

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN BẢO QUẢN LẠNH ĐÔNG THỊT QUẢ SA KÊ ĐẾN CHẤT LƯỢNG BỘT VÀ BÚN KHÔ BỔ SUNG BỘT SA KÊ

Trần Thị Minh Thu^{1,*}, Huỳnh Thị Kiều Oanh¹

¹ Khoa Công nghệ Sinh học - Công nghệ Hóa học

- Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

*Email: tmtthu@ctuet.edu.vn

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông thịt quả sa kê tươi (ở nhiệt độ - 20°C) đến đặc tính hóa lý và chức năng của bột sa kê, cũng như chất lượng bún khô được chế biến từ bột này. Thịt quả sa kê được trữ đông trong 5 tháng; định kỳ mỗi tháng, mẫu được chế biến thành bột và phối trộn 20% để sản xuất bún khô. Các chỉ tiêu chất lượng của bột (màu sắc, khả năng hút nước, độ trương nở, hàm lượng amylose, tính chất nhiệt) và đặc tính nấu của bún (độ hút nước, độ trương nở, độ thất thoát khi nấu và độ cứng) được phân tích. Kết quả cho thấy, thời gian lạnh đông dài làm bột sa kê sẫm màu (độ sáng L* giảm từ 110,84 xuống 106,36), hàm lượng amylose giảm từ 27,23-22,35% trong khi khả năng hút nước tăng 1,05 lần và độ trương nở ở 80°C tăng 1,11 lần, nhiệt độ hồ hóa giảm khoảng 3°C sau 5 tháng. Bún khô tạo thành cũng giảm độ sáng L* từ 59,16 xuống 53,90; thời gian nấu giảm 1 phút, khả năng hút nước và trương nở giảm lần lượt là 1,57 và 1,13 lần, trong khi tỷ lệ thất thoát khi nấu và độ cứng của bún tăng là 33% và 27%. Kết quả này phản ánh hiện tượng thoái hóa tinh bột trong quá trình bảo quản lạnh đông kéo dài.

Từ khóa: Bảo quản, bột, bún khô, lạnh đông, sa kê.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây sa kê (*Artocarpus altilis*) là loại cây lương thực nhiệt đới có năng suất cao (160 - 500 kg quả/ 1 năm) được trồng phổ biến tại các quốc gia khu vực Nam Thái Bình Dương, châu Á và châu Phi [1]. Ở Việt Nam, sa kê được trồng nhiều ở các tỉnh vùng Tây Nam Bộ do khả năng sinh trưởng tốt và sản lượng lớn (150 - 200 trái/năm) nhưng không phổ biến ở các tỉnh phía Bắc do chịu lạnh kém [2]. Quả sa kê trưởng thành chứa khoảng 84% carbohydrate với hơn 60% tinh bột, là nguồn protein, chất xơ và một số vi chất dinh dưỡng quan trọng nên thường được dùng để chế biến các món ăn như hấp, chiên, hay hầm, quả còn xanh có thể chế biến thành bột dùng làm các loại bánh [3]. Tuy nhiên, quả sa kê dễ bị hư hỏng sinh lý sau thu hoạch nên có thời gian bảo quản ngắn khoảng 2 - 5 ngày ở điều kiện môi trường gây khó khăn cho việc phân phối và chế biến [4]. Ở điều kiện lạnh, trái giữ được khoảng 10 - 14 ngày. Các phương pháp bảo quản này mang tính tự phát và chưa được chuẩn hóa nên ảnh hưởng đến chất lượng thành phẩm khi chế biến, do đó cần có một nghiên cứu về tác động của điều kiện bảo quản đến chất lượng của thịt quả sa kê.

Bột sa kê được xem như một bán thành phẩm từ thịt quả sa kê nhằm kéo dài thời gian và nâng cao giá trị sử dụng của quả. Đặc biệt, do không chứa gluten, bột sa kê phù hợp với người mắc bệnh Celiac - bệnh không dung nạp gluten - hoặc những đối tượng có nhu cầu ăn kiêng gluten. Bột có đặc tính chức năng nổi bật như khả năng giữ nước và dầu cao, độ nhớt khi gia nhiệt lớn, màu sắc nhạt, mùi vị trung tính giúp bổ sung vào nhiều công thức thực phẩm khác nhau như bánh mì, bánh quy... [5]. Bún là một sản phẩm truyền thống phổ biến và đa dạng ở Việt Nam chủ yếu làm từ bột gạo; việc ứng dụng bột sa kê vào sản phẩm bún góp phần tạo ra sản phẩm mới, tăng giá trị cho trái sa kê. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu gần đây đã tập trung xây dựng quy trình chế biến và bảo quản bột sa kê, cho thấy khả năng duy trì ổn định các đặc tính công nghệ và vi sinh trong thời gian bảo quản lên đến 16 tuần [5, 6].

Khoai mì, ngô và khoai tây đã được chứng minh có thời gian lưu trữ kéo dài nhờ phương pháp lạnh đông [7 - 9]. Tuy nhiên, bảo quản ở điều kiện đông sâu trong thời gian dài gây ra biến đổi dinh dưỡng và tính chất công nghệ bột do gây ảnh hưởng trực tiếp đến tính chất của tinh bột.

