

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CHẦN ĐẾN HÀM LƯỢNG AMYGDALIN VÀ TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA BỘT KHOAI TỪ (*Dioscorea esculenta* L.)

Phạm Hồ Phương Anh¹, Võ Trung Kiên¹,

Nguyễn Nhật Khoa¹, Phan Thị Hà Phương¹, Nhan Minh Trí^{2,*}

¹Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Viện Công nghệ Sinh học và 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

Khoai từ (*Dioscorea esculenta* L.) giúp ổn định chỉ số đường huyết, chống viêm, chống đái tháo đường và kháng khuẩn. Tuy nhiên, khoai từ có chứa độc tố amygdalin gây đắng và chống mất. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ chần (70, 80, 90°C) và thời gian chần (60, 80, 90 giây) khi xử lý nhiệt miếng khoai từ (bề dày 2 - 3 mm) đến sự thay đổi hàm lượng amygdalin, màu sắc, độ trương nở, tính chất nhớt RVA (Rapid Viscosity Analysis) và độ cứng gel của bột khoai từ. Kết quả cho thấy, nhiệt độ chần đóng vai trò chủ đạo (chiếm 50 - 80%) trong việc làm giảm hàm lượng amygdalin, thay đổi các thông số RVA và độ cứng gel. Thời gian chần cũng góp phần đáng kể (10 - 30%) vào sự biến đổi màu sắc, độ trương nở và các đặc tính khác. Cụ thể, việc tăng nhiệt độ chần từ 70 - 90°C dẫn đến bột khoai từ có hàm lượng amygdalin giảm 10%; độ trương nở giảm 21%; độ nhớt cuối giảm 41%; nhiệt độ hồ hóa giảm 12%; độ cứng gel giảm 81%; nhưng ảnh hưởng không đáng kể đến giá trị sáng (L) và độ trắng (WI). Độ cứng gel của bột khoai từ có mối tương quan thuận chiều với độ nhớt, độ trương nở. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, khoai từ được chần ở nhiệt độ 80°C trong 90 giây là điều kiện tối ưu để bột khoai từ có hàm lượng amygdalin thấp nhất (68,38 mg/100 g CK), nhưng đạt giá trị cao nhất về giá trị độ sáng L (93,53); giá trị độ trắng WI (85,15); độ cứng gel (0,47 N/cm²) và không thay đổi đáng kể độ trương nở (11,14 g/g CK); nhiệt độ hồ hóa (92,08°C) và độ nhớt cuối (3.438,5 cP).

Từ khóa: Amygdalin, bột khoai từ, chần, độ cứng gel, độ nhớt, màu sắc.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khoai từ (*Dioscorea esculenta* L.) là loại cây trồng quen thuộc ở nhiều vùng nông thôn Việt Nam và các nước nhiệt đới. Cây khoai từ có sức chịu hạn tốt, dễ trồng, năng suất cao và thích nghi với nhiều điều kiện thời tiết, đặc biệt, có thể chịu được trong điều kiện biến đổi khí hậu. Củ khoai từ có giá trị dinh dưỡng cao, được sử dụng trong các chế độ ăn kiêng cho người mắc bệnh đái tháo đường, tăng huyết áp, béo phì và hỗ trợ giải độc kim loại nặng [1]. Khoai từ chứa nhiều chất nhầy, bản chất là các polysaccharide chứa các gốc L-rhamnose, D-galactose, D-xylose và L-arabinose. Chất nhầy có tính kháng khuẩn đối với *E. coli*, *P. aeruginosa* và *S. aureus* [2]. Chất nhầy

được sử dụng điều trị sưng tấy và viêm nhiễm. Ngoài việc sử dụng nó trong các loại thuốc thành phẩm, người ta đã tìm thấy những ứng dụng trong mỹ phẩm, dệt may và giấy son. Chất nhầy được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm như chất làm đặc, chất giữ nước và chất ổn định nhũ tương, huyền phù, chất kết dính và tạo màng [2].

Mặc dù có nhiều lợi ích, nhưng quá trình thu hoạch và bảo quản củ khoai từ gặp nhiều khó khăn do củ dễ bị trầy xước, chảy nhựa và sẫm màu khi tiếp xúc với không khí, dẫn đến giảm giá trị thương mại. Một giải pháp quan trọng nhằm kéo dài thời gian bảo quản và nâng cao giá trị sử dụng của khoai từ là chế biến thành bột.

Tuy nhiên, một trong những thách thức chính trong chế biến bột khoai từ là vị đắng. Vị đắng này chủ yếu xuất phát từ amygdalin, đây là một hợp chất cyanogenic glycosides có thể phân hủy thành hydro cyanua, gây ra những nguy cơ về sức khỏe nếu không được xử lý đúng cách [3]. Khoai mì (sắn) là một trong những nguồn có hàm lượng cyanogenic glycosides cao nhất trong các loài cây trồng [4]. Khoai từ có hàm lượng amygdalin dao động 57,7 - 73 mg/100 g.

