

NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT BÁNH QUY GIÀU ANTHOCYANIN TỪ GẠO ĐEN (*Oryza sativa* L.)

Nguyễn Lê Ánh Minh*, Châu Ngọc Như Huỳnh,
Phan Thị Kim Ngân, Huỳnh Thị Diễm Phúc, Phan Thị Hồng Liên

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: minhla@fst.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/6/2022; Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2022

TÓM TẮT

Gạo đen (gạo nếp than) có giá trị dinh dưỡng cao, đặc biệt hàm lượng chất chống oxy hóa anthocyanin, là lựa chọn tốt và mới để bổ sung vào bánh quy. Các phương pháp xử lý sơ bộ nguyên liệu, các tỷ lệ bột gạo sử dụng và các chế độ nướng khác nhau được nghiên cứu và đánh giá trên hàm lượng anthocyanin và tính chất cảm quan. Nguyên liệu gạo đen được khảo sát có hàm lượng anthocyanin 240,24 - 265,35 mg/100g, cao hơn đáng kể so với các nghiên cứu khác. Việc xử lý nhiệt sơ bộ nguyên liệu làm thất thoát hàm lượng anthocyanin nhanh chóng. Phương pháp rang làm thất thoát khoảng 70,39% trong khi phương pháp ngâm-nấu-sấy gạo làm thất thoát đến 96,28% anthocyanin. Do đó, bột gạo nguyên liệu không nên trải qua quá trình xử lý nhiệt sơ bộ trước khi làm bánh. Hàm lượng anthocyanin thất thoát khoảng 61,61% khi nướng bánh ở 165 °C trong 15 phút. Bánh quy thay thế 80% bột mì bằng bột gạo đen có hàm lượng anthocyanin $38,65 \pm 1,28$ mg/100g sản phẩm và cảm quan tốt. Hàm lượng anthocyanin sau 3 tháng bảo quản có xu hướng giảm 7,54%.

Từ khóa: Gạo đen, gạo nếp than, anthocyanin, bánh quy gạo đen.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, rất nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện để nghiên cứu khả năng bổ sung thêm vào bột làm bánh quy bằng một loại bột giàu dinh dưỡng mà không làm thay đổi hương vị và kết cấu của thành phẩm [1]. Việc sử dụng các nguyên liệu để thay thế bột mì trong bánh quy nhằm cải thiện dinh dưỡng của bánh quy đồng thời giảm tác động tiêu cực của gluten đối với sức khỏe liên quan đến bệnh celiac [2]. Do đó, các nhà nghiên cứu ở các nước đang phát triển đã bắt đầu đánh giá khả năng sử dụng các sản phẩm có sẵn tại địa phương, như bột đậu nành, đậu, rau dền, gạo lứt và gạo đen thay thế cho bột mì [3-4]. Bánh quy được làm từ bột không gluten, như gạo nâu, kiều mạch, ngô, lúa miến, hạt teff hoặc gạo đen [5] hoặc kết hợp các loại ngũ cốc khác nhau, như gạo, ngô, lúa miến và ngọc trai có đặc tính chống oxy hóa cao, hàm lượng chất xơ cao [6]. Các nghiên cứu khác cũng cho kết quả tương tự, ví dụ bánh quy làm từ bột sắn và bột gạo, đường nâu và bơ thực vật, bột yến mạch và mỡ cò bổ sung L-leucine và Canxi [7], bột gạo và bột khoai tây khử nước đã khử axit [8], gạo và bột đậu đen ép đùn [9], đa ngũ cốc với hạt lanh [10], bột gạo lứt và bột táo [11].

Ngày nay, nhu cầu tiêu thụ gạo màu đang tăng nhanh ở khắp các nước Châu Âu và cả ở Hoa Kỳ vì giá trị dinh dưỡng cao và đặc tính chống oxy hóa của chúng. Gạo đen là lựa chọn tốt và mới để bổ sung thêm vào bánh quy, bởi chúng chứa hàm lượng dinh dưỡng và chất xơ cao. Trong 100g gạo đen trung bình có 8,89g protein, 3,33g lipid, 75,56g carbohydrate, 2,2g chất xơ, 2,4 mg sắt [2]. Vỏ cám (lớp ngoài cùng) của gạo đen chứa hàm lượng anthocyanin ở mức cao

nhất trong các loại thực phẩm. Anthocyanin là chất chống oxy hóa, hỗ trợ giảm cholesterol trong máu, chống ung thư [12]. Dịch chiết ethanol từ gạo đen ở điều kiện tối ưu chứa anthocyanin là $116,7 \pm 5,8$ mg/100g [13].

Việc thay thế bột gạo đen cho bột mì làm tăng hàm lượng các hợp chất hoạt tính sinh học của bánh quy trong đó có anthocyanin [2] và tăng tính chủ động của nguyên liệu sản xuất bánh. Tuy nhiên, anthocyanin là một hợp chất nhạy cảm với nhiệt độ. Quá trình xử lý nhiệt với nhiệt độ cao và thời gian dài sẽ dẫn đến việc thất thoát đáng kể hàm lượng chất chống oxy hóa tự nhiên này [14]. Sự thất thoát của hàm lượng anthocyanin trong quá trình xử lý và chế biến bánh quy chưa được khảo sát sâu. Trong khi đó, việc sử dụng bột gạo đen trong sản xuất bánh quy cũng như nghiên cứu bánh quy gạo đen giàu anthocyanin hầu như chưa được nghiên cứu, có rất ít ấn phẩm báo cáo về vấn đề này. Vì vậy, nghiên cứu sản xuất bánh quy từ gạo đen giàu anthocyanin là rất cần thiết.