Điều này được giải thích do sự phá vỡ cấu trúc hạt tinh bột dưới tác dụng của nhiệt độ thấp, khiến tinh bột nhạy cảm hơn với quá trình thoái hóa (starch retrogradation). Cụ thể, hạt tinh bột bắp bị giảm kích thước sau 30 ngày lạnh đông ở -18°C , nhiệt độ hồ hóa giảm trong khi sự thoái hóa tăng lên [9]. Đối với bột khoai mì, lạnh đông ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng carbohydrate và protein, tính chất công nghệ sau 28 ngày bảo quản [8]. Tính chất lý hóa, lưu biến và hồ hóa của bột khoai tây cũng được chứng minh có sự thay đổi dưới tác dụng của quá trình xử lý lạnh đông - rã đông - sấy khô [10].

Mặc dù trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về tính chất và ứng dụng của bột sa kê [11], nhưng chưa có nghiên cứu nào đánh giá ảnh hưởng của bảo quản lạnh đông sa kê tươi đến tính chất của bột và chất lượng sản phẩm bổ sung bột như bún khô. Vì trái sa kê nhanh hư hỏng và mang tính mùa vụ, nên việc làm rõ tác động của lạnh đông nguyên liệu đến các đặc tính hóa lý và chức năng của bột sa kê, đồng thời đánh giá ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm ứng dụng là cần thiết [12] nhằm tạo tiền đề cho sự phát triển sản phẩm từ bột sa kê.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Trái sa kê tươi giống địa phương, già (khối lượng từ 700 g - 1 kg, gai nở to đều và phẳng, vỏ màu xanh đều hoặc hơi ngả vàng, thu hoạch sau 6 tháng đậu trái), không bị sâu, hỏng, được thu mua từ tỉnh Vĩnh Long. Gạo tẻ 504 Ngọc Tiên (giống lúa IR50404, hàm lượng amylose khoảng $19,54 \pm 0,52\%$ [13]) mua tại siêu thị ở thành phố Cần Thơ. Phụ gia sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, > 99%, Trung Quốc), xanthan gum (> 99%, dùng cho thực phẩm, Trung Quốc) mua tại các cửa hàng phụ gia ở thành phố Cần Thơ. Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ từ ngày 01/05/2025 đến ngày 30/10/2025.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bảo quản lạnh thịt quả sa kê

Trái sa kê tươi được rửa sạch, gọt vỏ, bỏ lõi, cắt thành 4 múi và bảo quản trong túi nhựa polyethylene (5 kg/túi), buộc kín miệng, bảo quản ở $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Mẫu được lấy độc lập tại các thời điểm 0, 1, 2, 3, 4 và 5 tháng để chế biến thành bột và bún khô bổ sung bột sa kê.

2.2.2. Quy trình chế biến bột và bún khô bổ sung bột sa kê

2.2.2.1. Quy trình chế biến bột

Quy trình chế biến bột được thực hiện theo Trần Thị Minh Thư và cs (2022) [6]: 500 g thịt quả sa kê lạnh đông được rã đông bằng nước ở nhiệt độ phòng đến khi đạt trạng thái mềm đồng đều, sau đó cắt lát mỏng ($0,3 \times 3,0 \times 6,0$ cm) và xử lý với phụ gia sodium metabisulfite 0,45% (w: w; 1: 2) trong 60 phút, xả sạch trước khi chần ở 80°C trong 2 phút để vô hoạt enzyme gây hóa nâu như polyphenol oxidase. Nguyên liệu được để ráo và sấy đối lưu ở 70°C đến độ ẩm dưới 13%, nghiền mịn (250 μm) và được đóng gói trong bao bì polyamide tráng nhôm kín. Thí nghiệm lặp lại 3 lần.

2.2.2.2. Quy trình chế biến bún khô bổ sung bột sa kê

100 g gạo được ngâm trong 24 giờ, nghiền ướt và loại nước để thu bột mịn có độ ẩm 28 - 30%. 50% bột gạo ướt được hồ hóa với nước (w: v, 1: 1,6, hồ hóa cách thủy ở 75°C , 5 phút trong bể điều nhiệt) trước khi trộn với 50% bột gạo, 20% bột sa kê, và 0,75 % xanthan gum, nhào đến độ ẩm 35 - 40%. Bún được tạo hình sợi đường kính 3,0 mm, dài 20 cm bằng máy ép bún cầm tay (Bear YMJ-A01V1). Sợi bún được hấp trong 4 phút, để nguội và sấy ở 70°C trong 1 giờ. Bún khô được bảo quản trong túi polyethylene kín [14]. Thí nghiệm lặp lại 3 lần.

2.2.3. Các phương pháp phân tích

2.2.3.1. Tính chất hóa lý của bột sa kê

- Hàm lượng amylose được xác định dựa theo phản ứng tạo phức amylose - iod màu xanh tím trong môi trường đệm acetate, sử dụng máy đo quang phổ để đo độ hấp phụ của phức chất ở bước sóng 620 nm theo TCVN 5716-1:2017 (ISO 6647-1:2015) [15].