Amygdalin là một loại độc tố thực vật có trong nhiều loài thực vật, trong đó một số loài thường được con người tiêu thụ. Quá trình thủy phân amygdalin để tạo ra hydro cyanua xảy ra trong quá trình chế biến thực phẩm từ thực vật. Việc tiêu thụ thực phẩm có chứa amygdalin và hoặc cyanua có thể gây ra các vấn đề sức khỏe nghiêm trọng cho động vật bao gồm cả con người [5]. Amygdalin có vị đắng nên ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan của sản phẩm. Do đó, việc loại bỏ hoặc giảm hàm lượng amygdalin trong quá trình chế biến là rất quan trọng để đảm bảo an toàn và nâng cao giá trị dinh dưỡng của bột khoai từ.

Chần là một quá trình xử lý nhiệt trước khi sấy, đã được nghiên cứu là một giải pháp hiệu quả để giảm hàm lượng amygdalin và cải thiện chất lượng của bột khoai từ. Quá trình chần không chỉ giúp giảm vị đắng mà còn vô hoạt các enzym polyphenoloxylase, đồng thời làm chín sơ bộ nguyên liệu, giúp củ khoai từ dễ chế biến hơn [6]. Với bột khoai mỡ (water yam, *Dioscorea alata*), xử lý chần giúp cải thiện giá trị màu (L), giảm độ nhớt nhưng tăng độ trương nở và nhiệt độ hồ hóa [7]. Chọn lựa nhiệt độ và thời gian chần phù hợp sẽ giúp duy trì chất lượng bột khoai, đồng thời tối ưu hóa giá trị dinh dưỡng và cảm quan của sản phẩm [6]. Nhiệt độ và thời gian chần là hai nhân tố quan trọng có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính của bột khoai từ như màu sắc, khả năng trương nở, độ nhớt và độ cứng gel. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố và sự tương quan giữa các tính chất chức năng của bột khoai từ cần được đánh giá.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến khả năng giảm chất kháng dinh dưỡng amygdalin,

cải thiện màu sắc và sự thay đổi tính chất chức năng của bột khoai từ (khả năng trương nở, độ nhớt, nhiệt độ hồ hóa và độ cứng gel).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Khoai từ (*Dioscorea esculenta* L.) được thu mua từ chợ Tân An, thành phố Cần Thơ. Khoai từ được lựa chọn kỹ lưỡng, là các củ già, nguyên vẹn, rắn chắc và không bị trầy xước, không bị thối, mốc và chảy nhựa. Củ khoai từ (*Dioscorea esculenta* L.) chứa protein 3,07%; lipid 0,84%; tinh bột 75,38%; chất nhầy 3,16% và amygdalin 80,18 mg%/khối lượng chất khô (chất khô, CK).

Sau khi thu mua, củ khoai từ cho vào trong túi nhựa và đóng trong thùng các-ton để tránh va đập trong quá trình vận chuyển. Sau khi rửa và để ráo, củ khoai từ được bảo quản trong điều kiện mát (15 - 18°C) khoảng 2 ngày trong thời gian nghiên cứu.

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. Chuẩn bị mẫu

Củ khoai từ có khối lượng 300 - 400 g với đường kính 3 cm và chiều dài 30 cm. Củ khoai được gọt vỏ và cắt miếng với bề dày 2 - 3 mm.

2.2.2. Tiến hành thí nghiệm

Các miếng khoai được chần trong nước nóng lần lượt với hai nhân tố. Nhân tố (A) nhiệt độ chần với 3 mức (70, 80, 90°C) và nhân tố (B) thời gian chần với 3 mức (30, 60, 90 giây). Tổng thí nghiệm là 27 (3 mức nhân tố A x 3 mức nhân tố B x 3 lần lặp lại). Ở mỗi thí nghiệm, sau khi chần tại một mức nhiệt độ và một mức thời gian, các miếng khoai được vớt ra và làm nguội nhanh dưới vòi nước lạnh. Miếng khoai được sấy ở nhiệt độ 60°C đến khi đạt độ ẩm 8%. Sau khi nghiền, bột được sàng với kích thước rây có đường kính 0,105 mm và bảo quản trong lọ thủy tinh đầy nắp.

2.2.3. Các chỉ tiêu phân tích

Các mẫu bột khoai từ được xác định các chỉ tiêu như: Giá trị màu sắc (L, a* và b*), độ trắng WI (whiteness index), hàm lượng amygdalin, độ trương nở, các tính chất nhớt RVA và độ cứng gel.