Nghiên cứu này nhằm mục đích khảo sát và lựa chọn nguyên liệu gạo đen có hàm lượng anthocyanin cao, đồng thời khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi hàm lượng anthocyanin trong quá trình chế biến để bảo tồn tốt nhất hàm lượng anthocyanin mà vẫn đảm bảo đặc tính cảm quan cho sản phẩm bánh quy gạo đen.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

2.1.1. Gạo đen và các nguyên liệu làm bánh khác

Các nguyên liệu gạo đen thương mại trong nước được thu mua tại thành phố Hồ Chí Minh. Cụ thể, gạo đen Ông Thọ mua tại Bách Hóa Xanh, Nguyễn Đỗ Cung, phường Tây Thạnh, quận Tân Phú; gạo đen PMT mua tại Công ty TNHH TMDV Phú Minh Tâm, 481/83 Nguyễn Văn Quá, tổ 11, khu phố 4, phường Đông Hưng Thuận, quận 12; gạo đen Tây Bắc mua tại Công ty TNHH TMDV An Bình Phát, 175 Khuông Việt, phường Phú Trung, Tân Phú. Quy cách đóng gói: 1kg/gói (hình 1). Yêu cầu kỹ thuật: hạt còn nguyên vẹn, không bị sâu mọt, có màu tím đậm, độ ẩm từ 12,50-13,0%. Gạo đen được xay nghiền thành bột đến kích thước 120 mesh trước khi làm bánh.

Các nguyên liệu bao gồm: bột mì Mama's choice, đường Biên Hòa xay mịn, bơ lạt President, và tinh chất hương Vanilla Rayners dạng lỏng mua tại siêu thị dụng cụ và nguyên liệu làm bánh Nhất Hương, Tân Kỳ Tân Quý, Sơn Kỳ, Tân Phú; dầu đậu nành Simply, trứng gà Qlegg mua tại cửa hàng Bách Hóa Xanh, đường Nguyễn Đỗ Cung, Tây Thạnh, Tân Phú.



Hình 1. Các nguyên liệu gạo đen: (a) gạo Ông Thọ, (b) gạo PMT, (c) gạo Tây Bắc.

2.1.2. Hóa chất và thiết bị

Hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu gồm: ethanol 96% và acid clohydric 36,5% hang Đức Giang, Việt Nam; kali clorua 99,5% và sodium acetat trihydrate 99% hãng Xi Long, Trung Quốc.

Thiết bị và dụng cụ chính sử dụng gồm có: tủ sấy Memmert UN450Plus; tủ hút khí độc Fume Hood; bể ổn nhiệt Memmert WNB22; máy đo pH Si Analytics Lab 855; thiết bị ly tâm để bàn Z206A Hermle; thiết bị đo quang phổ khả kiến PHOTOLAB 6100 VIS; nồi cơm điện Bluestone RCB - 5568; máy đánh trứng cầm tay Philips HR3705; máy nghiền bột khô inox; cối trộn bột KitchenAid Professional 6 lít, 5KSM7590WWH; và lò nướng mini Sanaki Plus VH5099S2D, 50 lít. Các thiết bị và dụng cụ trên do Phòng thí nghiệm của Trung tâm chuyển giao khoa học và công nghệ, khoa Công nghệ thực phẩm, trường Đại học Công nghiệp thực phẩm thành phố Hồ Chí Minh tài trợ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị bánh quy

Công thức bánh quy sử dụng được hiệu chỉnh dựa trên công thức truyền thống gồm hỗn hợp bột mì và bột gạo, trứng 65%, bơ 52%, đường 50%, dầu 20% và vani 4% so với khối lượng bột. Hỗn hợp bột gồm bột gạo đen, bột mì, vani được trộn đều bằng cối trộn bột. Trứng, bơ, dầu và đường được đánh trộn đều đến bông xốp; sau đó nhào trộn với hỗn hợp bột phía trên. Hỗn hợp bột nhào thu được phải đồng nhất, bề mặt láng mịn, không quá nhão và quá khô. Tiếp theo, bánh được tạo hình với đường kính 4 ± 1 cm, bề dày $0,5 \pm 0,2$ cm, khối lượng $9 \pm 1,5$ g. Bánh được nướng ở nhiệt độ 165 °C, thời gian 15 phút và để nguội tự nhiên 10 phút đến nhiệt độ phòng. Sản phẩm có độ ẩm trung bình 3 ± 1 %, đường kính $5 \pm 0,5$ cm, bề dày $0,6 \pm 0,2$ cm, khối lượng $8 \pm 1,5$ g. Sản phẩm được bao gói trong túi PE và cho vào hộp giấy, bảo quản ở nhiệt độ thường cho các phân tích phía sau.

2.2.2. Chuẩn bị mẫu phân tích

Anthocyanin được trích ly theo phương pháp ngâm chiết trong dung môi cồn 50% thể tích [15-16]. Cho 01g bột nguyên liệu hoặc sản phẩm vào ống ly tâm chứa 10ml dung dịch C_2H_5OH/H_2O (50/50) và 1% HCl, giữ trong 2 giờ ở 60 °C. Sau đó, ly tâm thu dịch chiết với tốc độ 4.000 rpm trong 15 phút.

2.2.3. Xử lý gạo đen

Gạo đen được xử lý với các phương pháp khác nhau trước khi xay nghiền nhằm gia tăng hương vị, làm chín sơ bộ để giúp sản phẩm bánh có cảm quan tốt hơn. Phương pháp ngâm-nấu-sấy: gạo đen được ngâm nước trong 8 giờ để làm mềm, sau đó được nấu chín trong nồi cơm điện và sấy khô ở nhiệt độ 55 °C trong 5 giờ. Phương pháp rang: gạo đen được đem rang trong thời gian 125 °C trong 15 phút.

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ gạo đen đến chất lượng bánh quy

Gạo đen được sử dụng thay thế bột mì với các tỷ lệ khác nhau, lần lượt 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% và 100%. Bánh sau khi nướng được tiến hành đánh giá cảm quan và đánh giá hàm lượng anthocyanin. Các thông số khác được giữ nguyên như mục 2.2.1.