- Các chỉ tiêu màu sắc (hệ màu Lab) xác định bằng máy đo màu Colorlite SPH870 (Đức); độ hút nước xác định theo Adepeju và cs (2011) [3] có điều chỉnh: Cân 1,0 - 1,5 g tinh bột vào ống ly tâm, thêm 10 mL nước cất và lắc đều trong 1 phút. Mẫu được để yên 30 phút ở 24°C , sau đó ly tâm ở 2.000 vòng/ phút trong 25 phút. Sau khi loại bỏ phần nước, giữ lại phần cặn và xác định khối lượng. Độ hút nước (water capacity, WAC, g/g) được tính toán theo công thức (1):

$$WAC = \frac{W_1}{W} \text{ (g/g)} \quad (1)$$

Với W và W₁ là khối lượng mẫu ban đầu và mẫu sau ly tâm (g).

- Độ trương nở xác định theo phương pháp của Takashi và Sieb (1988) [16]: Cân 3 - 5 g mẫu vào ống ly tâm, thêm 30 mL nước cất và khuấy đều. Mẫu được gia nhiệt ở 60, 70 và 80 °C trong bể điều nhiệt trong 15 phút trước khi ly tâm ở 3.000 vòng/ phút trong 10 phút, loại nước, để yên phần cặn ráo ở 50 °C trong 30 phút, và xác định khối lượng. Độ trương nở (swelling power, SP, g/g) tính toán theo công thức (2): $SP = \frac{W_3 - W_4}{W}$ (g/g) (2).

Với W, W₃, W₄: Lần lượt là khối lượng mẫu ban đầu, khối lượng các ống chứa mẫu trước khi thêm nước cất và sau khi sấy khô (g).

- Tính chất nhiệt của tinh bột sa kê: Đặc tính hồ hóa của tinh bột được đo bằng phương pháp nhiệt lượng quét vi sai (DSC, Frontier PerkinElmer, Mỹ): 3 mg tinh bột được trộn với nước cất (w: w, 1: 3) và gia nhiệt với tốc độ 10 °C/ phút từ 25 - 150 °C.

2.2.3.2. *Tính chất nấu (cooking quality) của bún khô*

- Thời gian nấu: 5 g bún khô nấu trong 250 ml nước sôi đến khi tâm sợi bún không còn màu đục thì ghi nhận thời gian nấu [17].

- Cấu trúc: Độ cứng của bún sau khi nấu được xác định bằng máy đo cấu trúc (TMS Pro, Mỹ) theo phương pháp của Srikaeo và cs (2018) [18], 5 sợi bún đã nấu chín được đặt song song và cắt bằng dao (10 × 5,0 × 0,2 cm) với tốc độ 1 mm/giây đến khi đứt 75% đường kính.

- Độ trương nở: Xác định bằng độ chênh lệch thể tích của bún trước và sau nấu, thể tích bún được xác định bằng cylinder chứa nước [17] và tính theo công thức (3):

$$\text{Độ trương nở (\%)} = \frac{\text{Thể tích sau nấu} - \text{thể tích trước nấu}}{\text{thể tích trước nấu}} \quad (3)$$

- Độ hút nước: Xác định bằng chênh lệch khối lượng bún trước và sau nấu [17] theo công thức (4):

$$\text{Độ hút nước (\%)} = \frac{\text{khối lượng sau nấu} - \text{khối lượng trước nấu}}{\text{khối lượng trước nấu}} \quad (4)$$

- Độ tổn thất khi nấu: Là lượng vật chất khô hòa tan trong nước khi nấu [17]. Nấu chín bún, vớt ra và sấy nước nấu bún ở 105°C đến khi khối lượng không đổi, độ tổn thất tính theo công thức (5).

$$\text{Độ tổn thất (\%)} = \frac{\text{khối lượng vật chất còn lại}}{\text{khối lượng bún khô trước khi nấu}} \quad (5)$$

2.2.4. Xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả được xử lý thống kê bằng phương sai (ANOVA) và phép thử LSD ở mức ý nghĩa 5% sử dụng phần mềm Stagraphic XIX - X64.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông sa kê đến tính chất của bột

3.1.1. *Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông sa kê đến màu sắc (độ sáng L*, độ đỏ a* và độ vàng b*), hàm lượng amylose, độ trương nở và độ hút nước của bột*

Màu sắc, hàm lượng amylose, độ hút nước và độ trương nở của bột sa kê chế biến từ thịt quả tươi bảo quản lạnh đông trong 5 tháng được trình bày trong bảng 1 và 2.

Bảng 1. Màu sắc (L*, a*, b*) và hàm lượng amylose của bột

Tháng	Độ sáng (L*)	Độ đỏ (a*)	Độ vàng (b*)	Hàm lượng amylose (% vật chất khô)
0	108,55 ^{bc} ± 0,51	-0,18 ^c ± 0,10	1,74 ^a ± 0,28	27,23 ^{ab} ± 1,96
1	110,84 ^a ± 0,62	0,23 ^{bc} ± 0,53	0,96 ^{ab} ± 1,05	28,33 ^a ± 0,41
2	109,66 ^a ± 1,51	0,58 ^{ab} ± 0,24	-0,52 ^{bc} ± 2,34	27,59 ^{ab} ± 0,68
3	107,99 ^c ± 1,21	0,83 ^a ± 0,42	-2,25 ^d ± 0,98	25,10 ^{bc} ± 2,46
4	106,36 ^e ± 0,76	0,69 ^a ± 0,06	-2,03 ^{cd} ± 0,18	24,43 ^{bc} ± 3,89
5	106,58 ^d ± 0,91	0,83 ^a ± 0,18	-1,99 ^{cd} ± 0,41	22,35 ^c ± 1,40
P - value	< 0,05			

Ghi chú: Các ký tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong cùng một cột (p<0,05).