2.3. Các phương pháp phân tích

2.3.1. Hàm lượng amygdalin

Cân 4 g mẫu cho vào bình cầu thủy tinh đầy tròn có dung tích 500 mL. Tiếp theo, bình cầu được bổ sung 100 mL ethanol và được đun sôi

trong 20 phút để chiết xuất amygdalin. Sau khi đun, hỗn hợp được lọc qua giấy lọc Whatman No.1 để thu lấy dịch chiết. Dịch chiết này được chuyển vào bình cầu của máy cô quay chân không. Sau khi ethanol bay hơi hết, dịch chiết khô được bổ sung 10 mL diethyl ether và lắc mạnh hỗn hợp trong 2 phút ở nhiệt độ phòng ($32 \pm 2^\circ\text{C}$) nhằm kết tủa amygdalin. Diethyl ether được để bay hơi tự nhiên qua đêm trong tủ hút. Amygdalin kết tủa được hòa tan với 5 mL nước. Sau khi lọc, dịch trong được đo với bước sóng 256 nm trong máy quang phổ UV (Thermo Scientific Plus One, Trung Quốc). Cuối cùng, hàm lượng amygdalin trong mẫu được xác định dựa trên đường chuẩn amygdalin [5].

Đường chuẩn amygdalin được xây dựng bằng cách pha và đo độ hấp thụ của amygdalin với nồng độ chuẩn 1, 50, 100, 200, 300, 500 và 1.000 $\mu\text{g/mL}$ ở bước sóng 256 nm bằng máy đo quang phổ UV. Đường cong chuẩn được sử dụng để tính toán nồng độ của amygdalin trong các mẫu được chiết xuất.

2.3.2. Giá trị màu sắc

Giá trị màu sắc (L^* , a^* và b^*) của bột được đo với máy đo màu Colourimeter (WR-10QC, Trung Quốc). Ống thủy tinh chứa bột được đo các giá trị màu. Chỉ số độ trắng (the Whiteness index, WI) [8] dựa vào công thức (1):

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + b^{*2} + a^{*2}} \quad (1)$$

Trong đó: L (Lightness) là biểu thị độ sáng của màu sắc, từ đen ($L=0$) đến trắng ($L=100$). Giá trị màu sắc a^* (Red-Green) là biểu thị độ đỏ (a^* dương) hoặc xanh lá cây (a^* âm). Giá trị màu sắc b^* (Yellow-Blue) là biểu thị độ vàng (b^* dương) hoặc xanh dương (b^* âm).

2.3.3. Độ trương nở

Độ trương nở (swelling power) của bột được xác định bằng cách đo sự hấp thụ nước của các hạt tinh bột theo phương pháp của Konik - Rose và cs (2001) [9] như sau: 80 mg bột được cân vào ống microcentrifuge 2 mL và thêm vào 1 mL nước cất, các ống được đậy kín với nắp vặn và được trộn đều. Các ống được cố định bằng khung inox và được gia nhiệt trong bể điều nhiệt và đảo ngược 6 lần để

trộn. Mẫu được gia nhiệt ở nhiệt độ 100°C trong bể điều nhiệt. Các ống được đảo ngược 20 lần trong những phút đầu tiên sau đó 2 lần trong 1,5; 2; 3; 4; 5; 7,5; 10; 15; 25 phút. Sau 30 phút, tấm xốp chứa các ống được chuyển sang bể điều nhiệt 20°C trong 3 phút với 2 lần đảo chiều nhẹ lúc ban đầu và sau 1,5 phút. Các ống được đem ly tâm trong 10 phút với 9.500 vòng/phút bằng máy ly tâm Kubota 5.500 (Nhật Bản) và phần nổi lên trên được hút và loại bỏ ra ngoài. Các ống được mở nắp và đem đi sấy ở nhiệt độ 50°C trong 15 phút. Các ống được đậy nắp trong 30 phút để làm nguội. Độ trương nở được tính theo công thức (2):

$$\text{Độ trương nở} \left(\frac{g}{g \text{ CBK}} \right) = \frac{(m_{TG} - m_T) \cdot 100}{m_S \cdot (100 - W)} \quad (2)$$

Trong đó: m_{TG} là khối lượng của ống (tube) và gel; m_T là khối lượng ống rỗng; m_S là khối lượng mẫu bột (g); W là độ ẩm của mẫu; CK là chất khô.

2.3.4. Tính chất nhớt

Tính chất nhớt (pasting properties) của bột được phân tích bằng thiết bị Rapid Visco Analyser (RVA)-4500 (PerkinElmer Inc., Australia) theo Standard Method 1 (STD1). Bột khoai (3 g CK) được thêm nước để được 25 g. Hỗn hợp được khuấy 10 vòng bằng cánh khuấy trước khi gắn cốc nhôm vào thiết bị. Theo STD1, hỗn hợp bột được khuấy với tốc độ 960 vòng/phút trong 10 giây. Sau đó, cánh khuấy được giữ 160 vòng/phút trong suốt quá trình gia nhiệt và làm mát. Hỗn hợp được gia nhiệt từ $30 - 95^\circ\text{C}$ trong 7 phút và giữ ở 95°C trong 7 phút, sau đó làm mát xuống 30°C trong thời gian 7 phút. Các tính chất nhớt được tính toán theo phần mềm Thermocline software [10]. Trong đó, độ nhớt PV (peak viscosity) là độ nhớt cực trị khi gia nhiệt, TV (trough viscosity) là độ nhớt lúc giữ nhiệt, FV (final viscosity) là độ nhớt cuối cùng khi làm nguội; độ nhớt giảm BD (breakdown viscosity) = $PV - TV$, độ nhớt tăng SB (set back viscosity) = $FV - TV$. Nhiệt độ hồ hóa PT (pasting temperature) là nhiệt độ khi độ nhớt bắt đầu tăng do tinh bột trương nở.

