

ẢNH HƯỞNG GIỐNG VÀ TỶ LỆ GẠO LỨT ĐẾN TÍNH CHẤT HÓA LÝ, TÍNH KHÁNG OXI HÓA VÀ CẢM QUAN CỦA SNACK ÉP ĐÙN

Võ Thành Nguyên¹, Ngô Hải Luật¹, Đỗ Trần Minh Phát¹,
Lâm Nguyễn Băng Tâm¹, Lý Ngọc Hân¹, Đặng Ngọc The², Nhan Minh Trí^{2,*}

¹Bộ môn Công nghệ Thực phẩm

²Bộ môn Công nghệ Sau thu hoạch,

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

* Email: nhanmtri@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Gạo lứt là nguyên liệu giàu giá trị dinh dưỡng nhờ chứa nhiều hợp chất sinh học có hoạt tính kháng oxy hóa cao, đặc biệt là anthocyanin và polyphenol trong các giống gạo màu. Việc phát triển các sản phẩm snack từ gạo lứt thông qua công nghệ ép đùn là một hướng đi tiềm năng nhằm tạo ra thực phẩm tiện lợi có giá trị dinh dưỡng và cảm quan cao. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của giống gạo lứt (gạo tím Sóc Trăng, gạo đen và gạo nếp tím than) và tỷ lệ phối trộn với gạo trắng ST25 (20/80, 30/70 và 40/60, khối lượng/khối lượng) đến các đặc tính chất lượng của snack ép đùn. Các chỉ tiêu được khảo sát bao gồm độ ẩm, độ cứng, độ nở, khối lượng riêng, màu sắc (L^* , a^* , b^* và góc màu H°), hoạt tính kháng oxy hóa (DPPH) và giá trị cảm quan. Kết quả cho thấy, khi giống gạo có ảnh hưởng rõ rệt đến hàm lượng ẩm, giá trị màu b^* , khối lượng riêng và khả năng kháng oxy hóa, trong khi tỷ lệ phối trộn chi phối chủ yếu đến L^* , a^* , độ cứng và độ nở của snack ép đùn. Việc tăng tỷ lệ gạo lứt trong công thức, các mẫu snack có xu hướng tăng độ ẩm trước sấy, hoạt tính kháng oxy hóa DPPH và độ nở, trong khi độ ẩm sau sấy, khối lượng riêng, độ cứng và giá trị L^* có xu hướng giảm. Trong số các giống được khảo sát, gạo nếp tím than cho hoạt tính kháng oxy hóa cao nhất. Nhìn chung, sự kết hợp giữa gạo ST25 và các giống gạo lứt giàu hợp chất sinh học đã góp phần tạo ra sản phẩm snack giòn xốp, màu sắc tự nhiên và giá trị sức khỏe vượt trội với khả năng chống oxy hóa cao (DPPH đạt 2,32 mg TE/g CK) với độ nở 1,68 lần và độ cứng 30,11 N, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong phát triển các sản phẩm snack dinh dưỡng từ gạo tại Việt Nam.

Từ khoá: DPPH, độ nở, độ cứng, giống gạo, snack ép đùn, tỉ lệ gạo lứt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng sản xuất lúa gạo trọng điểm của Việt Nam, giữ vai trò then chốt trong chuỗi cung ứng lúa gạo quốc gia và xuất khẩu toàn cầu [1]. Trong số các giống lúa được canh tác tại Việt Nam, ST25 được xem là một trong những giống lúa tiêu biểu nhất, nhiều lần được vinh danh với giải thưởng “Gạo ngon nhất thế giới”. Giống gạo này có đặc tính hạt dài, cơm trắng trong, hương thơm đặc trưng, độ dẻo cao, giá trị dinh dưỡng tốt và năng suất ổn định, nhờ đó ngày càng được ưa chuộng trên thị trường trong nước và quốc tế [2]. Tuy nhiên, phần lớn sản phẩm từ ST25 hiện nay vẫn tập trung vào dạng gạo xay trắng truyền thống, trong khi tiềm năng

ứng dụng vào các sản phẩm chế biến giá trị gia tăng còn chưa được khai thác đầy đủ.

Người tiêu dùng không chỉ quan tâm đến yếu tố ngon miệng mà còn chú trọng đến giá trị dinh dưỡng và lợi ích đối với sức khỏe, đặc biệt là các sản phẩm có khả năng hỗ trợ kiểm soát cân nặng, phòng ngừa bệnh mạn tính và cung cấp hợp chất sinh học tự nhiên. Trong bối cảnh đó, gạo lứt ngày càng được đánh giá cao do vẫn giữ nguyên lớp cám - nơi tập trung nhiều vitamin, khoáng chất, chất xơ và các hợp chất chống oxy hóa. Đáng chú ý, các giống gạo lứt đen và gạo lứt tím chứa nhiều anthocyanin có hoạt tính kháng oxy hóa cao, thường được đánh giá thông qua phương pháp DPPH. Nhiều nghiên cứu cho thấy các hợp

chất này góp phần làm giảm nguy cơ mắc bệnh tim mạch, đái tháo đường type 2, béo phì và một số dạng ung thư, đồng thời có tác dụng cải thiện chức năng não bộ, hỗ trợ trí nhớ và làm chậm quá trình lão hóa [3].

Với giá trị dinh dưỡng và chức năng nổi bật, gạo lứt, đặc biệt là gạo lứt màu, là nguyên liệu tiềm năng cho phát triển các sản phẩm snack dinh dưỡng. Snack là nhóm thực phẩm tiện lợi, thường được sử dụng giữa các bữa chính nhằm cung cấp năng lượng nhanh hoặc tạo cảm giác ngon miệng, được ưa chuộng nhờ cấu trúc giòn xốp, hương vị hấp dẫn và tính tiện dụng cao. Các sản phẩm snack từ ngũ cốc nguyên hạt và gạo lứt phản ánh rõ xu hướng phát triển các dòng thực phẩm “ăn vặt lành mạnh”, vừa đáp ứng nhu cầu cảm quan vừa mang lại lợi ích sức khỏe [4].

Trong số các công nghệ chế biến snack, công nghệ ép đùn (extrusion) được xem là đặc biệt phù hợp cho sản xuất snack từ ngũ cốc nhờ khả năng xử lý ở nhiệt độ cao trong thời gian ngắn, giúp tiêu diệt vi sinh vật gây hại, bất hoạt enzyme lipase và protease, đồng thời tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường [5]. Tuy nhiên, để tạo ra sản phẩm snack gạo có chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng cao, quá trình ép đùn cần được kiểm soát chặt chẽ. Nghiên cứu trên ngũ cốc ép đùn từ gạo lứt đỏ và đen bằng công nghệ ép đùn hai trục vít cho thấy độ ẩm nguyên liệu có ảnh hưởng mạnh hơn nhiệt độ đến các tính chất hóa lý của sản phẩm - bao gồm màu sắc, thể tích, cấu trúc và khả năng hòa tan: Khi tăng độ ẩm phối trộn, sản phẩm có xu hướng giảm độ nở, tăng khối lượng riêng, tăng độ cứng và sẫm màu hơn [6]. Tương tự, các tính chất vật lý (độ nhớt, cấu trúc, độ rỗng) và giá trị dinh dưỡng (hàm lượng phenolic, anthocyanin, khả năng kháng oxy hóa) của snack phương pháp ép đùn hai trục vít cũng đã được ghi nhận có sự thay đổi rõ rệt theo loại gạo chế biến từ gạo trắng, đỏ và đen [4]. Hàm lượng amylose cao đã được ghi nhận làm tăng độ kết tinh của pellet, hình thành cấu trúc tế bào khí nhỏ và dày đặc hơn, từ đó làm giảm độ nở và tăng độ cứng, độ giòn gãy của snack gạo trắng sau ép đùn [7]. Những kết quả này cho thấy công thức phối trộn nguyên liệu ảnh hưởng đến các tính chất công nghệ, đồng thời góp phần làm suy giảm hoạt tính kháng oxy hóa trong snack trong quá trình chế biến bằng ép đùn hai trục vít.

Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng của các giống gạo có sắc tố - gạo tím, gạo đen và nếp tím - với hàm lượng amylose khác biệt, khi phối trộn với gạo trắng ST25 ở các tỷ lệ khác nhau, đến tính chất vật lý, khả năng kháng oxy hóa và giá trị cảm quan của snack ép đùn một trục vít vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Do đó, việc nghiên cứu này đánh giá mức độ ảnh hưởng và mối tương quan giữa giống gạo lứt màu kết hợp với gạo ST25 với các tính chất hóa lý và khả năng kháng oxy hóa của snack là cần thiết, nhằm vừa khai thác hiệu quả lợi thế nguồn nguyên liệu đặc hữu của ĐBSCL, vừa phát triển sản phẩm snack tiện lợi đạt giá trị cảm quan cao, giàu dinh dưỡng và có lợi cho sức khỏe, đáp ứng xu hướng tiêu dùng thực phẩm hiện đại.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thành phần nguyên liệu

Thí nghiệm được thiết kế theo mô hình hai yếu tố, bao gồm (i) giống gạo và (ii) tỷ lệ phối trộn. Ba giống gạo có sắc tố được lựa chọn làm nguyên liệu nghiên cứu, gồm gạo tím Sóc Trăng (amylose 13,73% và anthocyanin 200,45 mg%), gạo đen Phức Thọ (amylose 2,82% và 121,60 mg%) và gạo nếp tím than (amylose 0,09% và 280,13 mg). Các giống gạo này được phối trộn với gạo trắng ST25 (18,27% amylose và 280,13) theo ba tỷ lệ khối lượng gạo màu/gạo trắng là 20/80, 30/70 và 40/60 nhằm khảo sát ảnh hưởng của thành phần nguyên liệu và hàm lượng amylose đến đặc tính của sản phẩm snack. Bên cạnh đó, các công thức phối trộn còn được bổ sung 5% tinh bột bắp, 0,525% NaCl, 0,04% axit citric và 0,21% NaHCO₃ nhằm đảm bảo tính đồng nhất của hỗn hợp bột và cải thiện các đặc tính chức năng trong quá trình chế biến, bao gồm khả năng nở, cấu trúc và cảm quan của sản phẩm. Nước được bổ sung vào hỗn hợp bột để điều chỉnh độ ẩm cuối cùng đạt 18%, phù hợp với yêu cầu công nghệ của quá trình đùn.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Chuẩn bị snack ép đùn

Quá trình tạo hình bằng phương pháp đùn được tiến hành trên thiết bị đùn trục vít đơn có năng suất 50 - 70 kg/h, sử dụng động cơ công suất 5,5 kW và nguồn điện ba pha 380 V - 50 Hz. Thiết bị ép đùn của VINASTAR (NB3000, Việt

Nam) được thiết kế với dải tốc độ trục vít từ 200 đến 800 vòng/phút và cấu hình hình học gồm khuôn đùn đường kính 1,3 cm, trục vít dài 12 cm, đường kính buồng đùn 3,4 cm, chiều rộng kênh vít 1,4 cm, chiều rộng cánh vít 0,5 cm và bước vít 1,5 cm. Trong suốt quá trình thí nghiệm, tốc độ trục vít được duy trì ở mức 450 vòng/phút, nhiệt độ được kiểm soát 120 - 125°C, và lưu lượng cấp liệu được giữ ổn định 10kg/ giờ cho tất cả các tỷ lệ phối trộn gạo nhằm đảm bảo điều kiện đùn đồng nhất. Sau khi đùn, sản phẩm đùn được sấy ở 60°C trong 60 phút để giảm hàm ẩm và ổn định cấu trúc sản phẩm.

2.2.2. Độ ẩm

Độ ẩm (%) là hàm lượng nước của mẫu được xác định bằng cách sấy 5 g mẫu đã nghiền trong tủ sấy ở 105°C trong 24 giờ theo phương pháp AOAC [8].

2.2.3. Độ nở

Độ nở (lần) của sản phẩm đùn được xác định bằng tỷ số giữa đường kính ngoài của sản phẩm và đường kính lỗ khuôn. Đường kính sản phẩm đùn và đường kính lỗ khuôn được đo bằng thước cặp điện tử Vernier. Đối với mỗi lần lặp, mười mẫu được đo và giá trị trung bình được sử dụng cho phân tích thống kê [9].

2.2.4. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng (D) của sản phẩm snack ép đùn được xác định theo phương pháp hình học, bằng tỷ số giữa khối lượng và thể tích mẫu hình trụ [10]. Mười mẫu snack có dạng hình trụ được lựa chọn ngẫu nhiên và cân riêng lẻ để xác định khối lượng. Thể tích của mỗi mẫu được xác định thông qua việc đo đường kính và chiều dài bằng thước cặp điện tử Vernier. Từ các thông số hình học thu được, thể tích hình trụ của mẫu được tính toán, sau đó khối lượng riêng được xác định bằng cách lấy khối lượng chia cho thể tích tương ứng. Khối lượng riêng của mẫu hình trụ được tính theo công thức:

$$D \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{m}{\pi \times L \times \frac{(d_{\text{trong}}^2 - d_{\text{ngoài}}^2)}{4}} \quad [1]$$

Trong đó, L là chiều dài sản phẩm (cm), m là khối lượng sản phẩm đùn (g), d_{trong} là đường kính trong sản phẩm (cm), d_{ngoài} là đường kính ngoài sản phẩm (cm).

2.2.5. Độ cứng bánh snack

Tính chất cấu trúc của sản phẩm snack được xác định bằng máy phân tích kết cấu TA. XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, UK) gắn bộ lưỡi cắt. Các thông số thử nghiệm gồm tốc độ trước thử nghiệm 2,0 mm/s, tốc độ thử nghiệm 1,0 mm/s, tốc độ sau thử nghiệm 10,0 mm/s và khoảng cách nén 5,0 mm. Đường cong lực-thời gian được ghi nhận để xác định lực cực đại (N), giá trị này được sử dụng làm chỉ tiêu biểu thị độ cứng và đặc tính giòn của sản phẩm đùn [11].

2.2.6. Màu sắc

Các giá trị màu L*, a* và b* được xác định bằng máy đo màu (Linshang LS172, Trung Quốc). Mỗi mẫu được đo tại nhiều vị trí trên bề mặt với ba lần lặp. Góc màu (H°) được tính theo công thức sau [12]:

$$H^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad [2]$$

Trong hệ màu này, chỉ số L* (độ sáng) biểu thị mức độ sáng của màu sắc, dao động từ đen (L* = 0) đến trắng (L* = 100). Giá trị a* (trục đỏ-xanh lục) phản ánh mức độ đỏ (a* dương) hoặc xanh lục (a* âm), trong khi giá trị b* (trục vàng-xanh lam) thể hiện mức độ vàng (b* dương) hoặc xanh lam (b* âm).

2.2.7. Khả năng bắt gốc tự do DPPH

Hoạt tính kháng oxy hóa của mẫu được xác định bằng phép thử bắt giữ gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Phương pháp này dựa trên khả năng khử của các hợp chất chống oxy hóa trong mẫu, làm đổi màu dung dịch DPPH từ tím sang vàng nhạt, kèm theo sự giảm độ hấp thụ tại bước sóng 517 nm [13]. Mức độ suy giảm độ hấp thụ được sử dụng để đánh giá năng lực kháng oxy hóa, với kết quả được chuẩn hóa theo Trolox và biểu thị dưới dạng khả năng kháng oxy hóa tương đương Trolox (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC), phản ánh định lượng khả năng quét gốc tự do của mẫu trong 1 gam chất khô (CK).

$$DPPH \left(\frac{mgTE}{gCK} \right) = \frac{C \times DF \times V}{m(100-w)} \times 100 \quad [3]$$

Trong đó, C là nồng độ đương lượng trolox trong mẫu đo, xác định đường chuẩn (mg/1g CK), DF là hệ số pha loãng dung dịch trích trước khi phân tích, V là thể tích dịch trích (mL), m là khối lượng mẫu (g), w là độ ẩm của mẫu.

2.2.8. Đánh giá cảm quan

Đánh giá cảm quan snack bằng phương pháp cho điểm QDA (Quantitative Descriptive Analysis). Hội đồng đánh giá cảm quan được thành lập với 15 thành viên. Chất lượng cảm quan snack được mô tả bằng màu sắc, cấu trúc, mùi và vị. Đánh giá cảm quan mỗi thuộc tính của bánh được xây dựng theo thang điểm mô tả từ 1 đến 5 [14].

2.2.9. Phân tích số liệu

Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Số liệu được thống kê bằng chương trình Statgraphics Centurion 15 để tính ANOVA, kiểm định bằng Fisher t test, sự khác biệt có ý nghĩa (LSD). Phần trăm ảnh hưởng (variance component) được tính tỉ lệ % giữa tổng bình phương độ lệch (sum of square) so với tổng các độ lệch bình phương toàn bộ (total sum of square).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng các giống gạo lứt đến các tính chất hóa lý và DPPH của snack ép đùn

Khả năng và mức độ ảnh hưởng của hai nhân tố là giống gạo lứt và tỷ lệ phối trộn đến các chỉ tiêu chất lượng của snack ép đùn, bao gồm độ ẩm (trước và sau khi sấy), các thông số màu (L^* , a^* , b^* và góc màu H^0), độ cứng, độ nở, khối lượng riêng và hoạt tính kháng oxy hóa (DPPH), được đánh giá và trình bày trong bảng 1 và hình 1.

