

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG ĐOẠN TIỀN XỬ LÝ VÀ SẤY ĐẾN HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ ENZYME PEROXIDASE VÀ MÀU SẮC CỦA BỘT SA KÊ (*Artocarpus altilis*)

Trần Thị Minh Thu^{1*}, Nguyễn Thị Bích Ngọc¹, Trần Thị Thùy Linh¹,
Lê Vũ Lan Phương¹, Nguyễn Thị Ngọc Thứ², Nguyễn Thị Như Ý³

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu nhằm xác định các thông số kỹ thuật trong công đoạn xử lý và sấy của quá trình chế biến bột sa kê (sake). Ảnh hưởng của phụ gia và nồng độ xử lý, điều kiện chần và sấy đến hoạt động của enzyme peroxidase (POD), màu sắc và thành phần dinh dưỡng của sản phẩm bột sake đã được khảo sát. Ba loại phụ gia gồm sodium chloride (NaCl), sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), axit ascorbic (vitamin C) ở các nồng độ 0,05%, 0,25%, 0,45% và 0,65% được sử dụng để xử lý nguyên liệu (60 phút) trước khi chần ở các nhiệt độ 60°C, 70°C, 80°C và 90°C với thời gian 60 giây, 120 giây, 180 giây và 240 giây; sau đó được sấy ở 50°C, 60°C, 70°C, 80°C trong 60 phút, 120 phút, 180 phút và 240 phút trước khi nghiền thành bột. Kết quả cho thấy nguyên liệu xử lý bằng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,45% kết hợp chần ở 80°C (2 phút) trước khi sấy ở 70°C (3 giờ) có hoạt động của enzyme POD giảm đáng kể, bột có độ trắng sáng L^* và độ vàng b^* ổn định. Xử lý phụ gia và chần là hai quá trình chính ức chế hoạt động của enzyme gây hóa nâu trong thịt quả sake nhưng cũng gây thất thoát nguồn dinh dưỡng (hàm lượng vitamin C còn lại 0,004 - 0,018% chất khô); quá trình sấy ảnh hưởng mạnh đến độ ẩm và màu của nguyên liệu bột sake (độ ẩm sau sấy còn 62,91 - 9,17% chất khô).

Từ khóa: Chần, hóa nâu, peroxidase, sake, sấy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây sake (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg, Moraceae) được trồng phổ biến ở các vùng nhiệt đới như Đông Nam Á, Nam Á và nhiều đảo ở Thái Bình Dương [1]. Một cây trưởng thành có thể cho 250- 400 kg trái/năm, trên 70% khối lượng trái có thể ăn được (trừ vỏ và lõi). Thành phần dinh dưỡng của trái sake gồm carbohydrate (30%), protein (2,5%) và chất béo (0,5%) (chất ướt) bên cạnh các chất khoáng (kali, đồng, ma giê, phot pho...) và vitamin cùng các chất chống oxi hóa tự nhiên nhóm carotenoid [1, 2, 3]. Ngoài thành phần chất xơ (4,9%) có tác dụng hạn chế cholesterol, mỡ máu, béo phì; thịt quả còn chứa các loại axit amin thiết yếu (phenylalanine, leucine, isoleucine, valine...) và các protein dễ tiêu hóa nên sake được xem như là một

nguồn thực phẩm tiềm năng đảm bảo an ninh lương thực [3]. Đặc biệt, thịt quả không chứa gluten – protein phổ biến trong lúa mì gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến những người mắc bệnh celiac (hội chứng rối loạn tự miễn hay dị ứng với gluten), nên sake có tiềm năng rất lớn trong việc sản xuất thực phẩm không hoặc ít gluten [4, 5].

Bột sake chứa trên 4% protein, 1% chất béo; 6% xơ và 2,6% khoáng [6, 7, 8] được sản xuất bằng phương pháp sấy đối lưu đến độ ẩm dưới 12 – 13% kết hợp với bao bì, nhiệt độ thích hợp thì có thể bảo quản được đến 12 tuần [9, 10]. Do sake chứa nhiều polyphenol tổng số ($17,12 \pm 0,01 \mu\text{mol TE/g}$ chất khô [11, 12]) nên rất nhạy cảm với phản ứng oxi hóa, dưới xúc tác của các enzyme nội sinh polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) và hydrolase dẫn đến thịt quả dễ bị sẫm màu, thành phần dinh dưỡng và tính chất công nghệ của bột bị giảm sút. Vì vậy việc sơ chế nguyên liệu trước khi sấy là cần thiết để giảm hoạt động của các enzyme, nhất là peroxidase là một enzyme rất bền nhiệt [13, 14]. Phương pháp tiền xử lý bằng hóa chất (AA, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CaCl_2 và NaCl) kết hợp với chần nhanh ở 70°C đã được đề xuất

¹ Khoa Công nghệ Sinh hóa - Thực phẩm, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ

² Khoa Quản lý công nghiệp, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ

³ Phòng Quản lý Khoa học - Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ

*Email: ttmtthu@ctu.edu.vn

để ức chế enzyme PPO, POD, hydrolase giúp làm cải thiện màu sắc và tính chất công nghệ của thịt quả sake, ngó sen, trái nhãn [10, 14, 15, 16].