2.2.5. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ nướng đến chất lượng bánh quy

Với tỷ lệ gạo đen tối ưu ở mục 2.2.4, bánh quy gạo đen được nướng trong 15 phút ở các nhiệt độ khác nhau sản phẩm sẽ được mang đi nướng ở nhiệt độ khác nhau 155, 165, 175 và 185 °C trong thời gian 15 phút để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến hàm lượng anthocyanin và cảm quan của bánh. Sau đó, ở cùng một nhiệt độ tối ưu, thời gian nướng được thay đổi lần lượt từ 10, 15, 20 và 25 phút để khảo sát ảnh hưởng của thời gian nướng đến chất lượng bánh. Các thông số khác được giữ nguyên như mục 2.2.1.

2.2.6. Phương pháp phân tích

Đánh giá cảm quan mức độ ưa thích của người tiêu dùng

Phương pháp phân tích cảm quan được sử dụng trong nghiên cứu là phương pháp cho điểm thị hiếu trên thang điểm 7, với điểm 1 tương ứng mức độ “rất ghét” và điểm 7 tương ứng mức độ “rất thích”. Độ ẩm được xác định bằng phương pháp AOAC 925.45 [18]. Mức độ ưa thích sản phẩm được thực hiện với 60 người thử khác nhau.

Định lượng anthocyanin

Định lượng anthocyanin theo phương pháp pH vi sai [17]. Dung dịch đệm sử dụng là KCl 0,025M được hiệu chỉnh về pH 1 bằng HCl và NaCH₃COO.3H₂O 0,4M được hiệu chỉnh về pH 4,5 bằng HCl. Cho 2 ml dịch chiết vào bình định mức 50 ml, và định mức bằng dung dịch đệm rồi tiến hành đo ở 2 bước sóng 520nm và 700nm. Kết quả thu được tính theo công thức sau:

$$a = \frac{((A_{520nm, pH=1} - A_{700nm, pH=4.5}) - (A_{520nm, pH=1} - A_{700nm, pH=4.5})) * M * K * 1000}{g * l} \text{ (mg/L)}$$

Trong đó: a là hàm lượng anthocyanin (mg/L); A là độ hấp thu đo được bằng máy đo quang phổ; M 449,2 (g/mol) là khối lượng phân tử của cyanidin 3-glucoside; g 26900 (lít/mol.cm) là hệ số hấp thu phân tử của cyanidin 3-glucoside; l chiều dài đường quang của cuvet 1 cm; K là hệ số pha loãng; 1000 là hệ số chuyển từ g sang mg.

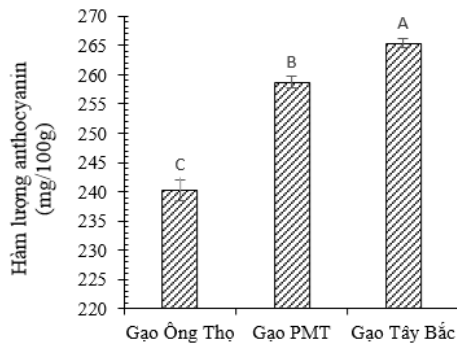
2.2.7. Phân tích dữ liệu

Việc xác định hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm được thực hiện lặp lại 3 lần độc lập để xác nhận độ tái lập của các kết quả. Kết quả dữ liệu được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình ± sai số chuẩn. Phân tích phương sai ANOVA và kiểm định Fisher được thực hiện để đánh giá sự khác biệt có nghĩa giữa các giá trị khảo sát với độ tin cậy 95% ($p < 0,05$) bằng phần mềm XLSTAT 2021. Giá trị trung bình đi kèm với các chữ cái khác nhau phía trên trong các đồ thị, thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với mức khác biệt ý nghĩa tối thiểu α 0,05.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng anthocyanin trong nguyên liệu

Kiểm định ANOVA một yếu tố trên phần mềm XLSTAT 2021 cho thấy, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hàm lượng anthocyanin ở các loại gạo đen khác nhau ($p < 0,05$). Gạo đen Tây Bắc có hàm lượng anthocyanin cao nhất $265,36 \pm 0,73$ mg/100g, gạo đen PMT có hàm lượng anthocyanin cao thứ hai $258,73 \pm 0,97$ mg/100g, và cuối cùng là gạo đen Ông Thọ có hàm lượng anthocyanin $240,24 \pm 1,69$ mg/100g. Đó đó gạo đen Tây Bắc sẽ được chọn làm nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 2. Hàm lượng anthocyanin trong nguyên liệu gạo đen.

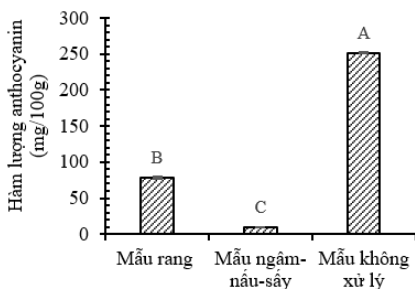
So sánh với các kết quả nghiên cứu khác, cả ba loại gạo đen Việt Nam có hàm lượng anthocyanin cao. Hàm lượng anthocyanin trong gạo đen thương mại Brazil là 116,58 mg/100g [12], gạo đen Thái Lan 109,00-327,60 mg/100g [13, 19], gạo đen Trung Quốc 151,93 mg/100g [13]. Tuy nhiên, hàm lượng anthocyanin bị giảm khi sử dụng các phương pháp xử lý và chế biến ở nhiệt độ cao, do các anthocyanin bị thoái biến.