Kết quả phân tích phương sai cho thấy, giống gạo lứt ảnh hưởng có ý nghĩa rất cao ($p < 0,001$) đến độ ẩm trước sấy, độ ẩm sau sấy, các thông số màu L^* , b^* và góc màu H^0 , cũng như độ cứng của sản phẩm. Trong khi đó, ảnh hưởng của nhân tố này đến hoạt tính kháng oxy hóa DPPH chỉ ở

mức trung bình ($p < 0,01$), cho thấy thành phần giống gạo chủ yếu chi phối đặc tính vật lý và cảm quan bề mặt hơn là khả năng chống oxy hóa của sản phẩm cuối.

Đối với nhân tố tỷ lệ phối trộn, kết quả cho thấy yếu tố này có ảnh hưởng rất rõ rệt ($p < 0,001$) đến độ ẩm trước sấy, độ ẩm sau sấy, toàn bộ các thông số màu (L^* , a^* , b^* và H^0) cũng như độ cứng của snack ép đùn. Tuy nhiên, tương tự như giống gạo, tỷ lệ phối trộn chỉ tác động ở mức trung bình ($p < 0,01$) đến hoạt tính DPPH, cho thấy khả năng chống oxy hóa không chỉ phụ thuộc vào tỷ lệ phối trộn mà còn chịu ảnh hưởng của các yếu tố khác như điều kiện xử lý nhiệt và mức độ phân hủy hợp chất phenolic trong quá trình ép đùn.

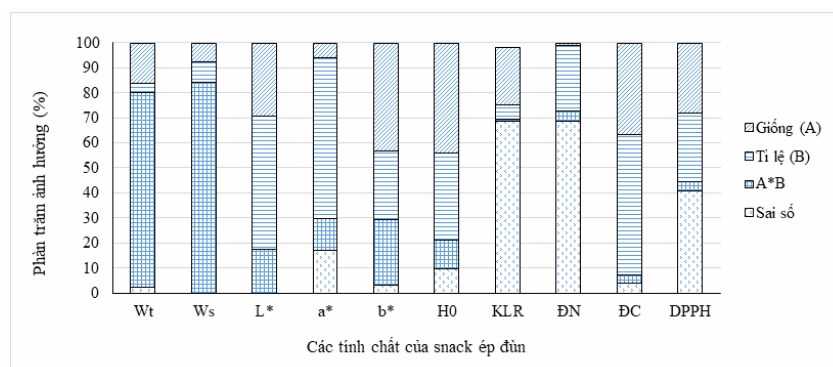
Xét về sự tương tác giữa giống gạo lứt và tỷ lệ phối trộn, kết quả cho thấy tương tác này ảnh hưởng có ý nghĩa rất cao ($p < 0,001$) đến độ ẩm trước sấy, độ ẩm sau sấy và các thông số màu L^* và b^* , đồng thời ảnh hưởng ở mức trung bình ($p < 0,01$) đến góc màu H^0 . Đối với thông số màu a^* , sự tương tác chỉ thể hiện ảnh hưởng yếu ($p < 0,05$). Những kết quả này cho thấy sự kết hợp giữa loại gạo lứt và tỷ lệ phối trộn đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành đặc tính màu sắc và trạng thái ẩm của sản phẩm, trong khi ảnh hưởng đến sắc đỏ - xanh (a^*) ít nhạy cảm hơn với sự tương tác của hai nhân tố này.

Kết quả phân tích phương sai cho thấy mức độ đóng góp của các yếu tố công nghệ đến sự biến thiên của các chỉ tiêu chất lượng là khác nhau và phụ thuộc rõ rệt vào từng thông số cụ thể.

Bảng 1. Trung bình bình phương sự thay đổi độ ẩm trước sấy, độ ẩm sau sấy, màu sắc (L^* , a^* , b^* , H^0), khối lượng riêng, độ nở, cấu trúc và DPPH theo giống gạo và tỉ lệ gạo lứt

Nhân tố	Trung bình bình phương									
	Wt	Ws	L^*	a^*	b^*	H^0	KLR	ĐN	ĐC	DPPH
A: Giống	0,071***	0,043***	88,18***	0,78	16,13***	628,67***	$1,63 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$	19,18***	0,56**
B: Tỷ lệ	0,022***	0,055***	159,69***	8,50***	10,13***	500,14***	$0,38 \times 10^{-3}$	$5,91 \times 10^{-3}$	28,99***	0,55**
A*B	0,181***	0,244***	25,36***	0,85*	4,91***	80,26**	$0,04 \times 10^{-3}$	$0,47 \times 10^{-3}$	0,89*	0,03
Sai số	0,002	0,001	0,21	0,25	0,14	15,74	$0,51 \times 10^{-3}$	$1,73 \times 10^{-3}$	0,24	0,09

Chú thích: ***: $p < 0,001$; **: $0,001 < p < 0,01$; *: $p < 0,05$; Wt: Độ ẩm trước sấy; Ws: Độ ẩm snack (sau sấy); KLR: Khối lượng riêng; ĐN: Độ nở; ĐC: Độ cứng, và DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.



Hình 1. Phân trăm ảnh hưởng của giống và tỉ lệ gạo lứt đến các tính chất hóa lý và DPPH của snack gạo ép đùn

Yếu tố giống gạo lứt thể hiện vai trò chi phối chủ yếu đối với các thông số màu sắc, trong đó chiếm tỷ lệ biến thiên cao đối với giá trị màu tổng (43,24%) và góc màu H^0 (43,93%). Điều này cho thấy đặc tính sắc tố tự nhiên và thành phần hóa học đặc trưng của từng giống gạo có ảnh hưởng quyết định đến biểu hiện màu sắc của sản phẩm snack. Bên cạnh đó, yếu tố giống cũng tác động đáng kể đến khối lượng riêng (22,95%) và hoạt tính kháng oxy hóa DPPH (28,08%), phản ánh vai trò của thành phần cấu trúc tinh bột và hàm lượng hợp chất sinh học trong việc hình thành cấu trúc vật lý và giá trị chức năng của sản phẩm.

Ngược lại, tỷ lệ bổ sung (tỷ lệ phối trộn gạo lứt/gạo trắng) được xác định là yếu tố chi phối chính đối với các thông số màu L^* (53,14%) và a^* (64,23%), đồng thời ảnh hưởng mạnh đến các

đặc tính cấu trúc của sản phẩm, thể hiện qua độ nở (26,16%) và độ cứng (55,66%). Kết quả này cho thấy mức độ tham gia của gạo lứt trong công thức có vai trò quyết định đến độ sáng, sắc độ đỏ - xanh và khả năng tạo cấu trúc nở phồng của sản phẩm snack ép đùn.

Đáng chú ý, sự tương tác giữa giống gạo và tỷ lệ bổ sung thể hiện ảnh hưởng rõ nét nhất đến độ ẩm trước sấy (77,70%) và độ ẩm sau sấy (83,94%), cũng như đến giá trị màu b^* (26,31%). Điều này cho thấy khả năng giữ nước và sự biến đổi màu vàng - xanh của sản phẩm không chỉ phụ thuộc riêng rẽ vào từng yếu tố, mà còn chịu tác động mạnh mẽ bởi sự kết hợp giữa đặc tính nguyên liệu và công thức phối trộn, từ đó ảnh hưởng đến hành vi truyền ẩm và ổn định màu trong suốt quá trình chế biến.

