóa càng nhiều, có tác dụng bảo vệ tế bào khỏi tổn thương do gốc tự do, nếu dưỡng chất này không có hoặc ít khi đó các tế bào cơ thể bị tổn thương do sự thoái hóa mô. Tuy nhiên, tỷ lệ bột 10 và 15% hàm lượng polyphenol tương đối cao 0,42 mg/g GAE và 0,48 mg/g GAE so với

5% là 0,25 mg/g GAE, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Kết quả phân tích cho thấy, ở tỷ lệ 10%, hàm lượng polyphenol đạt tối ưu nhất và có khả năng chống oxy hóa có thể được sử dụng như một nguồn cung cấp các hợp chất phenolic tốt cho sản phẩm.

3.6. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến hàm lượng flavonoid của sản phẩm bánh mì

Hàm lượng flavonoid của bánh mì bổ sung bột quả xoài được thể hiện qua bảng 8.

Bảng 8. Ảnh hưởng của tỷ lệ bột quả xoài bổ sung đến hàm lượng flavonoid của sản phẩm bánh mì.

Tỷ lệ (%)	Hàm lượng flavonoid (mg QE/g)
0	0,06 ^d ±0,01
5	0,10 ^c ±0,03
10	0,16 ^b ±0,01
15	0,17 ^b ±0,03
20	0,28 ^a ±0,02

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Kết quả bảng 8 cho thấy, hàm lượng flavonoid trong sản phẩm bánh mì có sự tăng dần theo tỷ lệ bổ sung bột quả xoài. Giá trị flavonoid có sự tăng từ 0,06 mg QE/g (ở mẫu đối chứng 0%) lên lần lượt 0,10; 0,16; 0,17 và 0,28 mg QE/g tương đương với các tỷ lệ bổ sung 5, 10, 15 và 20%. Mẫu bột ở tỷ lệ bổ sung 20% đã chứng minh được khả năng cũng như các chất chống oxy hóa ở tỷ lệ này là cao nhất và đây cũng được xem là tỷ lệ tối ưu nhất cho hàm lượng flavonoid trong sản phẩm bánh mì bổ sung bột quả xoài.

3.7. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến giá trị cảm quan của bánh mì

Giá trị cảm quan là yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm sau khi chế biến. Chính vì vậy, việc phân tích các giá trị cảm quan là tiền đề cho việc nghiên cứu và chọn ra được tỷ lệ phối chế tối ưu nhất để tạo ra một sản phẩm bánh đạt chất lượng cao. Bên cạnh đó, các giá trị cảm quan của bánh được thể hiện qua bảng 9.

Từ kết quả bảng 9 cho thấy, điểm cảm quan về màu sắc của sản phẩm bánh mì bổ sung bột quả xoài cao nhất

Bảng 9. Ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung bột quả xoài đến giá trị cảm quan của sản phẩm bánh mì.

NT	Màu sắc	Mùi	Vị	Cấu trúc	Sự ưa thích chung
A ₀	6,57 ^d ±0,63	6,70 ^c ±0,65	6,67 ^c ±0,71	6,87 ^c ±0,63	6,70 ^d ±0,70
A ₁	6,83 ^{cd} ±0,65	6,83 ^c ±0,59	6,97 ^c ±0,76	7,13 ^{bc} ±0,78	7,00 ^{cd} ±0,64
A ₂	8,37 ^a ±0,56	8,13 ^a ±0,51	8,63 ^a ±0,49	7,97 ^a ±0,49	8,53 ^a ±0,51
A ₃	7,57 ^b ±0,63	7,27 ^b ±0,58	7,43 ^b ±0,68	7,30 ^b ±0,65	7,37 ^b ±0,49
A ₄	7,20 ^{bc} ±1,13	7,17 ^b ±0,75	6,97 ^c ±0,67	6,83 ^c ±0,65	7,07 ^{bc} ±0,83

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột hay cùng một dòng biểu thị khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

ở tỷ lệ là 10% đạt 8,37 và thấp nhất ở tỷ lệ 0% đạt 6,57. Tuy nhiên, tỷ lệ bột quả xoài bổ sung càng cao thì điểm cảm quan màu sắc bánh càng giảm, ở tỷ lệ 15% đạt 7,57 và ở tỷ lệ 20% đạt 7,20 khi tỷ lệ bổ sung tăng, màu bánh sẫm hơn và độ sáng giảm. Vì vậy, ở tỷ lệ 10% bánh mì có màu đẹp và đạt điểm cảm quan về màu sắc cao. Ngoài ra, trong quá trình sấy làm giảm hàm lượng nước trong quả xoài, dẫn đến tăng nồng độ các chất dinh dưỡng, làm giảm sự phân hủy của chúng.