3.2. Ảnh hưởng của kỹ thuật xử lý sơ bộ gạo đến hàm lượng anthocyanin và đặc tính cảm quan

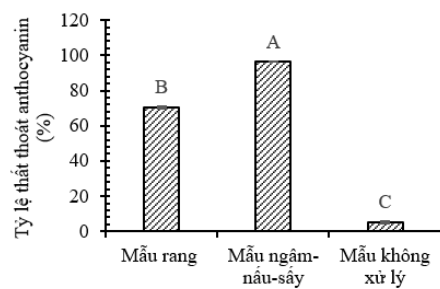
Nguyên liệu trước khi nghiên cứu được xử lý sơ bộ theo các phương pháp khác nhau: phương pháp ngâm - nấu - sấy, phương pháp rang và không xử lý (Bảng 1, Hình 3, 4 và 5).

Bảng 1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý sơ bộ đến cảm quan của bột và sản phẩm

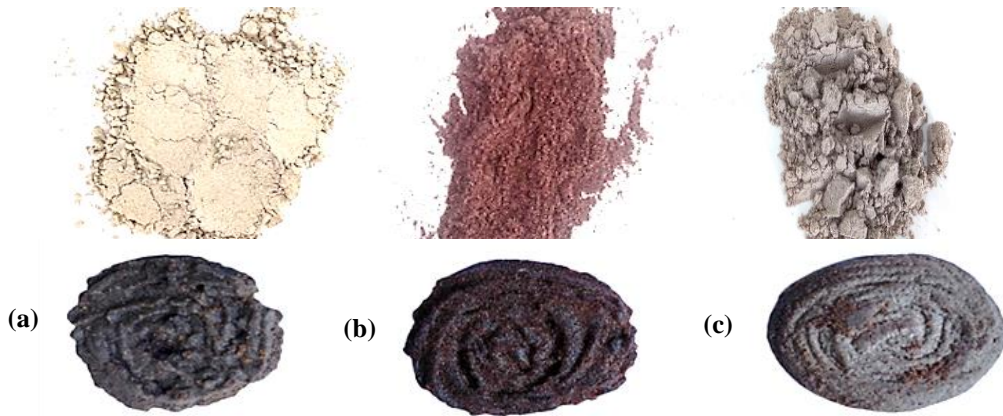
Phương pháp xử lý	Bột gạo		Khối bột nhào		Bánh sau nướng	
	Màu, mùi	Trạng thái	Màu, mùi	Trạng thái	Màu, mùi, vị	Trạng thái
Rang	Màu nâu nhạt, mùi thơm gạo đen mạnh	Mịn, không tạp chất	Màu tím đậm, mùi thơm gạo đen và bơ	Đồng nhất dễ tạo hình, không nhám	Màu nâu đen, mùi thơm bơ và gạo đen mạnh, vị ngọt nhẹ	Bề mặt láng, giòn xốp, không nhám
Ngâm-nấu-sấy	Màu tím đậm, mùi thơm gạo đen nhạt	Mịn, không tạp chất	Màu tím đậm, mùi thơm bơ	Đồng nhất dễ tạo hình, không nhám	Màu nâu đen, không mùi gạo đen, mùi thơm bơ, vị ngọt nhẹ	Bề mặt láng, giòn xốp, tan, không nhám
Không xử lý	Màu tím nhạt, mùi thơm gạo đen nhạt	Mịn, không tạp chất	Màu tím đậm, mùi thơm bơ	Đồng nhất dễ tạo hình, không nhám	Màu nâu đen, mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Bề mặt láng, giòn xốp, không nhám



Hình 4. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý sơ bộ đến hàm lượng anthocyanin trong bánh



Hình 5. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý sơ bộ đến tỷ lệ thất thoát anthocyanin trong bánh



Hình 3. Bột gạo đen và sản phẩm bánh quy với các phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau. (a) phương pháp rang, (b) phương pháp ngâm-nấu-sấy, (c) không xử lý sơ bộ.

Sự khác nhau về mặt cảm quan của bột gạo, khối bột nhào và bánh khi lần lượt thay đổi cách xử lý nguyên liệu (Bảng 2 và Hình 3). Phương pháp rang giúp làm dậy mùi hương đặc trưng có trong gạo, dễ xử lý trong việc xay gạo nên sản phẩm có mùi thơm bơ và gạo đen mạnh, cấu trúc giòn xốp. Phương pháp ngâm kết hợp với nấu và sấy không làm dậy mùi của gạo đen, cấu trúc bánh giòn xốp, tan trong miệng. Bột gạo không quá xử lý sơ bộ cho bánh có mùi thơm của gạo đen và bơ vừa phải, vị ngọt nhẹ, cấu trúc giòn xốp. So với phương pháp rang và không xử lý sơ bộ, bột gạo trải qua phương pháp ngâm-nấu-sấy không cho cảm quan bánh tốt, vì phương pháp này làm mất mùi thơm của gạo đen dù cấu trúc bánh dễ tan hơn.

Phương pháp xử lý sơ bộ làm ảnh hưởng đến hàm lượng anthocyanin trong nguyên liệu một cách đáng kể (Hình 4 và 5). Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hàm lượng anthocyanin của bột gạo và tỷ lệ thất thoát anthocyanin với các phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau. Trong đó, phương pháp không xử lý nguyên liệu giữ lại được nhiều hàm lượng anthocyanin nhất với $251,67 \pm 1,17$ mg/100g; phương pháp rang giữ lại được $78,58 \pm 1,49$ mg/100g với tỷ lệ thất thoát $70,39 \pm 0,56\%$; và phương pháp ngâm-nấu-sấy làm hao hụt hầu hết anthocyanin $96,28 \pm 0,09\%$, chỉ còn khoảng $9,86 \pm 0,23$ mg/100g.