Sau 5 tháng bảo quản ở - 20 °C, bột giảm nhẹ 1,74 đến -1,99 trong khi độ đỏ (a*) tăng từ -0,18 đến 0,83 so với bột chế biến từ sa kê tươi (tuần

0). Kết quả này phù hợp với sự sậm màu của bột chế biến từ nguyên liệu khoai mì và bột quả đu đủ Mỹ bảo quản trong điều kiện lạnh đã được báo cáo trước đây [8,19]. Điều này được giải thích do hoạt động của enzyme polyphenol oxidase (PPO) [19] và sự thay đổi thành phần hóa học của bột sau khi sấy [8]. Trong quá trình lạnh đông, nước trong thực phẩm kết tinh và chuyển hóa thành tinh thể đá. Các tinh thể lớn ở vùng ngoại bào có thể gây tổn hại đến cấu trúc vi mô của thực phẩm, dẫn đến sự thay đổi về màu sắc, hương vị, dinh dưỡng và kết cấu sau khi rã đông, cụ thể như làm mềm mô, tăng sự thất thoát nước, giảm khả năng giữ nước, mô bị nâu... [20]. Mối liên hệ giữa hoạt tính của enzyme PPO với màu sắc của sản phẩm trong thời gian lạnh đông của nghiên cứu này tương đồng với kết quả nghiên cứu trên quả đào

của Al-Jeddawi và cs (2023) [21]; trong đó thời gian lạnh đông càng tăng thì hoạt động PPO càng cao và độ sáng sản phẩm càng giảm.

Bột chế biến từ trái tươi (không lạnh đông) có hàm lượng amylose chiếm khoảng $27,23 \pm 1,96\%$; kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu về thành phần dinh dưỡng của trái sa kê tại Nigeria của Akanbi và cs (2009) [22]. Khi thời gian bảo quản lạnh đông kéo dài đến 5 tháng, hàm lượng amylose giảm dần đến 22,35; điều này được Zhang và cs (2024) giải thích do sự phá vỡ cấu trúc xoắn kép của tinh bột dẫn đến sự hòa tan của amylose dưới tác dụng của chu trình lạnh đông - rã đông [23]. Sự thay đổi thành phần này còn có liên quan đến hiện tượng tái sắp xếp phân tử và kết tinh lại của tinh bột [24], kết hợp với sự thủy phân tinh bột do enzyme amylase trong giai đoạn rã đông [25].

Bảng 2. Độ trương nở và độ hút nước của bột trong thời gian bảo quản lạnh đông

Tháng	Độ trương nở (SP, g/g)			Độ hút nước (WAC, g/g)
	60°C	70°C	80°C	
0	$2,58^a \pm 0,18$	$2,60^b \pm 0,27$	$7,66^c \pm 0,69$	$3,11^b \pm 0,09$
1	$2,63^a \pm 0,23$	$2,74^{ab} \pm 0,20$	$7,28^d \pm 0,43$	$3,21^a \pm 0,27$
2	$2,56^a \pm 0,16$	$2,77^{ab} \pm 0,23$	$8,09^b \pm 0,29$	$3,22^b \pm 0,14$
3	$2,57^a \pm 0,77$	$2,81^{ab} \pm 0,26$	$8,09^b \pm 0,20$	$3,25^a \pm 0,09$
4	$2,54^a \pm 0,49$	$2,87^a \pm 0,13$	$8,21^{ab} \pm 0,13$	$3,25^a \pm 0,16$
5	$2,60^a \pm 0,32$	$2,91^a \pm 0,90$	$8,47^a \pm 0,11$	$3,27^a \pm 0,19$
P value	> 0,05		< 0,05	

Ghi chú: Các ký tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong cùng một cột ($p < 0,05$).

Vì tinh bột là thành phần chính của bột sa kê nên sự thay đổi thành phần tinh bột cũng ảnh hưởng đến các tính chất công nghệ như độ hút nước WAC và độ trương nở SP của bột. Giá trị WAC tăng nhẹ từ 3,11 - 3,27 g/g sau 5 tháng bảo quản lạnh đông; nguyên nhân là do sự thay đổi kích thước hạt tinh bột do tinh thể hình thành và tan trong chu kỳ lạnh đông - rã đông, dẫn đến sự lỏng lẻo hơn của cấu trúc tinh bột, hạt tiếp xúc nhiều nước nên hút nhiều nước hơn. Kết quả này đã được báo cáo ở bột khoai mì trong thời gian bảo quản lạnh đông nguyên liệu thô [8]. Sự gia tăng của WAC được cho là có lợi trong chế biến thực phẩm. Tương tự, SP cũng tăng dần khi gia nhiệt tăng từ 70 - 80 °C do quá trình hồ hóa tinh bột sa kê diễn ra ở khoảng 80°C [22], trong đó thời gian trữ lạnh càng dài thì giá trị SP càng tăng. SP của bột khoai mì cũng tăng theo thời

gian đông lạnh và được Kayode và cs (2021) giải thích thông qua sự phá vỡ cấu trúc hạt tinh bột, dẫn đến thay đổi kích thước hạt và thành phần amylose và amylopectin - là những yếu tố chính ảnh hưởng đến khả năng trương nở [8]. Banu & Aprodu (2021) khi nghiên cứu về ảnh hưởng của lạnh đông đến tính chất của gạo Basmati cũng cho thấy kết quả tương tự [26].