Bảng 2. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến các chỉ tiêu (Độ ẩm trước sấy, độ ẩm sau sấy, khối lượng riêng, độ cứng, độ nở, giá trị màu sắc (L , a^* , b^* , và H^0) và DPPH

Chỉ tiêu	Tỉ lệ gạo Lứt/ST25	Giống gạo		
		Tím Sóc Trăng	Đen Phức Thọ	Nếp Tím Than
Độ ẩm trước sấy (%)	20/80	7,53 ± 0,02 ^{CB}	7,86 ± 0,02 ^{AA}	7,45 ± 0,02 ^{CC}
	30/70	7,82 ± 0,02 ^{BA}	7,50 ± 0,06 ^{BC}	7,66 ± 0,01 ^{BB}
	40/60	7,93 ± 0,03 ^{AA}	7,41 ± 0,07 ^{BC}	7,75 ± 0,03 ^{AB}
Độ ẩm snack (%)	20/80	4,77 ± 0,02 ^{AB}	4,16 ± 0,01 ^{CC}	4,89 ± 0,01 ^{AA}
	30/70	4,52 ± 0,02 ^{BC}	4,76 ± 0,01 ^{AA}	4,63 ± 0,02 ^{BB}
	40/60	4,46 ± 0,01 ^{CB}	4,61 ± 0,02 ^{BA}	4,43 ± 0,03 ^{CB}
Khối lượng riêng snack (g/cm ³)	20/80	0,17 ± 0,01 ^{AA}	0,18 ± 0,04 ^{AA}	0,20 ± 0,01 ^{AA}
	30/70	0,16 ± 0,02 ^{AA}	0,17 ± 0,02 ^{AA}	0,19 ± 0,02 ^{AA}
	40/60	0,17 ± 0,01 ^{AA}	0,17 ± 0,00 ^{AA}	0,19 ± 0,04 ^{AA}
Độ cứng snack (N)	20/80	34,16 ± 0,36 ^{AA}	33,72 ± 0,27 ^{AA}	31,34 ± 0,31 ^{AB}
	30/70	33,26 ± 0,25 ^{AA}	30,84 ± 0,20 ^{BB}	30,11 ± 0,47 ^{BC}
	40/60	30,74 ± 1,00 ^{BA}	29,76 ± 0,19 ^{CA}	27,97 ± 0,68 ^{CB}
Độ nở snack (lần)	20/80	1,63 ± 0,02 ^{BB}	1,69 ± 0,01 ^{AA}	1,70 ± 0,01 ^{AA}

	30/70	$1,66 \pm 0,03^{abB}$	$1,70 \pm 0,03^{aAB}$	$1,71 \pm 0,01^{aA}$
	40/60	$1,68 \pm 0,01^{aA}$	$1,70 \pm 0,00^{aA}$	$1,72 \pm 0,03^{aA}$
L* snack	20/80	$60,80 \pm 1,08^{abB}$	$63,82 \pm 0,52^{aA}$	$55,38 \pm 0,19^{bC}$
	30/70	$57,82 \pm 0,31^{bA}$	$57,85 \pm 0,50^{bA}$	$57,06 \pm 0,15^{aB}$
	40/60	$56,50 \pm 0,16^{Ca}$	$52,81 \pm 0,16^{cB}$	$46,10 \pm 0,07^{cC}$
a*snack	20/80	$5,00 \pm 0,30^{bA}$	$4,71 \pm 0,35^{bA}$	$4,48 \pm 0,50^{cA}$
	30/70	$6,05 \pm 0,04^{aA}$	$6,29 \pm 0,87^{aA}$	$5,81 \pm 0,49^{bA}$
	40/60	$5,75 \pm 0,39^{abB}$	$7,41 \pm 0,74^{aA}$	$6,70 \pm 0,30^{aAB}$
b* snack	20/80	$1,19 \pm 0,26^{abB}$	$1,76 \pm 0,13^{aA}$	$0,28 \pm 0,31^{aC}$
	30/70	$0,73 \pm 0,14^{abB}$	$1,57 \pm 0,24^{abA}$	$0,25 \pm 0,17^{aC}$
	40/60	$0,84 \pm 0,42^{aA}$	$1,32 \pm 0,10^{bA}$	$0,17 \pm 0,23^{aB}$
H° snack	20/80	$33,80 \pm 4,62^{aA}$	$35,37 \pm 2,54^{aA}$	$10,93 \pm 3,97^{aB}$
	30/70	$22,23 \pm 1,69^{bA}$	$22,37 \pm 6,62^{bA}$	$16,50 \pm 3,86^{aA}$
	40/60	$16,00 \pm 2,82^{bA}$	$16,97 \pm 5,23^{bA}$	$2,57 \pm 1,10^{bB}$
DPPH (mg TE /g CK)	20/80	$1,42 \pm 0,26^{abB}$	$1,49 \pm 0,05^{bAB}$	$1,79 \pm 0,05^{bA}$
	30/70	$1,63 \pm 0,32^{aA}$	$1,73 \pm 0,26^{abA}$	$2,11 \pm 0,35^{abA}$
	40/60	$1,74 \pm 0,34^{aA}$	$2,21 \pm 0,42^{aA}$	$2,32 \pm 0,14^{aA}$

Ghi chú: Số liệu là trung bình của ba lần lặp lại, các số mang chữ cái khác nhau trong cùng một cột (a, b, c) hoặc cùng một hàng (A, B, C) thì có sự khác biệt về ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) theo phép thử LSD.

3.1.1. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến độ ẩm trước sấy của snack ép đùn

Độ ẩm trước sấy của các mẫu dao động trong khoảng 7,41 - 7,93%, trong đó xu hướng biến đổi theo tỷ lệ phối trộn khác nhau giữa các giống: Độ ẩm trước sấy tăng dần theo tỷ lệ gạo lứt ở giống Tím Sóc Trăng (7,53 → 7,93%) và Nếp Tím Than (7,45 → 7,75%), trong khi lại giảm nhẹ ở giống Đen Phúc Thọ (7,86 → 7,41%). Sự khác biệt này có thể liên quan đến khả năng hấp thụ và giữ nước khác nhau của các thành phần cám gạo - đặc biệt là hàm lượng chất xơ, protein và hàm lượng amylose - đặc trưng cho từng giống trong quá trình phối trộn và hồ hóa sơ bộ trước ép đùn.

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với nhận định rằng khi khảo sát sản phẩm snack từ bột gạo lứt Riceberry phối trộn với bã dừa sấy khô ở các mức độ ẩm (14, 16 và 18%) đầu vào khác nhau [15]. Các tác giả ghi nhận rằng khi tăng độ ẩm nguyên liệu đầu vào, độ ẩm của sản phẩm sau ép đùn cũng tăng tương ứng, đồng thời ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất vật lý và chức năng của snack gạo màu.

Cơ chế của hiện tượng này có thể được lý giải dựa trên đặc điểm cấu trúc và thành phần hóa học của gạo lứt. Các giống gạo giàu anthocyanin như gạo tím và gạo đen thường có lớp cám dày và hàm lượng chất xơ cao, làm tăng khả năng hấp phụ và liên kết nước trong khối bột. Cám gạo màu chứa

hàm lượng anthocyanin và hợp chất phenolic cao hơn đáng kể so với gạo trắng, qua đó góp phần gia tăng khả năng giữ nước của hệ vật liệu [16]. Khi tỷ lệ gạo lứt tăng, hàm lượng chất xơ và hợp chất sinh học trong công thức cũng tăng theo, làm hạn chế sự thoát ẩm trong quá trình ép đùn và khiến sản phẩm có xu hướng ẩm hơn.

Ngược lại, sự hiện diện với hàm lượng cao hơn của gạo ST25 (gạo trắng), vốn có cấu trúc ít xơ và không có lớp cám giàu anthocyanin, tạo điều kiện cho hơi nước thoát ra dễ dàng hơn trong quá trình ép đùn, do đó các mẫu có tỷ lệ ST25 cao thường cho sản phẩm khô hơn. Kết quả này cũng phù hợp với quan sát rằng khi việc giảm độ ẩm nguyên liệu đầu vào hoặc tăng hàm lượng bã dừa sấy (nguyên liệu có khả năng giữ nước thấp hơn so với gạo Riceberry) đều dẫn đến sản phẩm sau ép đùn có độ ẩm thấp hơn [17].

3.1.2. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến độ ẩm sau sấy của bánh snack ép đùn

Bảng 2 cho thấy sau quá trình sấy, độ ẩm sản phẩm giảm mạnh về khoảng 4,16 - 4,89%, phù hợp với mục tiêu ổn định độ ẩm nhằm đảm bảo thời hạn bảo quản và độ giòn của snack. Đáng chú ý, ở tỷ lệ 20/80, giống Nếp Tím Than có độ ẩm sau sấy cao nhất (4,89%), trong khi Đen Phúc Thọ thấp nhất (4,16%), cho thấy tốc độ thoát ẩm trong quá trình sấy chịu ảnh hưởng bởi cấu trúc

xốp và mật độ vi cấu trúc đặc trưng của từng giống, vốn được hình thành ngay trong giai đoạn ép đùn.

Cụ thể, gạo lứt đen chứa nhiều chất xơ và hợp chất phenolic, tạo nên cấu trúc xốp, giúp hơi nước thoát ra dễ dàng trong quá trình sấy, từ đó làm giảm độ ẩm. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu khác [18] rằng độ ẩm hạt gạo sau sấy và bảo quản thường dao động trong khoảng 11 - 15%, phản ánh ảnh hưởng rõ rệt của cấu trúc hạt đến quá trình thoát hơi nước và độ ẩm còn lại sau sấy. Kết quả này tương đồng với nhận định rằng snack từ gạo Riceberry có độ ẩm thấp hơn nhờ hàm lượng xơ và anthocyanin cao (khoảng 8,03% khi nguyên liệu đầu vào có độ ẩm 18% và không bổ sung bã dừa khô). Ngược lại, gạo nếp tím với hàm lượng amylopectin lớn lại hạn chế sự thoát hơi nước, khiến thành phẩm giữ ẩm nhiều hơn [17].