Thành phần nguyên liệu và điều kiện điều kiện tiền xử lý, điều kiện nhiệt... gây ảnh hưởng rất lớn đến hoạt tính của enzyme POD cũng như màu sắc của sản phẩm trong quá trình tồn trữ. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát độ hoạt động của enzyme POD và sự thay đổi màu sắc (độ sáng L^* , độ vàng b^*) của bột thành phẩm sau các bước xử lý phụ gia, chần và sấy, từ đó xác định được chế độ công nghệ nhằm tạo sản phẩm bột có màu sắc đạt độ ổn định cao trong thời gian bảo quản.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu, hóa chất

Trái sake tươi đủ độ già (gai nở đều, vỏ xanh tươi hoặc vàng xanh, ruột trắng tươi) khối lượng từ 700 g - 1 kg; không quá chín, sâu, hỏng hay dập) thu mua từ các chợ khu vực thành phố Cần Thơ; trái được sử dụng ngay sau khi thu mua (1 - 2 ngày sau khi hái). Các loại phụ gia sử dụng để xử lý nguyên liệu là hóa chất tinh khiết dùng cho thực phẩm gồm ascorbic axit (AA), sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), sodium chloride (NaCl). Guaiacol, hydrogen peroxide (H_2O_2), sodium hydroxide (NaOH), potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4), natri axetat (Na_2CO_3), acetic axit (CH_3COOH) sử dụng trong phản ứng xác định hoạt độ của enzyme POD; trong đó các dung dịch đệm pH 6,5 và 7 được pha từ citric axit 0,1M, NaOH 0,1M và Na_2HPO_4 0,1M; các hóa chất có xuất xứ Trung Quốc và có độ tinh khiết từ trên 99%.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chế biến bột sake

Nguyên liệu sake được loại bỏ phần không ăn được (vỏ và lõi), do thịt quả nhanh chóng bị hóa nâu khi tiếp xúc môi trường nên bước này cần thực hiện nhanh trong nước sạch để hạn chế ảnh hưởng đến màu sắc của sản phẩm. Thịt quả sake được cắt thành miếng nhỏ đều nhau (0,3 cm x 0,3 cm x 0,3 cm) và xử lý phụ gia theo thời gian thí nghiệm; xả lại với nước sạch nhiều lần (3- 4 lần) nhằm loại bớt phụ gia trên nguyên liệu, để ráo trước khi chần với nước nóng nhằm vô hoạt các enzyme hóa nâu. Sau khi chần được để ráo và sấy bằng phương pháp đối lưu đến khi sản phẩm đạt độ ẩm dưới 13%. Sake sấy khô được nghiền mịn đến kích thước 250 μm , rây và bảo quản trong bao bì nhựa kín để tiến hành phân tích.

2.2.2. Bố trí thí nghiệm

Một đơn vị thí nghiệm sử dụng 1 kg sake tươi, thu hồi được khoảng 700 g thịt quả. Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên và lặp lại 3 lần, kết quả tối ưu của thí nghiệm trước được sử dụng cho thí nghiệm tiếp theo.

- Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của loại và nồng độ phụ gia xử lý đến hoạt độ enzyme PPO và màu sắc sản phẩm:

Thịt quả cắt miếng được xử lý với các dung dịch phụ gia gồm $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, AA và NaCl với các mức nồng độ 0% (đối chứng), 0,25%, 0,45%, 0,65% (tỉ lệ dung dịch: sake là 2: 1,v/w); thời gian xử lý 60 phút [14]. Sau đó được xả sạch trước khi chần (80°C, 120 giây), sấy (70°C, 3 giờ), nghiền thành bột. Xác định hoạt độ enzyme và màu sắc sản phẩm (L^* , b^*).

- Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chế độ chần đến hoạt độ enzyme, màu và hàm lượng vitamin C của sản phẩm:

Các miếng sa kê sau khi được xử lý ở điều kiện thích hợp (là kết quả của thí nghiệm a), được rửa lại bằng nước sạch và chần ở các nhiệt độ khác nhau 60°C, 70°C, 80°C và 90°C trong các khoảng thời gian khác từ 60 giây, 120 giây, 180 giây và 240 giây. Sau khi để ráo thì được sấy khô ở 70°C trong 3 giờ rồi nghiền thành bột. Xác định hoạt độ enzyme, màu sắc (L^* , b^*) và hàm lượng vitamin C sản phẩm.

- Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian sấy đến màu và độ ẩm sản phẩm:

Các miếng sake sau khi được xử lý ở điều kiện thích hợp (là kết quả của thí nghiệm a, được rửa lại bằng nước sạch rồi được chần ở chế độ phù hợp (là kết quả của thí nghiệm b)), để ráo và sấy ở các nhiệt độ 50°C, 60°C, 70°C và 80°C trong các khoảng thời gian là 60 phút, 120 phút, 180 phút và 240 phút. Sau đó tiến hành nghiền thành bột rồi đo màu sắc màu sắc (L^* , b^*) và độ ẩm sản phẩm.

2.2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

- Phân tích hoạt độ enzyme peroxidase:

Phương pháp trích ly và xác định hoạt độ enzyme POD được cải tiến từ phương pháp của Nguyễn Minh Chơn và Nguyễn Phương Thúy (2006) [13], I. da C. Vieira và O. F. Filho (1998) [17]: nghiền nhỏ 2 g thịt quả trong 20 ml dung dịch đệm KH_2PO_4 (pH=6,2), ủ 5 phút, ly tâm 10 phút (6.000 vòng/phút) thu được enzyme thô là phần dịch nổi. Chuẩn bị hỗn

hợp phản ứng gồm 2,3 ml đệm Na_2CO_3 (pH=6); 0,05 ml guaiacol 0,1%; 0,05 ml H_2O_2 0,1% và 0,1 ml enzyme thô, ủ hỗn hợp trong 5 phút (30°C) và đo độ hấp thụ ánh sáng ở bước sóng 470 nm. Đơn vị hoạt độ của POD ($U = \text{Abs}/\text{ml} \cdot \text{phút}$) được xác định bằng lượng enzyme gây ra sự thay đổi 0,01 độ hấp thụ trong một đơn vị thời gian và được tính theo công thức (1):

$$U = \Delta\text{Abs}/(0,01 \cdot V \cdot \Delta t) \quad (1)$$

Trong đó: ΔAbs là hiệu số độ hấp thụ của mẫu đo và mẫu trắng (hỗn hợp phản ứng không chứa enzyme thô); V là thể tích enzyme thô (0,1 ml), Δt là thời gian phản ứng (5 phút). Phản ứng tạo tetraguaiacol dưới xúc tác của POD được trình bày trong hình 1.

- Phân tích màu sản phẩm:

Giá trị màu của bột thành phẩm xác định bằng máy đo màu colorlite sph870; trong đó chỉ số L^* và b^* trong hệ $L^*a^*b^*$ thể hiện mức độ sáng và vàng của thành phẩm được sử dụng để khảo sát.

- Phân tích thành phần ẩm, vitamin C:

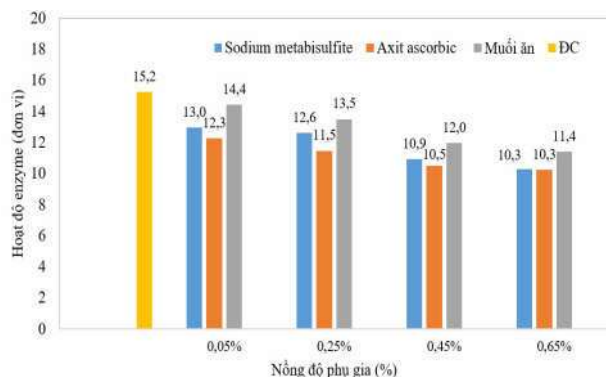
Độ ẩm, protein và vitamin C trong bột thành phẩm lần lượt được xác định bằng các phương pháp sấy đến khối lượng không đổi (TCVN 9934: 2013), phương pháp Kjeldahl (TCVN 8125: 2009) và phương pháp chuẩn độ (TCVN 4715:1989).

- Xử lý số liệu:

Kết quả các thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA kết hợp phép thử kiểm định LSD (5%) để xác định mức độ khác biệt ý nghĩa 5% của các nghiệm thức bằng phần mềm Statgraphics Centurion XVIII.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của loại phụ gia và nồng độ đến hoạt độ enzyme POD và màu sản phẩm



Hình 1. Ảnh hưởng của loại phụ gia và nồng độ đến mức độ hoạt động của POD

Kết quả xác định sự thay đổi hoạt độ POD và màu sắc sản phẩm bột sake ở các mẫu thí nghiệm khi được xử lý bằng các loại phụ gia AA, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ và NaCl ở các nồng độ khác nhau từ 0,05 – 0,65% được trình bày ở hình 1 và bảng 1.