2.3.5. Độ cứng gel

Sau khi đo RVA, hỗn hợp hồ hóa được rót vào khuôn inox tròn không đáy (đường kính 15 mm và chiều cao 13 mm) đặt trong hộp nhựa có nắp đậy

(đường kính 65 mm và chiều cao 40 mm). Sau khi tồn trữ trong tủ lạnh có nhiệt độ 4°C trong 24 giờ, gel được tháo khỏi khuôn và được đo với máy đo cấu trúc TA-XT2 Texture Analyser. Gel được nén 2 lần với tốc độ 1 mm/s và 25% bởi đĩa nhựa hình trụ với đường kính 35 mm và load cell 50N. Độ cứng được xác định từ phần mềm của máy đo cấu trúc [11].

2.4. Xử lý thống kê

Tất cả các chỉ tiêu được lặp lại 3 lần để thống kê bằng cách sử dụng phần mềm Statgraphics 19 Centurion. Giá trị bình phương trung bình từ phân tích phương sai (ANOVA) đã được sử dụng để đánh giá sự đóng góp cho sự thay đổi của tính chất bột do điều kiện chần. Các thành phần của phương sai được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của tổng hình vuông cho ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần lên tính chất của bột. Fisher t-test được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các cặp biến số.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Dữ liệu được tổng hợp theo nhiệt độ và thời gian chần để đánh giá riêng biệt ảnh hưởng của

các yếu tố này đến hàm lượng amygdalin, giá trị màu sắc, độ trương nở, các tính chất độ nhớt RVA (phân tích độ nhớt nhanh) và độ cứng gel bột khoai từ. Bộ dữ liệu đầy đủ được sử dụng để kiểm tra tác động (Bảng 1) và mức độ ảnh hưởng (Hình 1) của nhiệt độ và thời gian chần cũng như sự tương tác của chúng đối với sự thay đổi hàm lượng amygdalin, màu sắc và các đặc tính bột khoai từ.

3.1. Hàm lượng Amygdalin

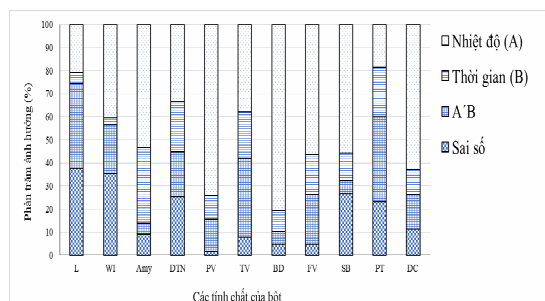
Trong nghiên cứu này, khoai từ (*Dioscorea esculenta* L.) nguyên liệu được phân tích và chứa hàm lượng amygdalin là 80,18 mg%/CK. Trong khi đó, hàm lượng cyanogenic glycosides trong sản có thể dao động 15 - 400 mg cyanide/100 g củ tươi [5].

Bảng 1 cho thấy, hàm lượng amygdalin bị ảnh hưởng mạnh ($p < 0,001$) bởi nhiệt độ và thời gian chần. Hình 1 cho thấy nhiệt độ chần chiếm 53,37%, trong khi thời gian chần đóng góp 32,92% vào sự thay đổi hàm lượng amygdalin.

Bảng 1. Tác động của nhiệt độ và thời gian chần đến sự thay đổi hàm lượng amygdalin và tính chất hóa lý của bột khoai từ

Nhân tố	Trung bình bình phương										
	L	WI	Amy	ĐTN	PV	TV	BD	FV	SB	PT	ĐC
Nhiệt độ (A)	2,06	6,00*	86,00***	8,26*	1,3.10 ⁷ ***	9,4.10 ⁵ ***	7,0.10 ⁶ ***	3,6.10 ⁶ ***	9,5.10 ⁵ **	2,2.10 ²	1,5.10 ⁻¹ **
Thời gian (B)	0,48	0,44	53,05***	5,38	1,9.10 ⁶ ***	5,1.10 ⁵ **	7,8.10 ⁵ **	1,1.10 ⁶ ***	2,0.10 ⁵	2,6.10 ²	3,0.10 ⁻² *
A×B	1,81	1,56	3,88	2,41	1,2.10 ⁶ ***	4,3.10 ⁵ **	2,4.10 ⁵	6,8.10 ⁵ **	4,8.10 ⁴	2,2.10 ²	1,0.10 ⁻²
Sai số	0,82	1,16	3,19	1,39	5,7.10 ⁴	4,28.10 ⁴	9,1.10 ⁴	6,7.10 ⁴	1,0.10 ⁵	6,1.10	5,9.10 ⁻³

Ghi chú: ***: $p < 0,001$; **: $0,001 < p < 0,01$; *: $0,01 < p < 0,05$. WI: Chỉ số màu trắng (White index); Amy: Amygdalin; ĐTN: Độ trương nở; PV: Peak viscosity; TV: Trough viscosity; BD: Breakdown; FV: Final viscosity; SB: Setback; PT: Pasting temperature; ĐC: Độ cứng.