Bột gạo hầu như giữ nguyên hàm lượng anthocyanin, tỷ lệ hao hụt rất thấp $5,15 \pm 0,44\%$, đồng thời cho cảm quan sản phẩm tốt, khi sử dụng phương pháp không xử lý sơ bộ nguyên liệu trước khi xay.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ gạo đen đến hàm lượng anthocyanin và chất lượng cảm quan

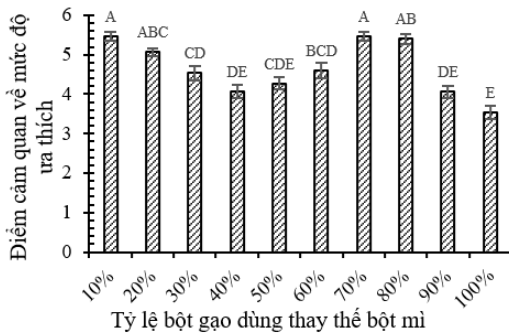
Tỷ lệ bột gạo đen sử dụng thay thế bột mì ảnh hưởng đáng kể đến tính chất cảm quan và mức độ ưa thích chung của bánh quy (bảng 2, hình 6 và hình 7). Bánh quy có cấu trúc giòn xốp, có hương vị gần bánh quy truyền thống hoặc có mùi gạo đen mạnh được ưa thích nhất. Điểm thị hiếu được đánh giá cao chủ yếu ở các tỷ lệ gạo đen 10%, 20%, 70% và 80% so với bột mì. Các tỷ lệ bột gạo 90% và 100% cho bánh có cấu trúc cứng đàn, ít giòn xốp nên không được ưa thích.

Bảng 2. Ảnh hưởng của các tỷ lệ bột gạo/bột mì khác nhau đến cảm quan của khối bột nhào và bánh quy

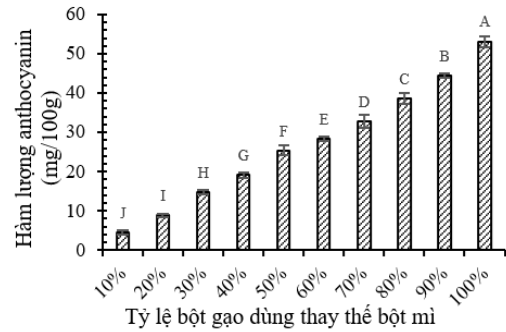
Tỷ lệ bột gạo	Khối bột nhào		Bánh sau nướng	
	Màu, mùi	Trạng thái	Màu, mùi, vị	Trạng thái
10%	Màu vàng nâu, mùi thơm bơ và bột mì	Đồng nhất, độ ẩm tốt	Thơm bơ và bột mì, vị ngọt, màu vàng nâu	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
20%	Màu vàng nâu đậm, mùi thơm bơ và bột mì	Đồng nhất, độ ẩm tốt	Thơm bơ và bột mì, vị ngọt, màu vàng nâu đậm	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
30%	Màu vàng nâu đậm, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm tốt	Mùi gạo đen và bột mì, thơm bơ, vị ngọt vừa, màu vàng nâu đậm	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
40%	Màu nâu đen, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm tốt	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt vừa, màu nâu đen	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
50%	Màu nâu đen, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm tốt	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt vừa, màu nâu đen	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
60%	Màu nâu đen, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm vừa	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ, màu nâu đen	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
70%	Màu nâu đen, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm vừa	Mùi thơm bơ, mùi gạo đen mạnh, vị ngọt nhẹ, màu nâu đen đậm	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
80%	Màu nâu đen đậm, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm vừa	Mùi thơm bơ, mùi gạo đen mạnh, vị ngọt nhẹ, màu nâu đen đậm	Bánh nở, giòn xốp, bề mặt láng
90%	Màu nâu đen đậm, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm vừa	Mùi thơm bơ, mùi gạo đen mạnh, vị ngọt nhẹ, màu nâu đen đậm	Bánh nở, giòn xốp nhẹ, bề mặt láng
100%	Màu nâu đen đậm, mùi thơm bơ, mùi gạo đen nhẹ	Đồng nhất, độ ẩm vừa	Mùi thơm bơ, mùi gạo đen mạnh, vị ngọt nhẹ, màu nâu đen đậm	Bánh nở, hơi cứng, ít giòn xốp, bề mặt láng



Hình 6. Sản phẩm bánh quy với tỷ lệ bột gạo thay thế bột mì khác nhau.



Hình 7. Điểm cảm quan mức độ ưa thích của bánh có các tỷ lệ bột gạo khác nhau



Hình 8. Hàm lượng anthocyanin của bánh có các tỷ lệ bột gạo khác nhau

Tỷ lệ bột gạo đen tăng dần, hàm lượng anthocyanin cũng tăng có ý nghĩa thống kê (Hình 8). Hàm lượng anthocyanin cao nhất ở bánh quy 100% gạo đen $53,12 \pm 1,42$ g/100mg, thấp nhất ở bánh quy 10% gạo đen $4,6 \pm 0,61$ g/100mg. Các tỷ lệ gạo đen 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, và 90% cho bánh có hàm lượng anthocyanin lần lượt là $8,89 \pm 0,37$, $14,84 \pm 0,61$, $19,11 \pm 0,62$, $25,39 \pm 1,30$, $28,34 \pm 0,53$, $32,70 \pm 1,65$, $38,65 \pm 1,28$, và $44,45 \pm 0,55$ mg/100mg. Với tỷ lệ bột gạo thay thế 80% bột mì, hàm lượng anthocyanin của sản phẩm được gia tăng và vẫn đáp ứng nhu cầu thị hiếu người tiêu dùng về cảm quan.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến hàm lượng anthocyanin và chất lượng cảm quan