Sự khác biệt này có thể giải thích dựa trên đặc tính cấu trúc của từng giống gạo. Gạo lứt, đặc biệt là gạo lứt đen, chứa hàm lượng chất xơ và hợp chất phenolic cao, tạo nên ma trận cấu trúc xốp hơn, từ đó giúp nước thoát ra dễ dàng hơn trong quá trình sấy, làm giảm độ ẩm thành phẩm. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu rằng khi tác giả nhận thấy các sản phẩm snack từ bột gạo Riceberry (một giống gạo lứt màu) có độ ẩm sau xử lý thấp hơn so với từ gạo trắng do ảnh hưởng của thành phần xơ và hợp chất anthocyanin [17]. Ngược lại, ở các mẫu sử dụng gạo nếp tím, độ ẩm sau sấy lại cao hơn, có thể do đặc tính amylopectin cao của gạo nếp làm hạn chế sự mất nước trong quá trình sấy, khiến sản phẩm giữ ẩm nhiều hơn.

Một nghiên cứu khác cho thấy rằng độ ẩm sau sấy (4,16 - 4,89%) hoàn toàn nằm trong phạm vi thích hợp để duy trì độ giòn và chất lượng sản phẩm [19]. Nghiên cứu này cho rằng hàm lượng ẩm tối đa cần duy trì dưới 6% để đảm bảo cấu trúc giòn, trong khi nghiên cứu khác [20] nhận thấy giá trị độ ẩm khoảng 3,66% là mức tối ưu về cảm quan. Như vậy, các mẫu snack gạo ở nghiên cứu hiện tại vừa đảm bảo độ giòn mong muốn, vừa tương thích với ngưỡng kỹ thuật đã được khuyến nghị trong các nghiên cứu trước. Điều này khẳng định rằng việc phối trộn gạo lứt với gạo ST25 không chỉ giúp tạo sản phẩm có đặc tính công nghệ ổn định mà còn duy trì chất lượng cảm quan ở mức chấp nhận được.

3.1.3. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến độ nở của snack ép đùn

Từ bảng 2 cho thấy, độ nở của sản phẩm dao động trong khoảng 1,63 - 1,72 lần, với xu hướng tăng nhẹ theo tỷ lệ gạo lứt, mặc dù mức chênh lệch không lớn. Ở hầu hết các tỷ lệ, Nếp Tím Than và Đen Phúc Thọ cho độ nở cao hơn so với Tím Sóc Trăng, phù hợp với chiều hướng ngược lại đã quan sát được ở độ cứng - giống có hàm lượng amylose thấp hơn thường có khả năng giãn nở tốt hơn trong quá trình ép đùn do cấu trúc tinh bột amylopectin chiếm ưu thế, tạo điều kiện thuận lợi cho sự giãn nở của hơi nước trong quá trình thoát ẩm đột ngột tại đầu khuôn. Kết quả này có phần tương đồng với kết quả của khảo sát độ nở khi tăng tỉ lệ bột gạo lứt trong hỗn hợp phối trộn với hạt dền và bột hạt chùm, giá trị độ nở của bánh tăng lên rõ rệt từ 2,3 lần - 3,34 lần [21]. Sự gia tăng độ nở theo tỉ lệ gạo lứt/ST25 có thể giải thích bằng lượng tinh bột hồ hóa tăng trong khối trộn: Tinh bột hồ hóa tạo pha một pha đồng nhất, nhớt - đàn hồi có khả năng giữ và ổn định bọt khí khi áp suất giảm đột ngột tại đầu khuôn, do đó tăng sự giãn nở của sản phẩm khi thoát khuôn [22].

3.1.4. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến khối lượng riêng của snack ép đùn

Qua bảng 2 cho thấy, khối lượng riêng của các mẫu snack không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giống gạo cũng như giữa các tỷ lệ phối trộn (dao động 0,16 - 0,20 g/cm³, p>0,05). Kết quả này cho thấy trong khoảng tỷ lệ phối trộn khảo sát (20/80 - 40/60), sự thay thế gạo trắng ST25 bằng gạo lứt màu chưa đủ để tạo ra khác biệt rõ rệt về mức độ giãn nở thể tích của sản phẩm, có thể do quá trình ép đùn được kiểm soát ổn định về nhiệt độ và độ ẩm nguyên liệu đầu vào ở tất cả các nghiệm thức. Kết quả này được đánh giá phù hợp với kết quả nghiên cứu khác [23] cho rằng các tỉ lệ phối trộn gạo ảnh hưởng đến đặc tính của bánh snack, trong đó thì khối lượng riêng ở mức từ 0,13 (g/cm³) đến 0,18 (g/cm³).

Nguyên nhân là do độ ẩm của bánh snack đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định đặc tính cấu trúc của ma trận sản phẩm trong giai đoạn nở, đồng thời là yếu tố thúc đẩy sự hình thành các khoang khí. Sự gia tăng nhiệt độ xy lanh đùn có thể cải thiện tính chất đàn hồi - nhớt của khối đùn, từ đó tạo ra áp suất hơi nội tại đủ lớn để quá trình giãn nở diễn ra theo mong muốn.

Cơ chế này thúc đẩy sự hình thành nhiều bọt khí có kích thước nhỏ, làm gia tăng áp suất bên trong và gây phá vỡ thành tế bào, dẫn đến sự thoát hơi nước, độ nở thể tích của sản phẩm đùn, đồng thời làm giảm khối lượng riêng của sản phẩm cuối cùng [24].

3.1.5. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến độ cứng của snack ép đùn

Bảng 2 cho thấy độ cứng của snack giảm có ý nghĩa thống kê khi tăng tỷ lệ gạo lứt phối trộn ở cả ba giống: Tím Sóc Trăng (34,16 → 30,74 N), Đen Phúc Thọ (33,72 → 29,76 N) và Nếp Tím Than (31,34 → 27,97 N). Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu trước đây cho rằng việc tăng tỷ lệ nguyên liệu giàu chất xơ từ lớp cám làm gián đoạn quá trình tái liên kết (re-association) của các phân tử tinh bột trong giai đoạn làm nguội sau ép đùn, từ đó làm suy yếu mạng lưới gel và giảm độ cứng của sản phẩm.

Đồng thời, ở cùng tỷ lệ phối trộn, giống Tím Sóc Trăng luôn cho độ cứng cao nhất hoặc tương đương cao nhất, trong khi Nếp Tím Than có độ cứng thấp nhất. Kết quả này tương đồng với nguyên lý đã được ghi nhận rằng hàm lượng amylose cao dẫn đến độ kết tinh của pellet lớn hơn, hình thành cấu trúc tế bào khí nhỏ và dày đặc hơn, làm giảm độ nở và tăng độ cứng, độ giòn gãy của sản phẩm sau ép đùn [7]. Ngược lại, Nếp Tím Than với hàm lượng amylose thấp (đặc trưng gạo nếp) tạo cấu trúc mềm và xốp hơn.

Kết quả này tương đồng với nghiên cứu về snack từ hỗn hợp cám gạo và hạt ngô khi tăng tỉ lệ cám gạo từ 10% lên 15% thì độ cứng giảm từ 255 N xuống 247 N [25]. Sự tương đồng cho thấy gạo lứt (giàu cám và lipid) có tác dụng tương tự như cám gạo trong việc làm giảm mật độ khối và tăng độ nở của sản phẩm. Cơ chế chính được giải thích bởi hàm lượng xơ và lipid cao trong gạo lứt. Xơ không hòa tan hoạt động như kênh thoát hơi nước, giúp hơi nước thoát nhanh trong quá trình ép đùn, làm tăng độ nở và giảm mật độ khối, từ đó giảm lực cần thiết để phá vỡ cấu trúc sản phẩm. Bên cạnh đó, lipid trong cám gạo tạo phức amylase-lipid, làm yếu mạng lưới tinh bột và ức chế quá trình tái kết tinh của tinh bột sau ép đùn, khiến sản phẩm có thành vách mỏng và dễ gãy hơn. Những nhận định này phù hợp với kết quả của hai nghiên cứu khác đều cho rằng thành phần

lipid và xơ trong gạo lứt hoặc cám gạo làm giảm độ cứng do can thiệp vào quá trình gelatin hóa và sắp xếp lại cấu trúc tinh bột [19], [26].

3.1.6. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến giá trị màu sắc của snack ép đùn

Bảng 2 cho thấy độ sáng (L)* giảm rõ rệt khi tăng tỷ lệ gạo lứt ở cả ba giống, đặc biệt mạnh ở Đen Phúc Thọ (63,82 → 52,81) và Nếp Tím Than (55,38 → 46,10), phản ánh sự gia tăng nồng độ sắc tố anthocyanin và các hợp chất màu tối trong lớp cám khi tăng tỷ lệ gạo lứt trong công thức phối trộn.