Kết quả cho thấy các phụ gia với nồng độ khác nhau ảnh hưởng khác biệt có ý nghĩa (5%) đến hoạt độ của POD: nghiệm thức xử lý phụ gia có hoạt động của enzyme giảm còn 10,3 đơn vị (ĐV) (nghiệm thức $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ và NaCl 0,65%) và 11,4 ĐV (muối ăn 0,65%) so với 15,2 ĐV của nghiệm thức đối chứng (ĐC, 0% phụ gia). Khi sử dụng cùng nồng độ phụ gia (từ 0,05 - 0,65%) thì mẫu xử lý AA ức chế hoạt độ của enzyme tốt nhất (hoạt độ giảm từ 12,3 – 10,3 ĐV) do pH tối ưu của POD ở khoảng trung tính [18], mẫu xử lý bằng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ngăn cản hoạt động enzyme ở mức trung bình (hoạt độ trong khoảng 13,0 – 10,3 ĐV), trong khi muối ăn ức chế kém hiệu quả hơn (hoạt độ trong khoảng 14,4 – 11,4 ĐV). Tác dụng ức chế POD của muối ăn được cho là do ion Cl⁻ và phụ thuộc vào pH của dung dịch: pH thấp khoảng 3,5 thì khả năng ức chế enzyme tốt nhất [14]. Đặc biệt, khi tăng nồng độ từ 0,05% đến 0,25%, hiệu quả ức chế POD của AA tốt hơn $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$; nhưng ở nồng độ từ 0,45% trở lên thì tác dụng của $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ gần như tương đương với AA (10,3 ĐV, 0,65%). Khả năng ức chế enzyme POD của AA giảm khi tăng nồng độ sử dụng đã được báo cáo trước đây trong nghiên cứu bảo quản ngó sen, nguyên nhân là do sự phân hủy nhanh của AA trong môi trường [14]. Tác dụng ngăn cản sự hóa nâu của $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ trên chuối và táo cắt lát cũng đã được công bố trước đây; phụ gia sulfit này có tác dụng ức chế enzyme xúc tác phản ứng oxi hóa tạo thành các hợp chất polymer có màu nâu [19]. Do đó hoạt độ của enzyme bị ức chế càng nhiều thì sản phẩm càng trắng (L^* càng cao) và ít vàng (b^* càng thấp). Màu sắc của bột thành phẩm sau các điều kiện tiền xử lý bằng phụ gia khác nhau được trình bày trong bảng 1.

Loại phụ gia ở nồng độ khác nhau có tác dụng ức chế POD trong nguyên liệu nên cũng ảnh hưởng khác nhau đến màu sắc (L^* , b^*) của sản phẩm ($P < 0,05$). Các nghiệm thức xử lý phụ gia có độ sáng L^* tăng và độ vàng b^* giảm so với mẫu ĐC (L^* tăng từ 76,69 lên 97,65 và b^* giảm từ 11,14 đến 7,35 ở mẫu ĐC so với mẫu AA 0,65%). Kết quả này cho thấy khả năng làm tăng chất lượng màu sắc của AA là cao nhất, tiếp theo là $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, hiệu quả của muối ăn là thấp nhất. Tuy nhiên, ở nồng độ cao (0,45 – 0,65%) độ

sáng của mẫu AA không quá khác biệt quá lớn so với mẫu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (97,76 và 95,27), nhưng sản phẩm xử lý bằng AA có mùi ít đặc trưng hơn khi xử lý bằng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (kết quả cảm quan không liệt kê). Bên cạnh đó khả năng ức chế POD của $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ khi tăng nồng độ từ 0,45% đến 0,65% là không đáng kể (10,5 ĐV và 10,3 ĐV), do đó $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,45% được lựa chọn làm điều kiện tối ưu cho các thí nghiệm tiếp theo. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của Aderinola (2016) [15] về sử dụng phụ gia để tiền xử lý nguyên liệu trong quy trình bảo quản bột sake.

Bảng 1. Ảnh hưởng của loại và nồng độ phụ gia đến màu sắc của bột sake

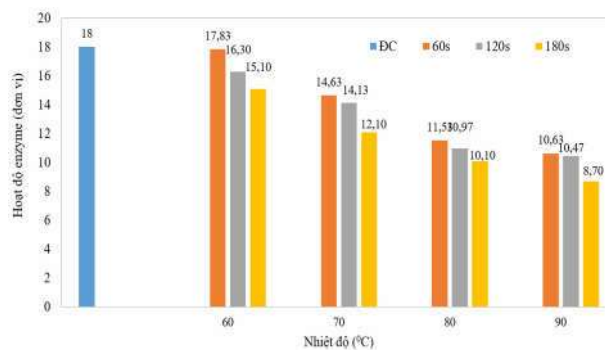
Phụ gia	Nồng độ (%)	Màu sản phẩm bột	
		L*	b*
ĐC	-	76,69 ^j	11,14 ⁱ
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	0,05	86,32 ^b	9,89 ^e
	0,25	89,69 ^f	9,35 ^d
	0,45	92,51 ^f	8,10 ^b
	0,65	95,27 ⁱ	7,71 ^a
AA	0,05	86,96 ^b	9,05 ^g
	0,25	91,12 ^e	8,37 ^f
	0,45	91,71 ^g	7,76 ^c
	0,65	97,65 ^h	7,35 ^b
NaCl	0,05	83,27 ^a	10,22 ^h
	0,25	86,43 ^b	9,34 ^f
	0,45	87,58 ^e	9,26 ^f
	0,65	88,37 ^d	9,11 ^e