Hình 1. Phần trăm ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến màu sắc, hàm lượng amygdalin, tính chất hóa lý của bột khoai từ

Ghi chú: WI: Chỉ số màu trắng (White index); Amy: Amygdalin; ĐTN: Độ trương nở; PV: Peak viscosity; TV: Trough viscosity; BD: Breakdown; FV: Final viscosity; SB: Setback; PT: Pasting temperature; ĐC: Độ cứng.

Bảng 2 cho thấy, hàm lượng amygdalin trong bột khoai từ giảm đáng kể 10%; được ghi nhận từ 73,84 mg/g CK xuống còn 66,54 mg/g CK khi dữ liệu được nhóm theo nhiệt độ chần từ 70 - 90°C. Nghĩa là, amygdalin có thể giảm từ 7,7 - 16,8% so với ban đầu khi chần ở nhiệt độ từ 70 - 90°C.

Lượng amygdalin trong bột khoai từ giảm đáng kể được ghi nhận từ 73,92 mg/g CK xuống còn 68,01 mg/g CK khi dữ liệu được nhóm theo thời gian chần từ 30 - 90 giây. Nghĩa là, amygdalin có thể giảm từ 7,6 - 14,9% so với ban đầu khi chần ở thời gian từ 30 - 90 giây.

Nghiên cứu của Choi và Koh (2021) [11] cho rằng, khi rang hạt lạnh hàm lượng giảm cyanua giảm không đáng kể (chỉ 8%), nhưng khi chần ở nhiệt độ 100°C trong 2 phút với trái mơ (*Prunus mume*) thì hàm lượng amygdalin giảm từ 427 mg/100g CK xuống 237 mg/100g CK (giảm 42%). Hợp chất amygdalin có thể bị phân hủy do nhiệt, tuy nhiên khá bền nhiệt [12].

3.2. Giá trị màu (L và WI)

Chỉ tiêu màu sắc là một trong những yếu tố quan trọng để đánh giá thẩm mỹ, độ hấp dẫn và chất lượng của thực phẩm. Trong đó các chỉ số Lightness (*L*) và Whiteness Index (WI) thường được sử dụng đánh giá cho các sản phẩm dạng bột có màu trắng. Giá trị *L* đại diện cho độ sáng của mẫu, giá trị WI là chỉ số tổng hợp đánh giá mức độ trắng của sản phẩm [13].

Như đã trình bày ở bảng 1, giá trị màu WI của bột khoai từ chịu ảnh hưởng đáng kể với $p < 0,05$ bởi nhiệt độ chần. Hình 1 cho thấy, nhiệt độ ảnh hưởng 40,59% đến sự thay đổi giá trị WI và 20,88% đến sự thay đổi giá trị *L*. Trong khi đó, thời gian chần chỉ ảnh hưởng 3 - 4% đến sự thay đổi tương ứng các giá trị WI và *L*. Nhưng sự tương tác giữa nhiệt độ và thời gian chần đến giá trị màu WI và *L* lần lượt là 36,64 và 21,10%.

Giá trị *L* và WI đạt cao nhất lần lượt là 85,15 và 93,53 khi chần ở nhiệt độ 80°C trong 90 giây. Giá trị màu sắc của bột khoai từ được cải thiện vì quá trình chần đã vô hoạt enzym polyphenol oxidase. Kết quả cũng tương tự với khoai mỡ, quá trình chần bất hoạt enzym polyphenolase nên giảm phản ứng hóa nâu [14]. Tuy nhiên, nếu chần ở nhiệt độ cao trong thời gian dài có thể làm giảm giá trị dinh dưỡng và màu sắc. Khi nhiệt độ chần miếng khoai từ tăng đến 90°C thì giá trị màu *L* và WI đều giảm nhưng khi nhiệt độ và thời gian chần tăng mà làm giảm màu sắc là do phản ứng hóa hóa nâu Maillard [15].

Bột khoai mỡ có độ sáng *L* tăng từ 79,80 - 83,37 và độ trắng WI tăng từ 76,03 - 79,80 khi khoai mỡ được ngâm, chần (70°C trong 30 phút) và sấy khô [13].