Về mùi: Điểm cảm quan về mùi của mẫu bánh mì ở tỷ lệ bổ sung 5% đạt 6,83, ở tỷ lệ 10% đạt 8,13, ở tỷ lệ 15% đạt 7,27 và 20% đạt 7,17 còn ở mẫu đối chứng không bổ sung bột quả xoài đạt 6,70 có điểm cảm quan thấp nhất. Điểm cảm quan về mùi ở mẫu bánh mì bổ sung tỷ lệ 10% đạt điểm cao nhất là 8,13, ở mẫu 15 và 20% cho thấy không có sự khác biệt ở 2 mẫu này.

Về vị: Điểm cảm quan về vị của sản phẩm khi bổ sung bột quả xoài ở tỷ lệ 10% được đánh giá cao nhất đạt số điểm là 8,63, ở tỷ lệ 0% đạt 6,67 điểm thấp nhất khi chưa bổ sung bột quả xoài. Tỷ lệ bột quả xoài bổ sung ở tỷ lệ 5% và ở tỷ lệ 10% bánh có vị quả xoài không nhiều. Ở tỷ lệ 15% đạt 7,43 và ở tỷ lệ 20% đạt 6,97 bổ sung bột quả xoài nhiều, ảnh hưởng đến vị đặc trưng của bánh mì nên điểm cảm quan thấp.

Về cấu trúc: Ở tỷ lệ 0% và ở tỷ lệ 20% đạt điểm thấp hơn rõ rệt so với các mẫu còn lại lần lượt là 6,87 và 6,83. Ở tỷ lệ 5% đạt 7,13 và ở tỷ lệ 15% đạt 7,30, nhưng ở mẫu 10% đối với cảm quan viên có điểm cảm quan cao hơn là 7,97, điều này cho thấy ở chỉ tiêu về cấu trúc thì mẫu 10% cho cấu trúc tốt và mẫu đạt điểm tốt nhất trong các mẫu còn lại.

Về sự ưa thích chung: Đây là một sản phẩm mới nên việc khảo sát mức độ chấp nhận (ưa thích) của người tiêu dùng đối với sản phẩm. Qua khảo sát, độ ưa thích của sản phẩm đều đạt ở mức độ thích nhẹ đến rất thích (6,70-8,53 điểm). Ở tỷ lệ 10% được ưa thích nhất đạt 8,53 điểm, tiếp đến là tỷ lệ 15%, tỷ lệ 20% và tỷ lệ 5% có số điểm lần lượt là 7,37; 7,07 và 7,00 điểm nằm ở mức thích vừa. Điều này cho thấy, đánh giá về sự ưa thích chung ở tỷ lệ 10% là tốt nhất, có sự hấp dẫn về tổng thể nên được yêu thích nhất.

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy bổ sung bột quả xoài vào sản phẩm bánh mì nếu bổ sung quá nhiều sẽ ảnh hưởng đến đặc tính cảm quan của bánh. Ở tỷ lệ 10% được đánh giá cao nhất qua các chỉ tiêu đánh giá cảm quan vì lượng bột quả xoài được bổ sung vào ở mức vừa phải nên được yêu thích.

4. Kết luận

Qua kết quả thí nghiệm, việc bổ sung bột quả xoài vào sản phẩm bánh mì cho thấy tiềm năng ứng dụng đáng kể, vừa nâng cao giá trị dinh dưỡng vừa cải thiện đặc tính cảm quan mà còn góp phần tận dụng nguồn nguyên liệu nông sản dồi dào, giảm thiểu lãng phí sau thu hoạch. Trong các tỷ lệ thí nghiệm, tỷ lệ bổ sung 10% bột quả xoài cho kết quả tốt nhất, đảm bảo các chỉ tiêu chất lượng như: tỷ lệ tăng thể tích đạt 5,55 lần, độ cứng vỏ bánh (0,56 N), cùng với hàm lượng polyphenol và flavonoid tương ứng là 0,42 mg GAE/g và 0,16 mg QE/g. Đặc biệt, khả năng DPPH đạt 15,25%, cho thấy tiềm năng chống oxy hóa của sản phẩm. Ngoài ra, bánh mì bổ sung bột quả xoài ở tỷ lệ này cũng đạt điểm cảm quan cao về màu sắc (8,37), mùi (8,13), vị (8,63), cấu trúc (7,97) và mức độ ưa thích chung (8,53), cho thấy sự chấp nhận tốt từ