Giá trị đỏ (a)* có xu hướng tăng theo tỷ lệ phối trộn ở cả ba giống, thể hiện rõ nhất ở Đen Phúc Thọ (4,71 → 7,41), cho thấy sắc tố anthocyanin làm dịch chuyển màu sản phẩm theo hướng đỏ - tím đậm hơn khi tăng hàm lượng gạo lứt.

Giá trị vàng (b)* nhìn chung ở mức thấp, đặc biệt gần như triệt tiêu ở giống Nếp Tím Than (0,17 - 0,28), phù hợp với đặc điểm sắc tố tím-đen đậm đặc trưng của giống này, làm lấn át sắc vàng vốn thường xuất hiện do phản ứng Maillard hoặc caramel hóa trong quá trình ép đùn nhiệt.

Góc màu (H°) giảm mạnh khi tăng tỷ lệ gạo lứt ở cả ba giống (Tím Sóc Trăng: 33,80 → 16,00; Đen Phúc Thọ: 35,37 → 16,97), xác nhận sự dịch chuyển màu sắc sản phẩm từ vùng vàng-cam sang vùng đỏ-tím khi tăng nồng độ sắc tố anthocyanin. Đáng chú ý, Nếp Tím Than có giá trị Ho thấp nhất trong hầu hết các nghiệm thức (chỉ 2,57 ở tỷ lệ 40/60), cho thấy cường độ màu tím-đỏ đậm nhất trong ba giống khảo sát, phù hợp với kết quả L* và b* đã ghi nhận ở trên.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về phát triển snack dinh dưỡng mới từ củ sùng bằng công nghệ ép đùn. Số liệu được ghi nhận khi phối trộn gạo lứt/củ sùng tỉ lệ từ 70:30%, 65:35%, 60:40%, 55:45%, 50:50%, 45:55%, 40:60%, 35:65%, 30:70% thì giá trị Ho có xu hướng giảm từ 84,59 xuống còn 81,10 [28].

3.1.7. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo lứt đến khả năng bắt gốc tự do (DPPH) của snack ép đùn

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, hoạt tính kháng gốc tự do DPPH tăng có ý nghĩa thống kê khi tăng tỷ lệ gạo lứt phối trộn ở cả ba giống: Tím Sóc Trăng (1,42 → 1,74 mg TE/g CK), Đen Phúc

Thọ (1,49 → 2,21 mg TE/g CK) và Nếp Tím Than (1,79 → 2,32 mg TE/g CK). Trong đó, Nếp Tím Than thể hiện khả năng kháng oxy hóa cao nhất ở mọi tỷ lệ khảo sát, tiếp theo là Đen Phúc Thọ và thấp nhất là Tím Sóc Trăng.

Kết quả này phù hợp với xu hướng giảm giá trị L^* và H^0 đã ghi nhận, cho thấy mối tương quan thuận giữa cường độ sắc tố anthocyanin và hoạt tính kháng oxy hóa của sản phẩm. Điều này cũng phù hợp với nguyên lý đã được chứng minh rằng các phân đoạn nguyên liệu có hàm lượng amylose cao vẫn duy trì được khả năng kháng oxy hóa và hàm lượng hợp chất phenolic cao hơn ngay cả sau quá trình ép đun nhiệt, so với các giống thông thường [29], đồng thời khẳng định vai trò của anthocyanin như hợp chất kháng oxy hóa chủ đạo trong các giống gạo có màu.

Theo như số liệu đã nêu, khi tăng tỉ lệ gạo lứt trong phối trộn thì khả năng kháng oxy hóa cũng

tăng vì ở các giống gạo màu có hoạt tính chống oxy hóa và khả năng bắt gốc tự do mạnh hơn so với giống gạo trắng, chủ yếu tập trung ở lớp cám [30]. Vậy nên khi kết hợp 2 loại gạo này với nhau ta thấy tỉ lệ gạo lứt/ST25 tăng thì giá trị DPPH được ghi nhận cũng tăng theo.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về ảnh hưởng của các thông số ép đun đến tính chất lý hóa của sản phẩm ép đun đậu xanh - gạo lứt phục vụ phát triển sản phẩm mới [31]. Khi tăng tỉ lệ gạo lứt/đậu xanh từ 30/70 - 40/60 thì giá trị DPPH tăng từ 67,48 - 69,57 (mg TE/g CK).

3.2 Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo đến giá trị cảm quan của snack ép đun

Tỉ lệ gạo lứt bổ sung góp phần tạo cấu trúc và ảnh hưởng đến giá trị cảm quan của bánh Snack. Nhân tố này góp phần ảnh hưởng nhiều đến màu sắc, mùi, vị và cấu trúc của sản phẩm được thể hiện qua bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của giống gạo và tỉ lệ gạo đến giá trị cảm quan của bánh snack ép đun

Giống gạo	Tỉ lệ gạo Lứt/ST25	Điểm cảm quan			
		Màu sắc	Mùi	Vị	Cấu trúc
Lứt Tím Sóc Trăng	20/80	3,67 ± 0,07 ^c	3,67 ± 0,07 ^a	4,14 ± 0,26 ^a	3,88 ± 0,13 ^b
	30/70	3,13 ± 0,13 ^{de}	3,25 ± 0,43 ^{ab}	3,71 ± 0,31 ^a	4,13 ± 0,45 ^{ab}
	40/60	2,63 ± 0,22 ^f	3,00 ± 0,38 ^b	3,84 ± 0,44 ^a	4,00 ± 0,00 ^{ab}
Lứt Đen Phúc Thọ	20/80	3,08 ± 0,14 ^{de}	3,54 ± 0,59 ^{ab}	3,84 ± 0,40 ^a	3,88 ± 0,25 ^b
	30/70	2,84 ± 0,08 ^{ef}	3,38 ± 0,00 ^{ab}	4,04 ± 0,69 ^a	4,09 ± 0,26 ^{ab}
	40/60	3,21 ± 0,19 ^d	3,59 ± 0,40 ^{ab}	4,00 ± 0,38 ^a	4,13 ± 0,13 ^{ab}
Lứt Nếp Tím Than	20/80	3,17 ± 0,19 ^{de}	3,59 ± 0,19 ^{ab}	4,04 ± 0,26 ^a	4,42 ± 0,31 ^a
	30/70	4,17 ± 0,40 ^b	3,75 ± 0,33 ^a	4,00 ± 0,45 ^a	4,38 ± 0,22 ^a
	40/60	4,71 ± 0,14 ^a	3,67 ± 0,52 ^a	3,58 ± 0,38 ^a	4,13 ± 0,33 ^{ab}

Ghi chú: Số liệu là trung bình của ba lần lặp lại, các số trong cùng một cột mang chữ cái khác nhau thì có sự khác biệt về ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) theo phép thử LSD.

Kết quả cảm quan ở bảng 3 cho thấy, sự khác biệt rõ rệt giữa các giống gạo và tỉ lệ phối trộn Lứt/ST25. Trong đó, công thức sử dụng gạo Lứt Nếp Tím Than ở tỉ lệ 30/70 thể hiện sự cân bằng tối ưu giữa các chỉ tiêu màu sắc, mùi, vị và cấu trúc, chứng tỏ đây là lựa chọn phù hợp nhất để phát triển sản phẩm snack ép đun.

Về đặc tính màu sắc, mẫu snack chế biến từ gạo lứt Nếp Tím Than và ST25 ở tỷ lệ phối trộn 30/70 đạt điểm cảm quan trung bình 4,17, cao hơn đáng kể so với nhiều công thức khác và chỉ xếp sau công thức Nếp Tím Than và ST25 với tỷ lệ 40/60 (4,71). Kết quả này cho thấy công thức 30/70 đã tạo được màu tím sáng, đặc trưng và hấp

đẫn, phù hợp với kỳ vọng cảm quan của sản phẩm snack từ gạo lứt giàu hợp chất sinh học.

Màu tím sáng đặc trưng của sản phẩm chủ yếu bắt nguồn từ sự hiện diện của anthocyanin trong lớp cám của gạo lứt Nếp Tím Than. Anthocyanin không chỉ quyết định màu sắc của gạo màu mà còn góp phần gia tăng giá trị chức năng cho sản phẩm [32]. Tuy nhiên, hàm lượng anthocyanin cao hoặc mức độ cô đặc màu lớn cũng có thể làm màu sản phẩm trở nên quá sậm, ảnh hưởng đến mức độ chấp nhận thị giác của người tiêu dùng.