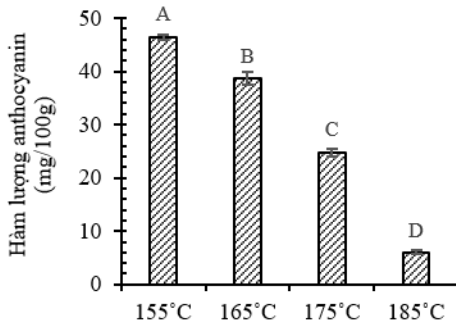
Nhiệt độ nướng bánh ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng cảm quan và hàm lượng anthocyanin của bánh (Bảng 3, Hình 9, 10 và 11). Hàm lượng anthocyanin của bánh khi nướng trong 15 phút ở nhiệt độ $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ là $46,43 \pm 0,51$ mg/100g; ở nhiệt độ $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ là $38,65 \pm 1,28$ mg/100g; ở $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ là $24,76 \pm 0,70$ mg/100g; và ở nhiệt độ $185\text{ }^{\circ}\text{C}$ là $5,98 \pm 0,37$ mg/100g. Sự biến đổi hàm lượng anthocyanin với các nhiệt độ nướng khác nhau là có ý nghĩa thống kê. Điều này được giải thích do anthocyanin kém bền ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ càng thấp, tỷ lệ anthocyanin thất thoát càng thấp. Cụ thể, tỷ lệ thất thoát anthocyanin trong quá trình nướng là $53,88 \pm 0,51\%$, $61,61 \pm 1,27\%$, $75,41 \pm 0,69\%$, $94,06 \pm 0,37\%$ khi thay đổi nhiệt độ nướng lần lượt ở $155\text{ }^{\circ}\text{C}$, $165\text{ }^{\circ}\text{C}$, $175\text{ }^{\circ}\text{C}$, và $185\text{ }^{\circ}\text{C}$. Về mặt cảm quan, ở nhiệt độ nướng $155\text{ }^{\circ}\text{C}$, bánh chưa đạt độ chín và cấu trúc bánh chưa tốt.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến độ ẩm và cảm quan bánh sau nướng.

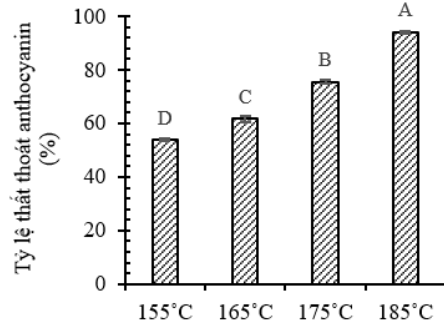
Nhiệt độ	Độ ẩm	Mùi, vị	Màu sắc	Trạng thái
155 °C	2,52%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen nhạt	Chưa chín đều, tâm bánh còn mềm, không xốp, bề mặt láng
165 °C	1,89%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng
175 °C	1,42%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen đậm	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng
185 °C	0,8%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Đen đậm	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng



Hình 9. Sản phẩm bánh quy với các nhiệt độ nướng khác nhau.



Hình 10. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến hàm lượng anthocyanin trong bánh



Hình 11. Ảnh hưởng của nhiệt độ nướng đến tỷ lệ thất thoát anthocyanin trong bánh

3.5. Ảnh hưởng của thời gian nướng đến hàm lượng anthocyanin và chất lượng cảm quan

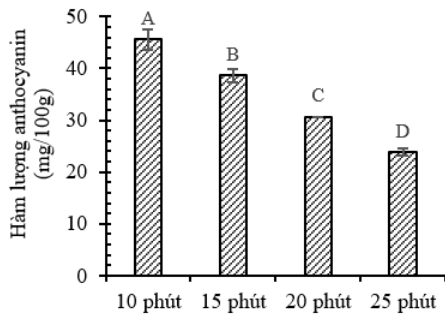
Thời gian nướng có ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng cảm quan và hàm lượng anthocyanin trong bánh (bảng 4, hình 12, hình 13 và hình 14). Ở nhiệt độ nướng 165 °C, bánh có hàm lượng anthocyanin $45,58 \pm 1,96$ mg/100g với thời gian nướng 10 phút, $38,65 \pm 1,28$ mg/100g với thời gian nướng 15 phút, $30,64 \pm 0,06$ mg/100g với thời gian nướng 20 phút, và $23,84 \pm 0,67$ mg/100g với thời gian nướng 25 phút. Sự khác biệt này có ý nghĩa về mặt thống kê.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian nướng đến độ ẩm và cảm quan bánh sau nướng.

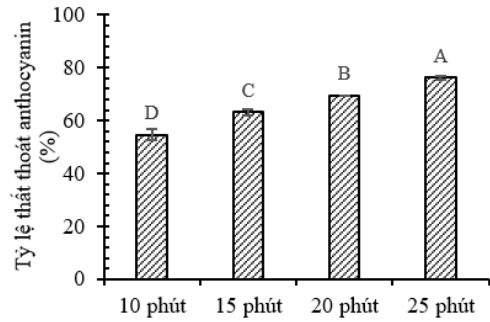
Thời gian	Độ ẩm	Mùi, vị	Màu sắc	Trạng thái
10 phút	2,73%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen nhạt	Chưa chín đều, không xốp, bề mặt láng
15 phút	1,89%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng
20 phút	1,63%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng
25 phút	1,06%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen đậm	Chín đều, giòn xốp, bề mặt láng



Hình 12. Sản phẩm bánh quy với các thời gian nướng khác nhau.