Khoai từ được chần ở 80°C trong 90 giây thì bột khoai từ có giá trị màu *L* và WI tốt nhất. Điều này có thể là do nhiệt độ vừa đủ để vô hoạt enzym polyphenoloxidase gây màu không mong muốn [16]. Khi chần ở nhiệt độ cao hơn và thời gian dài hơn, các tinh bột trên bề mặt miếng khoai từ bị hồ hóa trở thành dung dịch nhớt tràn vào và lấp các mao quản trên bề mặt và làm giảm độ xốp bề mặt miếng khoai. Điều này làm cho độ ẩm bên trong khó khuếch tán lên bề mặt và làm cho thời gian sấy dài hơn.

3.3. Độ trương nở

Độ trương nở của bột là khả năng của bột hấp thụ nước và tăng thể tích khi tiếp xúc với chất lỏng. Đặc tính này phụ thuộc vào thành phần cấu tạo của bột (hàm lượng protein, tinh bột, chất xơ...), cấu trúc hạt, cũng như điều kiện môi trường như nhiệt độ và pH [17].

Bảng 1 cho thấy nhiệt độ chần được chứng minh là yếu tố quan trọng ($p < 0,05$) làm giảm độ trương nở của bột khoai từ. Hình 1 trực quan hóa mối quan hệ này cho thấy, ảnh hưởng của nhiệt độ chần đến độ trương nở là 33,44% và thời gian chần là 21,76%. Đồng thời, tương tác giữa nhiệt độ và thời gian chần cũng góp phần đáng kể (19,52%) vào quá trình này.

Độ trương nở của bột khoai từ giảm 20,49% (từ 11,39 xuống 9,06 g/g CK) khi tăng nhiệt độ chần từ 70 - 90°C. Kết quả nghiên cứu với bột khoai nưa chuông (*elephant foot yam*, *Amorphophallus paeoniifolius*) cũng tương tự, độ trương nở của nguyên liệu giảm 27,17%, từ 7,95 g/g chất khô (CK) xuống còn 5,79 g/g CK khi sấy lạnh; và giảm 32,50%, từ 9,20 g/g CK xuống còn 6,21 g/g CK khi sấy gián tiếp sau quá trình chần ở 70°C trong 5 phút [18].

Do khi chần ở nhiệt độ cao làm tăng sự liên hệ phân tử mạnh mẽ trong hạt tinh bột. Khả năng chống trương nở này cũng có thể là do sự hiện diện của nhiều vùng kết tinh lớn hơn trong hạt tinh bột. Kết quả này cũng tương tự với kết quả nghiên cứu của Akissoé và cs (2003) [14] cho rằng, bột của khoai mỡ có độ trương nở giảm khi chần. Khi gia nhiệt với nhiệt độ quá cao hoặc thời gian kéo dài, bột có thể giảm khả năng hấp thụ nước [16].

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến hàm lượng amygdalin, màu sắc, và tính chất hóa lý của bột khoai từ