người tiêu dùng. Từ những kết quả trên, có thể khẳng định rằng bột quả xoài không chỉ là nguyên liệu mới có giá trị sinh học cao, mà còn có khả năng ứng dụng hiệu quả trong sản xuất thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L.A. Bello-Perez, F.J.G. Suarez, E. Agama-Acevedo (2007), "Mango carbohydrates", *Food*, **1(1)**, pp.36-40.
- [2] M.E. Maldonado-Celis, E.M. Yahia, R. Bedoya, et al. (2019), "Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds", *Frontiers in Plant Science*, **10**, pp.1-21, DOI: 10.3389/fpls.2019.01073.
- [3] G.I.O. Badifu, C.E. Chima, Y.I. Ajayi, et al. (2006), "Influence of mango mesocarp flour supplement to micronutrient, physical and organoleptic qualities of wheat-based bread", *Nigerian Food Journal*, **23(1)**, pp.59-68, DOI: 10.4314/nifo.v23i1.33600.
- [4] T.V. Hau, N.C. Linh, N.L. Ho (2015), "Determination of the harvest time of Hoa Loc mango (*Mangifera indica* L.) in Hoa Hung commune, Cai Be district, Tien Giang province", *Can Tho University Journal of Science*, **37**, pp.111-119 (in Vietnamese)
- [5] P. Feldsine, C. Abeyta, W. Andrews. (2002), "Methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis", *Journal of AOAC International*, **85(5)**, pp.1187-1200, DOI: 10.1093/jaoac/85.5.1187.
- [6] S.P. Cauvain, L.S. Young (2020), *Breadmaking: Improving Quality*, Elsevier, 814pp.
- [7] R.M. Salleh, T.L. Ying, L. Mousavi (2016), "Development of fruit bar using sapodilla (*Manilkara zapota* L.)", *Journal of Food Processing and Preservation*, **41(2)**, DOI: 10.1111/jfpp.12806.
- [8] M. Elmastas, O. Isildak, I. Turkecul, et al. (2007), "Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms", *Journal of Food Composition and Analysis*, **20(3-4)**, pp.337-345, DOI: 10.1016/j.jfca.2006.07.003.
- [9] S. Ahmad, A.K. Vashney, P.K. Srivasta (2007), "Quality attributes of fruit bar made from papaya and tomato by incorporating hydrocolloids", *International Journal of Food Properties*, **8(1)**, pp.89-99, DOI: 10.1081/JFP-200048043.
- [10] V. Singh, M. Hedayetullah, P. Zaman, et al. (2014), "Postharvest technology of fruits and vegetables: An overview", *Journal of Postharvest Technology*, **2(2)**, pp.124-135.
- [11] Q.V. Vuong, S. Hirun, P.D. Roach, et al. (2013), "Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts", *Journal of Herbal Medicine*, **3(3)**, pp.104-111, DOI: 10.1016/j.hermed.2013.04.004.
- [12] H. Kim, J.Y. Moon, H. Kim, et al. (2010), "Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel", *Food Chemistry*, **121(2)**, pp.429-436, DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.060.
- [13] S.P. Cauvain, L.S. Young, (2007), *Technology of Breadmaking (2nd ed.)*, Springer, pp.25-48, 397pp.
- [14] M.L. Sudha, V. Baskaran, K. Leelavathi (2007), "Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making", *Food Chem.*, **104(2)**, pp.686-692, DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.12.016.
- [15] R. Gupta (2006), "Incorporation of dried apple pomace pulp powder in bread", *J. Dairy, Foods & H.S*, **25**, pp.200-205.
- [16] M. Šporin, M. Avbelj, B. Kovač, et al. (2018), "Quality characteristics of wheat flour dough and bread containing grape pomace flour", *Food Sci. Technol. Int.*, **24**, pp.251-263, DOI: 10.1177/1082013217745398.
- [17] A. Wahyono, A.Z. Tifania, E.K. Kurniawati, et al. (2018), "Physical properties and cellular structure of bread enriched with pumpkin flour", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **207**, DOI: 10.1088/1755-1315/207/1/012054.
- [18] M. Rojo, L.M.P. Menacho, S.R.C. Diestra, et al. (2024), "Dietary fiber, polyphenols and sensory and technological acceptability in sliced bread made with mango peel flour", *Brazilian Journal of Food Technology*, **27**, DOI: 10.1590/1981-6723.07323.
- [19] C.M. Ajila, K. Leelavathi, U.J.S.P. Rao (2008), "Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder", *Journal of Cereal Science*, **48(2)**, pp.319-326, DOI: 10.1016/j.jcs.2007.10.001.
- [20] C.M. Ajila, K.A. Naidu, S.G. Bhat, et al. (2007), "Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract", *Food Chemistry*, **105(3)**, pp.982-988, DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.052.