Về mùi, với tỷ lệ phối trộn 30/70 giữa gạo lứt Nếp Tím Than và ST25, sản phẩm snack đạt 3,75

điểm nhờ duy trì được hương thơm lá dứa nhẹ đặc trưng của giống gạo ST25, ghi nhận mức cao nhất trong tất cả các công thức khảo sát. Đây là một ưu điểm quan trọng vì mùi thơm là yếu tố then chốt trong việc tạo sự hấp dẫn cho sản phẩm snack. Hơn nữa, gạo lứt Nếp Tím Than chứa các hợp chất phenolic và anthocyanin, không chỉ góp phần tạo giá trị dinh dưỡng mà còn ảnh hưởng tích cực đến đặc tính hương thơm nếu được xử lý nhiệt phù hợp [32]. Do đó, tỷ lệ 30/70 được xem là công thức có lợi thế nổi bật về mặt mùi, góp phần nâng cao chất lượng cảm quan tổng thể của sản phẩm.

Về vị, ở tỉ lệ 30/70 gạo lứt Nếp Tím Than và ST25, snack đạt 4,00 điểm, tương đương ở các tỉ lệ (dao động 3,84 - 4,14), cho thấy sự cân bằng hài hòa giữa vị ngọt dịu nhẹ tự nhiên và hậu vị dễ chịu, ít chát. Các nghiên cứu về sản phẩm chế biến từ gạo cho thấy rằng vị ngọt nhẹ tự nhiên của sản phẩm chủ yếu liên quan đến hàm lượng đường hòa tan, dextrin và các sản phẩm thủy phân tinh bột được hình thành trong quá trình xử lý nhiệt. Ngược lại, lipid và protein chỉ đóng vai trò thứ yếu đối với cảm nhận vị ngọt của sản phẩm [33].



Hình 2. Hình ảnh snack ở các tỉ lệ gạo lứt/ST25 khác nhau

Về đặc tính cấu trúc, với tỷ lệ phối trộn 30/70 lứt Tím than và ST25, snack đạt điểm cảm quan trung bình 4,38, chỉ xếp sau công thức Nếp Tím than và ST25 với tỷ lệ 20/80 (4,42) và cao hơn rõ rệt so với các tỷ lệ phối trộn còn lại. Kết quả này cho thấy, tại tỷ lệ 30/70, sản phẩm đạt được sự cân bằng tối ưu giữa độ giòn xốp và độ dai mềm vừa phải, đồng thời hạn chế được các nhược điểm

thường gặp như “quá cứng” hoặc “quá mềm” ở một số công thức khác. Xu hướng này được củng cố bởi kết quả đo cơ học, khi độ cứng của snack gạo lứt Tím than ở tỷ lệ 30/70 đạt giá trị trung bình 30,11 N, thấp hơn đáng kể so với các mẫu có cấu trúc quá cứng, nhưng cũng cao hơn các mẫu có xu hướng mềm, dễ gãy vụn. Như vậy, mức độ cứng này có thể được xem là phù hợp cho sản phẩm snack nở phồng, đáp ứng yêu cầu “giòn vừa phải nhưng không quá cứng”, “xốp vừa phải nhưng không bở”.

Về mặt cơ chế, tỷ lệ phối trộn 30/70 có thể đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hồ hóa tinh bột và hình thành mạng cấu trúc xốp ổn định trong quá trình gia nhiệt và nở, nhờ sự cân đối giữa hàm lượng amylose-amylopectin và hàm lượng protein, lipid trong gạo lứt Tím than. Tỷ lệ amylose trung bình kết hợp với độ ẩm và điều kiện xử lý nhiệt thích hợp sẽ giúp hình thành cấu trúc nở phồng tốt, đồng thời cải thiện cảm giác giòn của sản phẩm snack từ ngũ cốc [11]. Tương tự, nghiên cứu khác [34] cũng chỉ ra rằng cấu trúc snack tối ưu thường đạt được khi độ cứng nằm trong khoảng trung bình, tránh các giá trị quá cao gây cảm giác cứng, hoặc quá thấp làm sản phẩm dễ vụn. Ngoài ra, sự hiện diện của các hợp chất sinh học và chất xơ trong gạo lứt Tím than có thể góp phần làm tăng độ bền cơ học của thành tế bào, từ đó cải thiện cấu trúc tổng thể của sản phẩm sau nở, phù hợp với nhận định của nghiên cứu khác [35] cho rằng về vai trò của chất xơ trong cải thiện cấu trúc và cảm quan của thực phẩm snack giàu ngũ cốc nguyên hạt.

Kết quả đánh giá cảm quan kết hợp với chỉ tiêu cơ học về độ cứng cho thấy tỷ lệ phối trộn 30/70 là công thức phù hợp nhất cho sản xuất snack từ gạo lứt Tím Than. Công thức này không chỉ đảm bảo cấu trúc giòn xốp mong muốn và cảm giác ăn dễ chịu, mà còn đạt mức độ ưa thích cao về mùi, vị và màu sắc. Những đặc tính này cho thấy sản phẩm có khả năng đáp ứng tốt yêu cầu cảm quan của người tiêu dùng, đồng thời khẳng định tiềm năng ứng dụng thực tiễn trong phát triển các sản phẩm snack dinh dưỡng từ gạo lứt giàu hợp chất sinh học, hướng đến xu thế thực phẩm chức năng và thực phẩm tốt cho sức khỏe.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã làm rõ giống gạo là yếu tố có ảnh hưởng rõ rệt đến hàm lượng ẩm, giá trị

màu b*, khối lượng riêng cũng như khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm. Trong khi đó, tỷ lệ phối trộn lại là yếu tố chi phối chủ yếu đến các chỉ tiêu màu sắc L*, a*, độ cứng và độ nở của snack ép đùn. Đáng chú ý, sự tương tác giữa hai yếu tố giống gạo và tỷ lệ phối trộn có tác động đáng kể đến độ ẩm của sản phẩm ngay sau khi ép đùn cũng như độ ẩm của snack thành phẩm. Việc gia tăng tỷ lệ gạo lứt trong công thức giúp cải thiện hoạt tính kháng oxy hóa, độ nở và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm, nhưng đồng thời làm giảm độ cứng, khối lượng riêng và độ sáng màu L*, góp phần tạo cấu trúc giòn xốp và màu sắc tự nhiên đặc trưng cho snack gạo màu. Công thức phối trộn ở tỷ lệ 30/70 giữa gạo lứt nếp tím than và gạo ST25 được xác định là tốt nhất, khi vừa đảm bảo cấu trúc giòn xốp, độ cứng phù hợp, màu sắc và hương vị được ưa thích, đồng thời duy trì hoạt tính chống oxy hóa cao (DPPH đạt 2,32 mg TE/g CK) với độ nở 1,68 lần và cứng 30,11 N. Nghiên cứu không chỉ góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn nguyên liệu và công thức phối trộn trong sản xuất snack gạo ép đùn, mà còn mở ra hướng phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng từ gạo tại ĐBSCL, phù hợp với xu hướng tiêu dùng thực phẩm lành mạnh hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Van Kien, N., Han, N. H., & Cramb, R. (2020). Trends in rice-based farming systems in the Mekong Delta. *White gold: The commercialisation of rice farming in the Lower Mekong Basin*, 347 - 373. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0998-8_17.
- [2]. Bui, T. T., Jeong, S., Jeong, H., Le, G. T., Nguyen, H. Q., & Chung, H. (2023). Authentication of ST25 rice using temperature-perturbed Raman measurement with variable selection by Incremental Association Markov Blanket. *Food Chemistry*, 429, 136985. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136985
- [3]. Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1-21, 1361779.
- [4]. Blandino, M., Bresciani, A., Loscalzo, M., Vanara, F., & Marti, A. (2022). Extruded snacks from pigmented rice: Phenolic profile and physical properties. *Journal of Cereal Science*, 103(2), 103347. DOI:10.1016/j.jcs.2021.103347
- [5]. Navale, S. A., Swami, S. B., & Thakor, N. J. (2015). Extrusion cooking technology for foods: A review. *Journal of Ready to Eat Food*, 2(3), 66 - 80.
- [6]. Meza, S. L. R., Sinnecker, P., Schmiele, M., Massaretto, I. L., Chang, Y. K., & Marquez, U. M. L. (2019). Production of innovative gluten-free breakfast cereals based on red and black rice by extrusion processing technology. *Journal of food science and technology*, 56(11), 4855 - 4866.
- [7]. Jiamjariyatam, R., Kongpensook, V., & Pradipasena, P. (2016). Prediction models for textural properties of puffed rice starch product by relative crystallinity. *Journal of Food Quality*, 39(5), 445 - 455.
- [8]. Agroindustriais, P. (2013). *AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Caracterização, Propagação E Melhoramento Genético De Pitaya Comercial E Nativa Do Cerrado, 26(74), 62.
- [9]. Hu, Z., Tang, X., Zhang, M., Hu, X., Yu, C., Zhu, Z., & Shao, Y. (2018). Effects of different extrusion temperatures on extrusion behavior, phenolic acids, antioxidant activity, anthocyanins and phytosterols of black rice. *RSC advances*, 8(13), 7123 - 7132.
- [10]. Jacquet, N., Plomptoux, A., Brostaux, Y., Malumba, P., Danthine, S., & Blecker, C. (2025). Study of the impact of operating parameters and the addition of fat on the physicochemical and texture properties of extruded snacks. *Foods*, 14(8), 1307.
- [11]. Ding, Q. B., Ainsworth, P., Tucker, G., & Marson, H. (2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food engineering*, 66(3), 283 - 289.
- [12]. Senevirathna, S. S. J., Ramli, N. S., Azman, E. M., Juhari, N. H., & Karim, R. (2022). Production of innovative antioxidant - rich and gluten - free extruded puffed breakfast cereals from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and red rice using a mixture design approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16666. DOI: 10.1111/jfpp.16666