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến màu sắc và hàm lượng vitamin C của bột thành phẩm

Thời gian chần (s)	Nhiệt độ (°C)	Màu sản phẩm bột		Hàm lượng vitamin C (g/100 g chất khô)	Hàm lượng vitamin C tồn thất (%)
		L*	b*		
ĐC	-	79,32 ^a	11,51 ^m	0,019 ^l	-
60	60	90,38 ^b	10,83 ^l	0,018 ^k	5,26
	70	90,80 ^{bc}	10,23 ^{ij}	0,017 ^j	10,53
	80	91,43 ^{de}	9,52 ^{fg}	0,014 ^h	26,32
	90	92,70 ^{hi}	8,47 ^c	0,011 ^f	42,11
120	60	90,83 ^{bc}	10,43 ^k	0,018 ^k	5,26
	70	91,21 ^{cd}	10,08 ⁱ	0,015 ^j	21,05
	80	92,50 ^{gh}	8,16 ^{cd}	0,013 ^g	31,58
	90	93,75 ^k	7,89 ^a	0,008 ^c	57,89
180	60	91,11 ^{cd}	9,80 ^h	0,017 ^j	10,53
	70	92,01 ^{fg}	9,12 ^f	0,014 ^h	26,32

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến hoạt độ enzyme và màu sản phẩm



Hình 2. Ảnh hưởng của điều kiện chần đến hoạt độ của enzyme

Sự ảnh hưởng của các điều kiện chần đến hoạt độ của enzyme thể hiện trong hình 2. Chần nhằm mục đích vô hoạt enzyme có trong nguyên liệu, ổn định màu sắc sản phẩm và tăng thời gian bảo quản. Kết quả thống kê cho thấy các điều kiện nhiệt độ (60 - 80°C) và thời gian chần (60 - 180 giây càng cao thì tác động ức chế enzyme càng hiệu quả; hoạt độ của POD giảm từ 18 ĐV (mẫu ĐC, không chần) đến thấp nhất là 8,7 ĐV (90°C, 180 giây). Đáng lưu ý, khi xử lý chần tại 60°C trong 60 giây thì chưa ức chế hoàn toàn POD trong nguyên liệu nên hoạt độ của enzyme POD vẫn còn tương đương với mẫu đối chứng (17,83 ĐV). Điều này phù hợp với nghiên cứu về khả năng kháng nhiệt cao của POD, nên khi chần nhiều loại rau quả ở nhiệt độ dưới 75°C trong thời gian ngắn thì chưa thể vô hoạt được hết loại enzyme này [20]. Giá trị độ sáng L* và độ vàng b* của các mẫu trên được tổng hợp trong bảng 2.

	80	93,07 ^{ij}	8,32 ^{de}	0,010 ^e	47,37
	90	91,75 ^{ef}	9,25 ^f	0,007 ^b	63,16
240	60	91,96 ^f	9,32 ^{fg}	0,015 ⁱ	21,05
	70	93,44 ^{jk}	7,96 ^{ab}	0,011 ^f	42,11
	80	91,70 ^{ef}	9,71 ^{gh}	0,009 ^d	52,63
	90	91,03 ^{cd}	10,31 ^{jk}	0,004 ^a	78,95

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%

Kết quả thống kê cho thấy nhiệt độ và thời gian chần đều có ảnh hưởng đến độ sáng và vàng của sản phẩm ($P < 0,05$). So với mẫu ĐC (L^* và b^* có giá trị 79,32 và 11,51), các mẫu chần có màu sáng hơn (L^* tăng từ 90,38 - 93,57) và độ vàng giảm hơn (b^* từ 7,89 - 10,83). Kết hợp nhiệt độ và thời gian chần phù hợp có tác dụng ức chế các enzyme hóa nâu, sản phẩm cho màu sắc sáng, ổn định hơn; tuy nhiên ở nhiệt độ thấp và thời gian ngắn (60°C, 60 giây) chưa ức chế hoàn toàn enzyme nên màu sản phẩm tối và vàng đậm hơn (L^* và b^* là 90,38 và 10,83). Bên cạnh đó, nhiệt độ cao và thời gian dài ức chế hiệu quả enzyme, nhưng làm sản phẩm sẫm màu hơn (L^* giảm, b^* tăng: mẫu 240 giây, 90°C có L^* và b^* là 91,03 và 10,31 so với 91,70 và 9,71 của mẫu 180 giây, 80°C). Sự gia tăng độ sẫm màu của nguyên do trong quá trình chần ở thời gian dài đã được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây về sản phẩm khoai lang, vỏ thanh long ruột trắng và xoài [21, 22, 23]. Điều này được cho là khi thời gian gia nhiệt kéo dài, cấu trúc tế bào bị phá vỡ giải

phóng các hợp chất tan trong nước và nhạy cảm với nhiệt, chúng bị biến đổi làm ảnh hưởng đến màu sắc của sản phẩm.