Hình 13. Ảnh hưởng của thời gian nướng đến hàm lượng anthocyanin trong bánh



Hình 14. Ảnh hưởng của thời gian nướng đến tỷ lệ thất thoát anthocyanin trong bánh

Kết quả khẳng định về mặt thực nghiệm về sự phân hủy anthocyanin. Với cùng một nhiệt độ, thời gian chịu nhiệt càng dài, sự thất thoát anthocyanin càng cao. Cụ thể, tỷ lệ thất thoát anthocyanin trong quá trình nướng là $54,73 \pm 1,95\%$, $63,18 \pm 1,21\%$, $69,56 \pm 0,05\%$, $76,32 \pm 0,66\%$ khi thay đổi thời gian nướng lần lượt ở 10 phút, 15 phút, 20 phút và 25 phút. Về mặt cảm quan, với thời gian nướng 10 phút, bánh chưa đạt độ chín và cấu trúc bánh chưa tốt. Do đó, thời gian nướng bánh 15 phút đảm bảo hàm lượng anthocyanin ít tổn thất nhất và cảm quan tốt. Hai thông số thời gian và nhiệt độ nướng đều ảnh hưởng mạnh đến hàm lượng anthocyanin của sản phẩm. Nhiệt độ nướng càng cao trong thời gian nướng càng dài, hàm lượng anthocyanin trong bánh giảm rõ rệt, hay tỷ lệ thất thoát anthocyanin càng cao.

3.6. Sự biến đổi hàm lượng anthocyanin và chất lượng cảm quan trong thời gian bảo quản

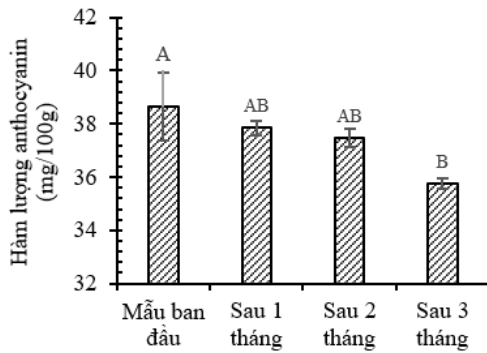
Thời gian bảo quản không ảnh hưởng đáng kể đến đặc tính cảm quan của bánh (bảng 5 và hình 15). Hàm lượng anthocyanin có sự thay đổi nhẹ nhưng không đáng kể sau 2 tháng bảo quản (hình 16 và hình 17). Cụ thể, lượng anthocyanin hao hụt 0,81 - 1,18 mg/100g sản phẩm (tương ứng 2,08 - 3,06%), và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm không khác biệt đáng kể so với mẫu ban đầu. Đến tháng thứ 3, anthocyanin bị phân hủy $7,54 \pm 0,51\%$. Hàm lượng anthocyanin của bánh sau 3 tháng bảo quản là $35,74 \pm 0,20$ mg/100g sản phẩm.

Bảng 5. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản đến độ ẩm và cảm quan sản phẩm.

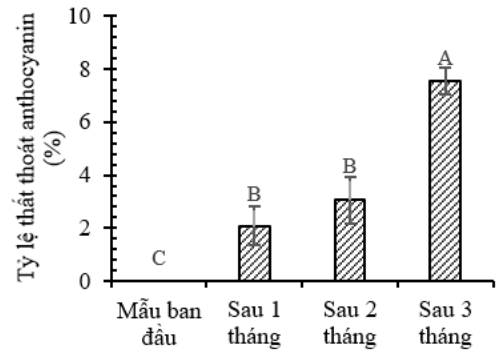
Thời gian	Độ ẩm	Mùi, vị	Màu sắc	Trạng thái
1 tháng	1,96%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Bánh giòn, xốp, bề mặt láng, không bị bết nát
2 tháng	2,02%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Bánh giòn, xốp, bề mặt láng, không bị bết nát
3 tháng	2,26%	Mùi thơm gạo đen và bơ, vị ngọt nhẹ	Nâu đen	Bánh giòn, xốp, bề mặt láng, không bị bết nát



Hình 15. Sản phẩm bánh quy với các thời gian bảo quản khác nhau.



Hình 16. Hàm lượng anthocyanin của bánh theo thời gian bảo quản



Hình 17. Tỷ lệ thất thoát anthocyanin của bánh theo thời gian bảo quản

4. KẾT LUẬN

Nguyên liệu gạo đen được khảo sát có hàm lượng anthocyanin 240,24 - 265,35 mg/100g, cao hơn so với các nguyên liệu gạo đen khác được ghi nhận. Bột gạo đen nên được sử dụng trực tiếp vào quá trình sản xuất bánh quy mà không cần các quá trình xử lý nhiệt sơ bộ như rang, nấu, sấy, nướng vì sẽ làm thất thoát anthocyanin đáng kể. Thời gian nướng càng dài và nhiệt độ càng cao, hàm lượng anthocyanin còn lại càng ít. Chế độ nướng 165 °C, 15 phút giúp bánh quy có đặc tính cảm quan và hàm lượng anthocyanin tối ưu nhất. Bánh quy thành phẩm có đặc tính cảm quan tốt, đồng thời tăng hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm $35,74 \pm 0,20$ mg/100g. Anthocyanin bị phân hủy nhẹ theo thời gian bảo quản ở điều kiện nhiệt độ thường, bao gói kín trong túi PE và đặt trong bao bì giấy với tỷ lệ hao hụt 2,08 - 3,06% sau 1-2 tháng và 7,54% sau 3 tháng bảo quản. Do đó, gạo đen thực sự là một nguyên liệu tiềm năng để thay thế một phần hoặc hoàn toàn bột mì trong sản xuất bánh quy và việc thương mại hóa sản phẩm là đáng mong đợi.

Các nghiên cứu tiếp theo có thể khảo sát các phương pháp bổ sung để gia tăng hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm. Tác động của hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm đến sự tăng cường sức khỏe của người tiêu dùng cần được đánh giá sâu hơn bằng các phương pháp in vitro và in vivo. Ngoài ra, việc tính toán để công thức bánh quy gạo đen có sự cân bằng dinh dưỡng về hàm lượng đạm, béo và carbohydrate có thể được cân nhắc.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này do trường Đại học Công nghiệp thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng số 35/HĐ-DCT ký ngày 09/9/2020.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Klunklin W. and Savage G. - Biscuits: A substitution of wheat flour with purple rice flour, *Advances in Food Science and Engineering* **2** (3) (2018) 81-97.
2. Klunklin W. and Savage G. - Effect of substituting purple rice flour for wheat flour on physicochemical characteristics, in vitro digestibility, and sensory evaluation of biscuits, *Journal of Food Quality* **1** (2018) 1-8.
3. Chauhan A., Saxena D.C., Singh S. - Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour, *LWT - Food Sci. and Technol.*, **63** (2) (2015) 935-945.