3.1.2. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông sa kê đến tính chất nhiệt của bột

Phương pháp nhiệt lượng quét vi sai (DSC) được sử dụng để đánh giá sự thay đổi nhiệt độ hồ hóa của bột sa kê trong 5 tháng bảo quản lạnh thật quả. Kết quả phân tích về nhiệt độ đầu (T_o), nhiệt độ đỉnh (T_p), nhiệt độ cuối (T_e) và khoảng chuyển nhiệt độ ($T_e - T_o$) được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Bảng phân tích nhiệt của bột sa kê bảo quản lạnh đông

Tháng	Nhiệt độ đầu T_o (°C)	Nhiệt độ đỉnh T_p (°C)	Nhiệt độ cuối T_e (°C)	Khoảng chuyển nhiệt độ ($T_e - T_o$)
0	73,80	76,00	78,73	4,93
1	73,73	75,80	77,78	4,01
2	70,00	72,90	74,67	4,67
3	70,14	72,70	74,65	4,51
4	70,87	73,50	76,00	5,13
5	69,98	72,70	74,73	4,75

Kết quả cho thấy, bột chế biến từ trái tươi có giá trị T_o là 73,80°C, T_p là 76,00°C và T_e là 78,73°C, khoảng chuyển nhiệt độ là 4,93°C; kết quả này tương đồng với tính chất nhiệt của bột sa kê thương mại được báo cáo bởi Huang và cs (2019) [5]. Nhìn chung, có sự giảm dần các giá trị T_o , T_p , T_e của bột theo thời gian lạnh đông; sự giảm các nhiệt độ hồ hóa của bột đã được đề cập trong các nghiên cứu về ảnh hưởng của chu trình trình lạnh đông - rã đông đến chất lượng của bột nhào và tinh bột bắp, lúa mì [9, 27]. Nó liên quan đến sự giảm hàm lượng amylose trong thời gian lạnh đông: Vì amylose tạo ra các vùng có độ kết tinh cao nên khi giảm hàm lượng thì vùng kết tinh bị giảm dẫn đến nhiệt độ hồ hóa giảm [9]. Sự gia tăng khả năng hút nước của hạt tinh bột sau lạnh đông do các vết nứt trên bề mặt cũng được cho là nguyên nhân làm bột dễ bị hồ hóa hơn so với bột từ sa kê tươi [27].

3.2 Ảnh hưởng của bảo quản lạnh đông sa kê đến tính chất của bún khô bổ sung bột sa kê

3.2.1 Ảnh hưởng của bảo quản lạnh đông sa kê đến màu sắc (độ sáng L^* , độ đỏ a^* và độ vàng b^*) của bún

Tại các thời điểm khảo sát, thịt quả sa kê lạnh đông được chế biến thành bột và bột được bổ sung vào quá trình chế biến bún khô. Kết quả phân tích màu của bún khô được trình bày trong bảng 4.

Kết quả cho thấy, bún chế biến từ bột sa kê bảo quản đông lạnh càng dài thì có xu hướng sậm màu hơn, biểu hiện qua sự giảm giá trị L^* từ 59,16 - 55,64. Sự sậm màu này liên quan trực tiếp đến sự giảm độ trắng của bột sa kê bổ sung (mục 3.1.1). Theo Yang và cs (2022), sự sậm màu của bún bổ sung các loại bột ngũ cốc là kết quả của sự tăng cường các phản ứng hóa học như Maillard do thành phần protein trong ngũ cốc,

thường được thúc đẩy bởi nhiệt độ và thời gian bảo quản [28]. Ngoài ra, trong các sản phẩm chứa tinh bột, hoạt động của các enzyme như peroxidase (POD) và PPO cũng có thể gây ra hiện tượng sậm màu [28]. Trong báo cáo của Adebawale và cs (2018), mì chế biến từ bột mì kết hợp với bột sa kê cũng bị sậm màu do quá trình chế biến nhiệt gây ảnh hưởng đến cấu trúc hạt tinh bột [29]. Trong khi độ vàng b^* của bún không thay đổi đáng kể thì độ đỏ a^* có sự giảm nhẹ từ 1,02 - 0,9. Điều này cũng liên quan đến quá trình oxy hóa polyphenol và biến đổi sắc tố trong nguyên liệu khi xử lý hoặc bảo quản.

Bảng 4. Màu sắc (L^* , a^* , b^*) của bún

Tháng	Độ sáng (L^*)	Độ đỏ (a^*)	Độ vàng (b^*)
0	59,16 ^a ± 1,52	1,02 ^{ab} ± 0,42	-6,16 ^b ± 0,88
1	57,25 ^{ab} ± 1,17	1,37 ^a ± 0,23	-6,47 ^a ± 0,41
2	57,54 ^{ab} ± 1,39	1,14 ^{ab} ± 0,13	-5,71 ^c ± 0,59
3	57,64 ^{ab} ± 2,10	0,94 ^b ± 0,35	-6,47 ^a ± 1,23
4	53,90 ^c ± 1,67	0,77 ^b ± 0,23	-6,36 ^{ab} ± 0,94
5	55,64 ^{bc} ± 0,94	0,90 ^b ± 0,19	-6,17 ^b ± 0,56
P value	< 0,05		

Ghi chú: Các ký tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong cùng một cột.