Cùng với màu sắc thì thành phần dinh dưỡng bị thất thoát trong quá trình chần cũng rất được quan tâm. Chần làm hàm lượng vitamin C trong nguyên liệu bị thất thoát vì vitamin C dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao và do sự hòa tan vào nước. Nhiệt độ và thời gian chần ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng vitamin C còn trong sản phẩm: chần ở nhiệt độ càng cao và thời gian càng dài thì vitamin C tổn thất càng nhiều (thất thoát từ 5,26% khi chần ở 60°C, 60 giây đến 78,95% ở 240 giây, 90°C) [24]. Kết hợp các kết quả về hoạt độ của enzyme, màu sắc và hàm lượng vitamin C thất thoát, quá trình chần ở nhiệt độ 80°C, thời gian 120 giây được lựa chọn là điều kiện tối ưu cho thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian sấy đến màu và độ ẩm sản phẩm

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian sấy đến màu sắc và độ ẩm (chất ướt) của bột thành phẩm

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Màu sắc		Độ ẩm (%)
		L^*	b^*	
50	60	89,07 ^a	12,39 ^k	62,91 ^p
	120	89,54 ^b	12,26 ^j	47,82 ^o
	180	90,08 ^d	12,05 ⁱ	20,24 ^j
	240	90,21 ^e	11,72 ^h	15,48 ^h
60	60	89,53 ^b	12,11 ^{ij}	43,07 ⁿ
	120	89,89 ^{cd}	11,64 ^h	30,55 ^l
	180	90,12 ^e	10,38 ^g	13,37 ^g
	240	90,35 ^f	9,16 ^d	11,33 ^d
70	60	90,64 ^g	10,37 ^g	39,88 ^m
	120	90,71 ^g	9,85 ^f	19,20 ⁱ
	180	92,50 ^h	8,16 ^a	12,13 ^e
	240	90,38 ^f	9,38 ^e	10,15 ^c
80	60	90,67 ^g	9,38 ^e	28,73 ^k
	120	92,79 ^j	8,60 ^b	12,53 ^f
	180	92,73 ⁱ	8,76 ^c	9,61 ^b
	240	89,86 ^c	9,47 ^e	9,17 ^a