- [13]. Bhat, I. M., Wani, S. M., Mir, S. A., & Naseem, Z. (2023). Effect of microwave-assisted vacuum and hot air oven drying methods on quality characteristics of apple pomace powder. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 26.
- [14]. Poste, L. M., Mackie, A. D., Butler, G. and Larmond, E. (1991). *Laboratory methods of sensory evaluation of food*. Research branch Canada Department of Agriculture Publications.
- [15]. Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2023). The effects of feed moisture and dried coconut meal content on the physicochemical, functional, and sensory properties of gluten-free Riceberry rice flour-based extruded snacks. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1194594.
- [16]. Min, B., McClung, A. M., & Chen, M. H. (2011). Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. *Journal of Food Science*, 76(1), 117 - 126.
- [17]. Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2023). The effects of feed moisture and dried coconut meal content on the physicochemical, functional, and sensory properties of gluten-free Riceberry rice flour-based extruded snacks. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1194594.
- [18]. Müller, A. M., Trojahn Nunes, M., Maldaner, V., Coradi, P. C., Santos de Moraes, R., Martens, S., Fernandes Leal, A., & König Marin, C. (2022). Rice drying, storage and processing: Effects of post-harvest operations on grain quality. *Rice Science*, 29(1), 16 - 30.
- [19]. González, R. J., Pastor Cavada, E., Vioque Peña, J., Torres, R. L., De Greef, D. M., & Drago, S. R. (2013). Extrusion conditions and amylose content affect physicochemical properties of extrudates obtained from brown rice grains. *International Journal of Food Science*, 2013(1), 584148.
- [20]. Yadav, U., Singh, R. R. B., & Arora, S. (2018). Evaluation of quality changes in nutritionally enriched extruded snacks during storage. *Journal of food science and technology*, 55(10), 3939 - 3948.
- [21]. Jaipal, M. K., Sutar, R., Dixit, A., & Joshi, N. (2025). Process optimization for development of extruded snack from brown rice-amaranth-moringa seed powder blend. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, 17(2), 67 - 83.
- [22]. Vanier, N. L., Vamadevan, V., Bruni, G. P., Ferreira, C. D., Pinto, V. Z., Seetharaman, K., & Berrios, J. D. J. (2016). Extrusion of rice, bean and corn starches: Extrudate structure and molecular changes in amylose and amylopectin. *Journal of Food Science*, 81(12), 2932 - 2938.
- [23]. Chuechomsuk, S., Bunchom, N., Korkerd, S., Kalhoro, M. S., Thumthanaruk, B., Rungsardthong, V., & Lamsal, B. (2024). Product development of nutritious rice-based gluten-free snacks from different formulation of rice varieties by extrusion and their physical, physicochemical and sensory evaluation. *Applied Science and Engineering Progress*, 17(3), 7397.
- [24]. Delgado-Nieblas, C. I., Zazueta-Morales, J. J., Gallegos-Infante, J. A., Aguilar-Palazuelos, E., Camacho-Hernández, I. L., Ordorica-Falomir, C. A., & Carrillo-López, A. (2015). Elaboration of functional snack foods using raw materials rich in carotenoids and dietary fiber: Effects of extrusion processing. *CyTA - Journal of Food*, 13(1), 69 - 79.
- [25]. Renoldi, N., Peighambardoust, S. H., & Peressini, D. (2021). The effect of rice bran on physicochemical, textural and glycaemic properties of ready-to-eat extruded corn snacks. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3235 - 3244.
- [26]. Yadav, K. C., Mitchell, J., Bhandari, B., & Prakash, S. (2024). Unlocking the potential of rice bran through extrusion: A systematic review. *Sustainable Food Technology*, 2(3), 594 - 614.
- [27]. Minweyelet, M., Solomon, W. K., & Bultosa, G. (2021). Effects of extrusion operating conditions and blend proportion on the physicochemical and sensory properties of teff-rice blend extruded products. *Food Research*, 5(2), 173 - 183.
- [28]. Kalahal, S. P., Gavahian, M., & Lin, J. (2024). Development of innovative tigermut-based nutritional snack by extrusion process: Effects of die temperature, screw speed, and formulation on physicochemical characteristics. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 16(1), 1 - 22.
- [29]. Bresciani, A., Giordano, D., Vanara, F., Blandino, M., & Marti, A. (2021). The effect of the amylose content and milling fractions on the physico-chemical features of co-extruded snacks from corn. *Food Chemistry*, 343, 128503.

[30]. Chen, X. Q., Nagao, N., Itani, T., & Irifune, K. (2012). Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice. *Food Chemistry*, 135(4), 2783 - 2788.

[31]. Mathad, G. N., Gavahian, M., & Lin, J. (2025). Effects of extrusion parameters on the physicochemical properties of mung bean–brown rice extrudate for new product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvae077. DOI:10.1093/ijfood/vvae077.

[32]. Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food chemistry*, 143, 90 - 96.

[33]. Juliano, B. O. (1993). *Rice in human nutrition* (No. 26). Int. Rice Res. Inst..

[34]. Guy, R. (2001). *Extrusion Cooking: Technologies and Applications*. Woodhead Publishing.

[35]. Brennan, C. S., Kuri, V., & Tudorica, C. M. (2013). Inulin-enriched pasta: Effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86(2), 189 - 193.

EFFECTS OF RICE VARIETIES AND BROWN RICE RATIO ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND SENSORY ATTRIBUTES OF EXTRUDED SNACKS

**Vo Thanh Nguyen¹, Ngo Hai Luat¹, Do Tran Minh Phat¹,
Lam Nguyen Bang Tam¹, Ly Ngoc Han¹, Dang Ngoc The², Nhan Minh Tri²**

¹*Department of Food Technology*

²*Department of Postharvest Technology,*

Institute of Biotechnology and Food Technology, Can Tho University

Abstract

Brown rice is a nutritionally valuable raw material due to its high content of bioactive compounds with strong antioxidant activity, particularly anthocyanins and polyphenols found in pigmented rice varieties. The development of brown rice-based snack products using extrusion technology represents a promising approach to producing convenient foods with enhanced nutritional and sensory quality. This study aimed to evaluate the effects of brown rice variety (Soc Trang purple rice, black rice, and dark purple glutinous rice) and blending ratios with ST25 white rice (20/80, 30/70, and 40/60, w/w) on the quality attributes of extruded snacks. The evaluated parameters included moisture content, hardness, expansion ratio, bulk density, color characteristics (L^* , a^* , b^* , and hue angle H°), antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity), and sensory properties. The results indicated that rice variety strongly influenced on moisture content, color parameter b^* , bulk density, and antioxidant capacity, whereas the blending ratio predominantly governed L^* , a^* , hardness, and expansion ratio of extruded snack. Increase of the proportion of brown rice in the formulation led to higher pre-drying moisture content, DPPH antioxidant activity, and expansion ratio, while post-drying moisture content, bulk density, hardness, and L^* values tended to decrease. Among the investigated varieties, dark purple glutinous rice exhibited the highest antioxidant activity. Overall, the combination of ST25 rice with bioactive compound-rich brown rice varieties contributed to the production of extruded snacks with a crispy texture, natural color, and enhanced health benefits due to high antioxidant capacity (DPPH obtain 2.32 mg TE/g dry weight) with expansion ratio of 1.68 times and hardness of 30.11 N, demonstrating strong potential for the development of nutritious rice-based snack products in Vietnam.

Keywords: DPPH, expansion ratio, hardness, rice variety, extruded snacks, brown rice ratio.

Ngày nhận bài: 10/3/2026

Ngày chuyển phản biện: 15/4/2026

Ngày thông qua phản biện: 15/6/2026

Ngày duyệt đăng: 30/6/2026