3.2.2 Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông sa kê đến tính chất nấu của bún thành phẩm

Kết quả phân tích các tính chất nấu của bún khô như thời gian nấu, độ cứng, độ hút nước, độ trương nở, độ tồn thất khi nấu được trình bày trong bảng 5.

Nhìn chung các tính chất nấu như thời gian nấu, độ trương nở, độ hút nước của bún giảm khi thời gian lạnh đông sa kê kéo dài, trong khi độ cứng và độ thất thoát tăng lên. Thời gian nấu tỷ lệ thuận với nhiệt độ hồ hóa của khối bột nhào; khối bột có nhiệt độ hồ hóa càng cao thì thời gian nấu bún càng dài [30]. Kết quả này phù hợp với sự

giảm nhiệt độ hồ hóa của bột sa kê theo thời gian bảo quản lạnh đông. Sự thay đổi tỷ lệ và trạng thái của amylase-amylpectin sau bảo quản lạnh đông có thể làm thay đổi khả năng hút nước và trương nở của hệ tinh bột. Amylopectin thường liên quan nhiều đến khả năng trương nở, trong khi amylose tái sắp xếp có thể làm hệ chặt hơn, ảnh hưởng đến hút nước, trương nở và cấu trúc sợi bún. Theo Endah và cs (2024) [31], amylose có khả năng hút nước, còn amylopectin giữ nước kém nên làm giảm khả năng hút nước và trương

nở của bún. Bên cạnh đó, sự giảm dần hàm lượng protein khi thời gian lạnh đông kéo dài [8] cũng có thể ảnh hưởng đến tính chất nấu của sản phẩm. Sự gia tăng độ thất thoát của bún có thể giải thích thông qua sự giảm hàm lượng protein, làm giảm khả năng hút nước và bám dính của bún. Ngoài ra, kích thước của hạt nguyên liệu cũng ảnh hưởng đến độ thất thoát; lạnh đông làm phá vỡ cấu trúc và giảm kích thước hạt tinh bột, khiến chúng dễ tan rã ra trong quá trình nấu làm tăng độ thất thoát khi nấu [8, 30].

Bảng 5. Thời gian nấu, độ cứng, độ hút nước, độ trương nở và độ thất thoát của bún

Tháng	Thời gian nấu (phút)	Độ cứng (N)	Độ hút nước (%)	Độ trương nở (%)	Độ thất thoát (%)
0	11,51 ^a ± 0,48	0,44 ^c ± 0,01	172,17 ^a ± 12,06	236,88 ^a ± 30,80	4,95 ^{cd} ± 1,54
1	11,41 ^a ± 0,28	0,46 ^c ± 0,03	170,67 ^a ± 20,06	234,38 ^{ab} ± 22,83	5,16 ^c ± 0,46
2	11,24 ^{ab} ± 0,16	0,49 ^{bc} ± 0,04	163,85 ^b ± 11,62	231,25 ^b ± 35,40	5,27 ^c ± 1,14
3	10,94 ^b ± 0,45	0,50 ^b ± 0,02	156,5 ^c ± 12,97	222,50 ^c ± 21,04	5,33 ^{bc} ± 1,59
4	10,75 ^b ± 0,41	0,54 ^a ± 0,02	152,21 ^c ± 7,71	216,00 ^{cd} ± 64,70	5,94 ^b ± 0,45
5	10,42 ^c ± 0,27	0,56 ^a ± 0,02	148,88 ^d ± 10,32	210,00 ^d ± 28,40	6,58 ^a ± 0,69
P value	< 0,05				

Ghi chú: Các ký tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong cùng một cột.

Các thông số cấu trúc như độ cứng rất quan trọng đối với bún hoặc các sản phẩm sợi. Độ cứng bị ảnh hưởng bởi các đặc tính lưu biến của nguyên liệu tinh bột; trong nghiên cứu này, khi bổ sung bột sa kê chế biến từ sa kê lạnh đông càng dài thì độ cứng càng tăng: Bún bổ sung bột sa kê lạnh đông 5 tháng có độ cứng cao gấp 1,3 lần bún làm từ bột của trái tươi. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu về bánh quy bổ sung bột làm từ đậu lạnh đông, khi bổ sung 50% bột đậu cũng làm tăng độ cứng trong khi độ nở, độ xốp và độ đàn hồi giảm [32]. Sự giảm kích thước của hạt tinh bột, giảm tỷ lệ amylose: amylopectin [33] ảnh hưởng đến khối bột nhào, làm giảm tính kết dính hay độ dai của khối bột, từ đó làm tăng độ cứng của sợi bún.

Các kết quả này cho thấy, bột và bún khô sản xuất từ thịt quả sa kê lạnh đông giảm chất lượng rõ rệt khi lạnh đông sau 5 tháng, trong đó mức giảm thể hiện rõ rệt từ tháng thứ 3 trở đi.

4. KẾT LUẬN

Bảo quản lạnh đông thịt quả sa kê ở -20°C trong 5 tháng gây biến đổi rõ rệt chất lượng bột sa kê và bún khô bổ sung bột sa kê. Sau bảo quản, bột sa kê trở nên sậm màu (độ sáng L* giảm 4,48 đơn vị), hàm lượng amylose giảm 4,88% và nhiệt

độ hồ hóa giảm khoảng 3°C; các biến đổi này làm giảm chất lượng kỹ thuật của bún khô, thể hiện qua giảm thời gian nấu từ 11,51 xuống 10,42 phút, giảm khả năng hút nước và trương nở, đồng thời làm tăng độ thất thoát và độ cứng của bún (tăng lần lượt 33% và 27%).