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%

Sấy làm bay hơi nước bên trong sản phẩm đến độ ẩm thích hợp nhằm gia tăng hiệu quả của công đoạn nghiền tiếp theo và kéo dài thời gian bảo quản bột thành phẩm; sự ảnh hưởng của điều kiện sấy đến chất lượng của sản phẩm được trình bày trong bảng 3. Kết quả cho thấy thời gian và nhiệt độ sấy ảnh hưởng khác biệt đến màu sắc và độ ẩm của thành phẩm ($P > 0,05\%$); sấy ở nhiệt độ cao và thời gian dài (80°C , 120 phút trở lên) làm nước bốc hơi nhiều nên độ ẩm sản phẩm thấp (dưới 12%). Nhiệt độ cao làm quá trình khuếch tán ẩm diễn ra nhanh ở thời gian đầu, hình thành lớp vỏ cứng trên bề mặt làm giảm độ sáng L^* và tăng độ vàng b^* của sản phẩm [25, 26]. Ngược lại khi sấy ở nhiệt độ thấp và thời gian dài thì ẩm thoát chậm do sự chênh lệch áp suất ẩm giữa bên trong và bên ngoài vật liệu thấp, sản phẩm còn độ ẩm cao (trên 20%) tạo điều kiện cho vi sinh vật hoạt động làm giảm thời gian bảo quản; tuy nhiên ở điều kiện này sản phẩm có xu hướng thay đổi màu ít hơn so với sấy tốc độ cao. Sự hóa nâu của sản phẩm nông sản trong quá trình sấy cũng đã được báo cáo trước đây; trong đó nhiệt độ và thời gian sấy càng cao kết hợp với hàm lượng đường trong nguyên liệu càng nhiều thì mức độ hóa nâu sẽ càng tăng dẫn đến giảm độ sáng và tăng độ vàng cho sản phẩm [27, 28, 29]. Bên cạnh đó, nhiệt độ sấy cao các phản ứng hồ hóa tinh bột, sự kết tinh của cellulose, sự hình thành các sức căng bên trong do chênh lệch ẩm không đều làm cho cấu trúc sản phẩm bị thay đổi nhiều hơn, dẫn đến sự ảnh hưởng đến màu sắc sản phẩm [10]. Sấy ở 70°C trong 180 phút sản phẩm đạt độ ẩm 12,13% (theo TCVN 8796-2011, sản phẩm bột có độ ẩm không quá 13%), màu sắc trắng sáng hơi ngả vàng (giá trị L^* và b^* là 92,50 và 8,16) đặc trưng của bột sake; hàm lượng vitamin C là 0,013 g/100 g chất khô và 1,02% protein.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy các bước xử lý phụ gia, điều kiện chần và sấy có ảnh hưởng ý nghĩa đến hoạt độ của POD và màu sắc của sản phẩm bột sake. Nguyên liệu được xử lý bằng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,45% trong 1 giờ, chần ở 80°C trong 120 giây và sấy ở 70°C trong 3 giờ làm hoạt độ của POD giảm đáng kể, bột có độ sáng tốt, màu hơi ngả vàng đặc trưng, độ ẩm dưới 13% và vẫn giữ được đáng kể hàm lượng vitamin C (gần 70%). Việc khảo sát các thông số của quá trình chế biến ảnh hưởng đến chất lượng bột sake sẽ tạo tiền đề cho các nghiên cứu sản xuất và ứng dụng bột sake trong chế biến thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, Nguyễn Thượng Dong, Đỗ Trung Đàm, Phạm Văn Hiến, Vũ Ngọc Lộ, Phạm Duy Mai, Phạm Kim Mẫn, Đoàn Thị Nhu, Nguyễn Tập, Trần Toàn (2006). *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam, Tập 2*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
2. Graham HD and de Bravo EN (1981). Composition of the breadfruit. *J Food Sci*. 46(2): 535-539. doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb04904.x
3. Liu Y, Brow PN, Ragone D, Gibso DL and Murc SJ (2020). Breadfruit flour is a healthy option for modern foods and food security. *PLoS One*. 15(7 July): 1-19. doi:10.1371/journal.pone.0236300
4. Ragone D and Cavaletto CG (2016). Sensory evaluation of fruit quality and nutritional composition of 20 breadfruit (*Artocarpus*, *Moraceae*) Cultivars. *Econ Bot*. 60(4):335-346.
5. Sankat CK and Maharaj R (2007). A Review of postharvest storage technology of breadfruit. *ISHS Acta Horticulturae*. 757(25). doi:10.17660/Acta Hort. 2007.757.25
6. Adepeju AB, Gbadamosi SO, Adeniran AH and Omobuwajo TO (2011). Functional and pasting characteristics of breadfruit (*Artocarpus altilis*) flours. *African Journal of Food Science*. 5(9):529-535. <http://www.academicjournals.org/AJFS>.
7. Adebawale OJ, Salaam HA, Komolafe OM, Adebisi TA and Ilesanmi IO (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. doi:10.1080/15428052.2016.1204973.
8. Huang S, Martinez MM and Bohrer BM (2019). The compositional and functional attributes of commercial flours from tropical fruits (breadfruit and banana). *Foods*. 8(11). doi:10.3390/foods 8110586
9. Adetunji CO, Arowora KA, Ojediran JO, Owa SO, Ogundele BA and Ogunkunle ATJ (2018). Effects of different packaging materials coated with aloe vera extract on the microbial quality of african breadfruit flour (*treculia africana*) during storage.

Trends in Horticulture. 1:1-8. doi:10.24294/th.v1i4.864

10. Arinola SO and Akingbala JO (2018). Effect of pre-treatments on the chemical, functional and storage properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) flour. *Int Food Res J*. 25(February): 109-118.

11. Liu J, Wang R, Wang X, Yang L, Zhang Q, Shan Y and Ding S (2019). Effect of blanching and drying temperatures on the browning-related enzymes and physicochemical properties of lily bulb flours. *J Food Process Preserv*. 43(12). doi:10.1111/jfpp.14248

12. Silva CE and da Narain N (2021). Physicochemical characterization and bioactive compounds in breadfruit (*Artocarpus altilis*) and its dried products. *Research, Society and Development*. 10(15):e537101523391.doi:10.33448/rsd-v10i15.23391

13. Nguyễn Minh Chon và Nguyễn Phương Thúy (2006). Ảnh hưởng của pH và nhiệt độ lên sự hóa nâu gây ra bởi enzyme peroxidase từ hạt sen. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. (6): 24-32.

14. Nguyễn Văn Mười, Huỳnh Ngọc Tâm HN và Trần Thanh Trúc (2014). Ảnh hưởng của tiền xử lý và phương thức bảo quản đến sự ổn định màu sắc và đặc tính cấu trúc của ngó sen sau thu hoạch. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*(1): 116-123.

15. Aderinola TA (2016). Effects of processing techniques on the functional properties of wheat-breadfruit composite flour. *Int Food Res J*. 23(December): 2759-2762.

16. Pongsakul N, Leelasart B and Rakariyatham N (2006). Effect of L-cysteine, potassium metabisulfite, ascorbic acid and citric acid on inhibition of enzymatic browning in longan. *Chiang Mai J. Sci*. 33(1): 137-141.