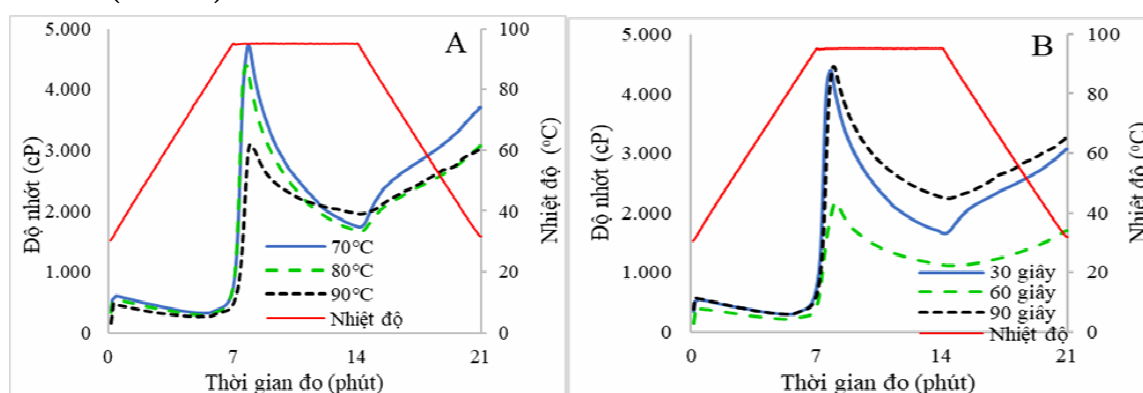
Chỉ tiêu	Nhiệt độ chần (°C)	Thời gian chần (giây)			Trung bình
		30	60	90	
Hàm lượng Amygdalin (mg/100 g CK)	70	78,35 ± 2,09	72,50 ± 0,09	70,68 ± 0,94	73,84 ± 3,73 ^a
	80	75,22 ± 2,91	72,19 ± 1,54	68,38 ± 1,46	71,93 ± 3,46 ^a
	90	68,20 ± 1,37	66,44 ± 2,31	64,99 ± 1,80	66,54 ± 2,04 ^b
	Trung bình	73,92 ± 4,96 ^A	70,38 ± 3,30 ^B	68,01 ± 2,79 ^C	
L	70	91,21 ± 0,07	91,65 ± 0,55	91,11 ± 0,75	91,32 ± 0,49 ^a
	80	91,61 ± 1,58	92,35 ± 0,18	93,53 ± 1,45	92,49 ± 1,29 ^a
	90	92,88 ± 0,24	90,85 ± 0,47	91,89 ± 1,29	91,87 ± 1,10 ^a
	Trung bình	91,90 ± 1,06 ^A	91,61 ± 0,75 ^A	92,18 ± 1,44 ^A	
WI	70	83,17 ± 0,88	84,01 ± 1,42	83,06 ± 0,59	83,41 ± 0,92 ^{ab}
	80	84,39 ± 1,11	84,22 ± 0,82	85,15 ± 0,70	84,59 ± 0,82 ^a
	90	83,70 ± 1,45	81,45 ± 0,75	82,63 ± 1,50	82,60 ± 1,41 ^b
	Trung bình	83,76 ± 1,06 ^A	83,23 ± 1,60 ^A	83,61 ± 1,44 ^A	
Độ trương nở (g/g CK)	70	11,31 ± 0,41	11,30 ± 0,20	11,55 ± 0,39	11,39 ± 0,30 ^a
	80	10,71 ± 1,02	8,01 ± 1,10	11,14 ± 0,22	9,95 ± 1,66 ^{ab}
	90	10,74 ± 0,24	7,93 ± 1,46	8,50 ± 2,77	9,06 ± 1,93 ^b
	Trung bình	10,92 ± 0,59 ^A	9,08 ± 1,90 ^B	10,39 ± 1,94 ^{AB}	
PV (cP)	70	4.712,5 ± 34,65	5.100,5 ± 38,89	5.094 ± 185,26	4.969 ± 216,54 ^a
	80	4.295 ± 132,94	2.543,5 ± 512,65	4.496 ± 60,81	3.778,17 ± 989,73 ^b
	90	3.141,5 ± 71,42	1.279,5 ± 337,29	1.683 ± 261,63	2.034,67 ± 897,26 ^c
	Trung bình	4.049,67 ± 731,11 ^A	2.974,5 ± 1.762,69 ^B	3.757,67 ± 1.635,65 ^A	
TV (cP)	70	1.676 ± 87,68	2.062,5 ± 402,34	2.367,5 ± 2.67,99	2.035,33 ± 379,94 ^a
	80	1.716,5 ± 85,56	1050 ± 86,27	2.264 ± 35,36	1.676,83 ± 546,72 ^b
	90	1.735,5 ± 306,18	899 ± 106,07	1.099,5 ± 150,61	1.244,67 ± 422,05 ^c
	Trung bình	1.709,33 ± 149,96 ^A	1.337,17 ± 596,94 ^B	1.910,33 ± 644,80 ^A	
BD (cP)	70	3.036,5 ± 53,03	3038 ± 441,23	2.726,5 ± 82,73	2.933,67 ± 258,11 ^a
	80	2.578,5 ± 218,50	1.493,5 ± 598,92	2.232 ± 25,46	2.101,33 ± 571,93 ^b
	90	1.406 ± 377,60	308,5 ± 231,22	583 ± 111,02	790 ± 526,87 ^c
	Trung bình	2.340,33 ± 777,41 ^A	1.637,33 ± 1.243,48 ^B	1.847,33 ± 1.005,6 ^B	
FV (cP)	70	3.438,5 ± 381,13	3723,5 ± 368,40	3.880 ± 369,11	3.680,67 ± 351,47 ^a
	80	2.926 ± 205,06	1.736,5 ± 53,03	3.372,5 ± 171,83	2.678,33 ± 766,15 ^b
	90	2.907,5 ± 147,79	1.594 ± 295,57	1.997,5 ± 16,26	2166,33 ± 619,72 ^c
	Trung bình	3.090,67 ± 338,37 ^A	2.351,33 ± 1.085,79 ^B	3.083,33 ± 890,02 ^A	
SB (cP)	70	1.762,50 ± 293,50	1.661,00 ± 770,75	1.512,50 ± 101,12	1.645,33 ± 388,23 ^a
	80	1.209,50 ± 290,62	686,50 ± 139,30	1.108,50 ± 136,47	1.001,50 ± 293,38 ^b
	90	1.172,00 ± 158,39	695,00 ± 189,50	898,00 ± 166,88	921,67 ± 252,21 ^b
	Trung bình	1.381,33 ± 355,79 ^A	1.014,17 ± 617,19 ^A	1173,00 ± 298,93 ^A	
PT (°C)	70	91,18 ± 0,88	92,45 ± 0,00	93,65 ± 0,85	92,43 ± 1,24 ^a
	80	90,90 ± 0,42	89,60 ± 4,74	92,08 ± 0,39	90,86 ± 2,40 ^b
	90	92,45 ± 1,70	59,88 ± 22,38	91,43 ± 4,70	81,25 ± 19,48 ^b
	Trung bình	91,51 ± 1,15 ^A	80,64 ± 19,11 ^A	92,38 ± 2,38 ^A	
Độ cứng (N/cm ²)	70	0,34 ± 0,07	0,37 ± 0,04	0,39 ± 0,06	0,37 ± 0,05 ^a
	80	0,37 ± 0,12	0,16 ± 0,11	0,47 ± 0,08	0,33 ± 0,17 ^a
	90	0,15 ± 0,07	0,03 ± 0,03	0,06 ± 0,05	0,08 ± 0,07 ^b
	Trung bình	0,28 ± 0,13 ^{AB}	0,19 ± 0,16 ^B	0,31 ± 0,20 ^A	