Bảo quản lạnh đông giúp kéo dài thời gian sử dụng thịt quả sa kê tươi, tuy nhiên cần lựa chọn thời gian bảo quản phù hợp (dưới 3 tháng nhằm đảm bảo chất lượng bột sa kê và bún khô bổ sung bột sa kê).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. M. P. Jones, D. Ragone, and S. J. Murch (2011). Breadfruit: an old crop with a new future. in *Comprehensive Biotechnology*, M. Moo-Young, Ed., Elsevier, 235 - 239.
- [2]. Đỗ Huy Bích và cs (2006). Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam, tập 2. Nxb Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [3]. A. B. Adepeju và cs (2011). Functional and pasting characteristics of breadfruit (*Artocarpus altilis*) flours, *African Journal of Food Science*, 5 (9), 529 - 535.
- [4]. Ragone D. (1997). Breadfruit, *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg in book: Promoting the conservation and use of neglected

and underutilized crops. No. 10, IPK and IPGRI, Rome, Italy.

[5]. S. Huang, M. M. Martinez, and B. M. Bohrer (2019). The compositional and functional attributes of commercial flours from tropical fruits (breadfruit and banana), *Foods*, 8 (11), 586.

[6]. Trần Thị Minh Thư, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Thị Thùy Linh, Lê Vũ Lan Phương, Nguyễn Thị Ngọc Thứ, and Nguyễn Thị Như Ý (2022). Nghiên cứu ảnh hưởng của công đoạn tiền xử lý và sấy đến hoạt độ của hệ enzyme peroxidase và màu sắc của bột Sa Kê (*Artocarpus altilis*), *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn*, 445, 54 - 61.

[7]. Trần Thị Minh Thư, Đặng Thị Cẩm Tuyên, Trần Thị Ngọc Tâm, Trần Thị Thùy Linh, Nguyễn Ngọc Trang Thùy and Trần Nguyễn Phương Lan (2025). Nghiên cứu ảnh hưởng của loại bao bì bảo quản đến tính chất vật lý và vi sinh của bột sa kê, *TNU Journal of Science and Technology*, 230 (01), 48 - 55.

[8]. B. I. Kayode, và cs (2021). Chemical, functional and physicochemical properties of flour from cassava stored under freezing, *J Stored Prod Res*, 92, April, 01816.

[9]. F. Storage, P. Properties, and W. C. Starch (2022). Effect of Frozen Storage on Microstructure and Physicochemical Properties of Waxy Corn Starch, *Food Science*, 43 (14), 0 - 3.

[10]. X. Duan, và cs (2024). Effect of Freezing Temperature on the Thermal, Rheological, and Gelatinization Properties of Freeze-Thaw-Dehydrated Potato Powder, *Gels*, 10 (11), 744.

[11]. Nguyen Phuoc Minh, (2019). Optimization of microwave baking for breadfruit (*Artocarpus altilis*) slices, *Research on Crops*, 20 (3), 620 - 624.

[12]. Nguyen Phuoc Minh and Khoa Dang Nguyen (2022). Cooking quality attributes of rice (*Oryza sativa* L.) noodle substituted by different carbohydrate sources, *Research on Crops*, 23 (1), 235-242.

[13]. Trần Huỳnh Như An, Triệu Ngọc Hân, Nguyễn Hồng Hạnh, Nguyễn Công Hà, and Lê Nguyễn Đoàn Duy (2016). Ảnh hưởng của các điều kiện ngâm và nảy mầm đến hoạt tính α -amylase của hai giống lúa IR50404 và Một Bụi Đỏ, *Can Tho University Journal of Science, vol. Nông nghiệp*, 1, 105.

[14]. Tran Thi Minh Thu, Vu Thu Thuy, Le Vu Lan Phuong, and Vi Nha Tran (2024). The

application of microwave and ultrasound treatment on breadfruit flour for noodle fortification, *J Appl Biol Biotechnol*, 12 (6), 201 - 207.

[15]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5716-1:2017 về Gạo.

[16]. S. Takahashi and P. A. Seib (1988). Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipids, *Cereal Chem*, 65 (6), 474 - 483.

[17]. A. A. of C. Chemists. A. M. Committee (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists, vol. 1. American Association of Cereal Chemists.

[18]. K. Srikaeo, P. Laothongsan, and C. Lerdluksamee (2018). Effects of gums on physical properties, microstructure and starch digestibility of dried-natural fermented rice noodle, *Int J Biol Macromol*, 109, 517 - 523.

[19]. R. G. Brannan and G. Wang (2017). Effect of Frozen Storage on Polyphenol Oxidase, Antioxidant Content, and Color of Pawpaw (*Asimina triloba* [L.] Dunal) Fruit Pulp, *J Food Res*, 6 (3), 93.

[20]. D. Li, Z. Zhu, and D. W. Sun (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review, *Trends Food Sci. Technol.*, 75, 46 - 55.

[21]. W. Al-Jeddawi, J. K. Northcutt, and P. Dawson (2023). Effect of pre-treatment and freezing on the polyphenol oxidase activity and color stability of sliced peaches, *J. Sci. Food Agric.*, 103(7), 3376 - 3389.