4. Chinma C.E., Igbabul B.D., Omotayo O.O. - Quality characteristics of cookies prepared from unripe plantain and defatted sesame flour blends, *American Journal of Food Technology* **7** (7) (2012) 398-408.
5. Joung K. Y., Song K.Y., Hyeonbin O., Zhang Y., Shin S. Y. and Kim Y. S. - Effect of various gluten-free flours on quality characteristics and antioxidant activities of cookies, *Korean J Food Cook Sci.* **33** (2) (2017) 127-136.
6. Rai S., Kaur A. and Singh B. - Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations, *J Food Sci Technol* **51** (4) (2014) 785-789.
7. Bertolin T. E., Centenaro A., Giacomelli B., Reinehr C. and Gutkoski L. C. - Elaboration of biscuits with oatmeal and fat palm with added L-leucine and calcium for sarcopenia, *Food Sci. Technol Campinas* **33** (2) (2013) 345-354.
8. Batista J. E. R., Morais M. P. D., Caliaro M. and Junior M. S. S. - Physical, microbiological and sensory quality of gluten-free biscuits prepared from rice flour and potato pulp, *Journal of Food and Nutrition Research* **55** (2016) 101-107.
9. Bassinello P. Z., Freitas D. G. C., Ascheri J. L. R., Takeiti C. Y., Carvalho R. N., Koakuzu S. N. and Carvalho A. V. - Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours, *Procedia Food Science* **1** (2011) 1645-1652.
10. Čukelj N., Novotni D., Sarajlija H., Drakula S., Voucko B. and Curic D. - Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits, *LWT - Food Science and Technology* **86** (2017) 85-92.
11. Mir S. A., Bosco S. J. D., Shah M. A., Santhalakshmya S. and Mir M. M. - Effect of apple pomace on quality characteristics of brown rice based cracker, *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* **16** (1) (2017) 25-32.
12. Pedro A. C., Granato D. and Rosso N. D. - Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability, *Food Chemistry* **191** (2016) 12-20.
13. Sompong R., Siebenhandl-Ehn S., Linsberger-Martin G. and Berghofer E. - Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka, *Food Chem.* **124** (2011) 132-140.
14. Yifan Y., Changzheng S., Luigi F. and Simone D. C., Day temperature has a stronger effect than night temperature on anthocyanin and flavonol accumulation in 'merlot' (*Vitis vinifera* L.) grapes during ripening, *Frontiers in Plant Science* **11** (2020) 1-16.
15. Nguyễn Thị Tuyết, Trần Thị Duyên - Nghiên cứu tách chiết chất màu anthocyanin từ hoa đậu biếc (*Clitoria ternatean*), *Tạp chí Công nghiệp Nông thôn* **36** (2019) 81-92.
16. Kiều Thị Nhi, Nguyễn Tuấn Kiệt và Hoàng Thị Ngọc Nhon - Nghiên cứu quy trình chiết tách anthocyanin hiệu quả từ hành tím, hành lá, tỏi tía, cần tây, cần ta, *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM* **12** (2017) 100-107.
17. Giusti M. M., Rodríguez-Saona L. E. and Wrolstad R. E. - Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated pelargonidin-based anthocyanins, *J. Agric. Food Chem.* **47**(11) (1999) 4631-4637.
18. Đinh Thị Hiền, Nguyễn Thị Thanh Thủy và Nguyễn Đức Quyết - Xác định một số công nghệ chính của quá trình chế biến bánh bích qui xốp bổ sung bột hạt điều làm nguyên liệu phụ, *Tạp chí Khoa học và Phát triển* **7** (2013) 1037-1044.

19. Abdel-Aal E. S. M., Young J. C. and Rabalski I. - Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains, *J. Agric. Food Chem.* **54** (13) (2006) 4696-4704.
20. Walter M., Marchesan E., Massoni P. F. S., Silva L. P., Sartori G. M. S. and Ferreira R. B. - Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing, *Food Research International* **50** (2) (2013) 698-703.

ABSTRACT

STUDY ON PRODUCTION OF ANTHOCYANIN RICH BISCUITS FROM BLACK RICE (*Oryza sativa* L.)

Nguyen Le Anh Minh*, Chau Ngoc Nhu Huynh,
Phan Thi Kim Ngan, Huynh Thi Diem Phuc, Phan Thi Hong Lien
Ho Chi Minh City University of Food Industry
*Email: minhnla@fst.edu.vn

Black rice (purple rice) is of high nutritional value, especially its anthocyanin antioxidant content, and is a suitable choice for adding to biscuits. The pretreatment methods, the ratios of rice flour, and the different baking temperatures and durations were studied and evaluated on the anthocyanin content and sensory properties. The surveyed black rice had anthocyanin content of 240.24 – 265.35 mg/100g, significantly higher than other studies. The preliminary heat treatment of raw materials causes a rapid loss of anthocyanin content. The roasting and the soaking-cooking-drying method lost about 70.39% and 96.28% anthocyanin, respectively. Therefore, rice flour should not undergo pre-heat treatment before baking. Anthocyanin content lost about 61.61% when baking at 165 °C for 15 minutes. Replacing 80% of wheat flour with rice flour caused the highest anthocyanin content (38.65 ± 1.28 mg/100g of product) and good sensory qualities. Anthocyanin content after three months of storage tends to decrease slightly by 7.54%.

Keywords: Black rice, purple rice, anthocyanins, black rice biscuits.