17. da Cruz Vieira I and Fatibello-Filho O (1998). Flow injection spectrophotometric determination of hydrogen peroxide using a crude extract of zucchini (*Cucurbita pepo*) as a source of peroxidase. *Analyst*. 123(9):1809-1812. doi:10.1039/a803478h

18. Paul PC and Palmer HH (1972). *Food Theory and Applications*. New York, US A. John Wiley & Sons, Inc.

19. Ibrahim, Wafaa A, Elmoniem G. M. A, Eissa HA, Saad SM, Abd El-Aleem IM and Helmy A. M. (2008). Effect of thermal and chemical pre-

treatments on oxidative enzyme activities of banana and apple slices. *J Agric Sci Mansoura Univ*. 33(11):7923-7931.

20. Nezhir Muftugil (1985). The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. *J Sci Food Agric*. 36:877-880.

21. Jiang H, Ling B, Zhou X and Wang S. (2020). Effects of combined radio frequency with hot water blanching on enzyme inactivation, color and texture of sweet potato. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 66. doi:10.1016/j.ifset.2020.102513

22. Sengkhamparn N, Chanshotikul N, Assawajitpukdee C and Khamjae T (2013). Effects of blanching and drying on fiber rich powder from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *International Food research Journal*. 20(4):1595-1600.

23. Trần Xuân Hiền, Hồ Thị Ngân Hà và Nguyễn Tấn Hùng (2020). Nghiên cứu một số yếu tố công nghệ đến tính chất hóa lý của sản phẩm chip từ xoài ba màu. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*. 16(1): 64-74.

24. Kha TC, Nguyen MH and Roach PD (2011). Effects of pre-treatments and air drying temperatures on colour and antioxidant properties of gac fruit powder. *International Journal of Food Engineering*. 7(3). doi:10.2202/1556-3758.1926

25. Nguyễn Văn Mười, Nguyễn Ngọc Thùy Dương và Trần Thanh Trúc (2014). Xác định điều kiện sấy thích hợp cho chế biến và bảo quản bột thịt đầu tôm sú. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*(1): 22-30.

26. Bonazzi C and Dumoulin E (2011). Quality changes in food materials as influenced by drying processes. In: Evangelos Tsotsas, Arun S. Mujumdar, eds. *Modern Drying Technology*. Vol 3. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, J1.

27. Achariyaviriya A, Soponronnarit S and Tiansuwan J (2001). Study of longan flesh drying. *Drying Technology*. 19(9):2315-2329. doi:10.1081/DRT-100107501

28. Chunthaworn S, Achariyaviriya S, Achariyaviriya A and Namsanguan K (2012). Color kinetics of longan flesh drying at high temperature. In: *Procedia Engineering*. Vol 32. Elsevier Ltd; 2012: 104-111. doi:10.1016/j.proeng.2012.01.1243

29. Ruttarattanamongkol K, Chittrakorn S, and purple-fleshed sweet potato flours. *J Food Sci Weerawatanakorn M and Dangpium N (2016). Effect Technol.* 53(4):1811-1822. doi:10.1007/s13197-015-2086-7
of drying conditions on properties, pigments and antioxidant activity retentions of pretreated orange

STUDY THE EFFECT OF PRE-TREATMENT CONDITITIONS ON THE PEROXIDASE ENZYME ACTIVITY AND QUALITY OF BREADFRUIT (*Artocarpus altilis*) FLOURS

**Tran Thi Minh Thu, Nguyen Thi Bich Ngoc, Tran Thi Thuy Linh,
Le Vu Lan Phuong, Nguyen Thi Ngoc Thu, Nguyen Thi Nhu Y**

Summary

This study aimed to investigate the pretreatment and drying parameters during breadfruit flour processing. The effects submerged food additives, blanching and drying conditions on peroxidase enzymatic activity, color and nutritional content of breadfruit flour were investigated. Sodium chloride (NaCl), sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), ascorbic acid (vitamin C) in different concentrations (0.05%, 0.25%, 0.45% and 0.65%) were used to treat the flesh (60 minutes) before blanching at 60°C, 70°C, 80°C and 90°C within 60 seconds (s), 120 s, 180 s and 240 s. The pre-treated sample were then dried at 50°C, 60°C, 70°C, 80°C within 60 minutes (mins), 120 mins, 180 mins and 240 mins before milling. The results showed that pre-treatment by $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,45%, blanching at 80°C, 2 mins before drying at 70°C, 3 hours could inhibit effectively peroxidase enzymatic activities, the flour maintained their lightness and yellow (L^* and b^* values). Blanching and drying essentially inactivated browning enzymes while causing nutritional value losses (vitamin C concentration remained 0.004 - 0.018% dry based); whereas drying condition affected remarkably on flour moisture content (moisture content was 62,91 - 9,17% dry based).

Keywords: *Blanching, breadfruit, browning, drying, peroxidase.*

Người phản biện: PGS.TS. Hoàng Thị Lệ Hằng

Ngày nhận bài: 3/8/2022

Ngày thông qua phản biện: 25/8/2022

Ngày duyệt đăng: 5/10/2022