[22]. T. O. Akanbi, S. Nazamid, and A. A. Adebawale (2009). Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun state, Nigeria, *Int Food Res J*, 16 (2), 151 - 157.

[23]. H. Zhang, L. Yin, Q. Wang, Y. Wang, J. Su, C. Li and X. Zhou (2024). Effects of freeze-thaw cycles on the physicochemical and in vitro digestibility of starch in pre-fermented frozen raw dough, *Int J Food Sci Technol*, 59 (5), 3297 - 3307.

[24]. Nguyễn Tiến Dũng, Lê Thị Thúy Hồng, Võ Minh Thảo, Quách Tấn Năng, and Nguyễn Thị Lương (2023). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến đặc tính hóa lý của tinh bột sắn, *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, 23 (2), 32 - 40.

[25]. B. I. Kayode, R.MO. Kayode, K.O. Salami, A.O. Obilana, T.T. George, O.E. Dudu, O.A. Adebo, P.B. Njobeh, S.S. Diarra, S.A.

Oyeyinka (2021). Morphology and physicochemical properties of starch isolated from frozen cassava root, *Lwt*, 147, 111546.

[26]. I. Banu and I. Aprodu, Influence of rice variety and freezing on flour properties (2021). *Applied Sciences (Switzerland)*, 11 (2), 5716.

[27]. R. J. Kowalski, A. Meldrum, S. Wang, H. Joyner (Melito), and G. M. Ganjyal (2017). Waxy Wheat Flour as a Freeze-Thaw Stable Ingredient Through Rheological Studies, *Food Bioproc Tech*, 10 (7), 1281 - 1296.

[28]. Z.-G. C. Sha Yang, Lu Jin, Xia-Hong Xu and Chang-Song Shan (2022). Long-term storage and temperature induced quality changes of industrial-scale wet starch noodles, *LWT - Food Science and Technology*, 153.

[29]. O. J. Adebawale, H. A. Salaam, O. M. Komolafe, T. A. Adebisi, and I. O. Ilesanmi (2018). Quality Characteristics of Noodles Produced from Wheat Flour and Modified Starch of African Breadfruit (*Artocarpus altilis*) Blends, *Journal of Culinary Science & Technology*, 15 (1), 75 - 88.

[30]. R. P. Hastuti, S. B. Sasongko, and M. Djaeni (2021). Rehydration Capacity of Vermicelli Prepared by Combining Arenga Starch, Rice Flour and Sorghum, *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, 1053 (1), 012115.

[31]. E. Y. Endah, A. Mustofa, R. Rismaya, and N. Suhartatik (2024). Physicochemical and Functional Properties of Vermicelli Made of Modified White Rice, Brown Rice, and Black Rice, *International journal on Advance science engineering information technology*, 14 (3), 1042 - 1048.

[32]. M. A. Gallardo, M. E. Martínez-Navarro, M. Álvarez-Ortí, and J. E. Pardo (2024). Utilization of Flours Derived from the Waste from the Frozen Vegetable Industry for Bakery Product Production, *Agriculture (Switzerland)*, 14 (10).

[33]. S. A. Oyeyinka, O. I. Ajayi, C. T. Gbadebo, R. M. O. Kayode, O. R. Karim, and A. A. Adeloye (2018). Physicochemical properties of gari prepared from frozen cassava roots,” *Lwt*, 99, 594 - 599.

THE STUDY ON THE EFFECT OF BREADFRUIT FLESH FROZEN STORAGE DURATION ON THE QUALITY OF BREADFRUIT FLOUR AND DRIED VERMICELLI FORTIFIED WITH BREADFRUIT FLOUR

Tran Thi Minh Thu¹, Huynh Thi Kieu Oanh¹

¹ Department of Food Technology, Faculty of Biotechnology - Chemical Engineering

- Food Technology, Can Tho University of Technology

Abstract

This study investigated the impact of frozen storage duration of breadfruit pulp on the physicochemical and functional properties of breadfruit flour and the quality of fortified dried vermicelli. Breadfruit pulp was stored at -20°C and processed monthly over a five-month period into flour and dried vermicelli supplemented with 20% breadfruit flour. The flour was analyzed for color, water absorption capacity, swelling power, amylose content, and gelatinization temperature. The fortified noodles were evaluated for cooking properties, including water absorption, swelling index, cooking loss, and hardness. Results indicated that prolonged frozen storage produced darker flour (L^* value decreased from 110.84 to 106.36) and a reduction in amylose content from 27.23% to 22.35%. Additionally, water absorption capacity and swelling power at 80°C increased by 1.05- and 1.13- fold, respectively, while the gelatinization temperature decreased by 3°C after 5 months. Similarly, the whiteness (L^* value) of the dried vermicelli decreased from 59.16 to 53.90. Cooking time, water absorption, and swelling capacity decreased approximately 1 minute, 1.57-fold, and 1.13-fold, respectively, whereas cooking loss and hardness increased by 33% and 27%. These results revealed the degradation of breadfruit starch during frozen storage.

Keywords: Breadfruit, dried vermicelli, flour, frozen storage.

Ngày nhận bài: 6/1/2026

Ngày chuyển phản biện: 5/2/2026

Ngày thông qua phản biện: 13/6/2026

Ngày duyệt đăng: 30/7/2026