Ghi chú: Các giá trị có ký hiệu A, B, C trong cùng hàng thì không khác nhau ở mức ý nghĩa 5% hoặc các giá trị có ký hiệu a, b và c trong cùng cột thì không khác nhau ở mức ý nghĩa 5%. WI: Chỉ số màu trắng (White index); Amy: Amygdalin; ĐTN: Độ trương nở; PV: Peak viscosity; TV: Trough viscosity; BD: Breakdown; FV: Final viscosity; SB: Setback; PT: Pasting temperature; DC: Độ cứng.

3.4. Tính chất nhớt RVA

Các đặc tính nhớt của bột đóng vai trò quan trọng trong việc lựa chọn nguyên liệu sử dụng trong công nghiệp thực phẩm như một chất làm đặc [19], chất kết dính hoặc cho các mục đích sử dụng khác [20]. Kết quả đánh giá sự thay đổi độ nhớt của bột khoai từ ở các mức nhiệt độ và thời gian chần khác nhau được thể hiện ở Hình 2.

Đặc tính độ nhớt của các mẫu bột khoai từ thay đổi trong cùng thời gian chần (30 giây) với các nhiệt độ khác nhau (Hình 2A) và giữa cùng một nhiệt độ chần (80°C) với các thời gian chần khác nhau (Hình 2B).



Hình 2. Đồ thị đo RVA của bột khoai từ khi được chần ở 30 giây với nhiệt độ khác nhau (A) và ở 80°C với thời gian khác nhau (B)

Các đặc tính nhớt của bột đóng vai trò quan trọng trong việc lựa chọn nguyên liệu sử dụng trong công nghiệp thực phẩm như một chất làm đặc [19], chất kết dính hoặc cho các mục đích sử dụng khác [20]. Kết quả đánh giá sự thay đổi độ nhớt của bột khoai từ ở các mức nhiệt độ và thời gian chần khác nhau được thể hiện ở Hình 2.

Đặc tính độ nhớt của các mẫu bột khoai từ thay đổi trong cùng thời gian chần (30 giây) với các nhiệt độ khác nhau (Hình 2A) và giữa cùng một nhiệt độ chần (80°C) với các thời gian chần khác nhau (Hình 2B).

Độ nhớt PV (peak viscosity) là độ nhớt cực trị khi gia nhiệt, TV (trough viscosity) là độ nhớt lúc giữ nhiệt (độ nhớt hồ nóng) và FV (final viscosity) là độ nhớt cuối cùng khi làm nguội. Như đã trình bày ở bảng 1, độ nhớt PV, TV và FV đều bị tác động mạnh ($p < 0,001$) bởi nhiệt độ. Trong khi đó, thời gian chần tác động mạnh ($p < 0,001$) đến sự

Độ nhớt PV (peak viscosity) là độ nhớt cực trị khi gia nhiệt, TV (trough viscosity) là độ nhớt lúc giữ nhiệt (độ nhớt hồ nóng) và FV (final viscosity) là độ nhớt cuối cùng khi làm nguội. Như đã trình bày ở bảng 1, độ nhớt PV, TV và FV đều bị tác động mạnh ($p < 0,001$) bởi nhiệt độ. Trong khi đó, thời gian chần tác động mạnh ($p < 0,001$) đến sự thay đổi PV và FV và tác động trung bình ($p < 0,01$) đến sự thay đổi TV. Sự tương tác giữa các yếu tố này tác động mạnh đến sự thay đổi PV, nhưng tác động trung bình đến TV và FV.

thay đổi PV và FV và tác động trung bình ($p < 0,01$) đến sự thay đổi TV. Sự tương tác giữa các yếu tố này tác động mạnh đến sự thay đổi PV, nhưng tác động trung bình đến TV và FV.

Hình 1 cho thấy, nhiệt độ chần chiếm một phần đáng kể trong sự thay đổi với độ nhớt cực đại PV là 74%, độ nhớt lúc giữ nhiệt TV là 38% và độ nhớt giảm lúc giữ nhiệt (BD, breakdown là sự khác biệt giữa độ nhớt cực đại và độ nhớt lúc giữ nhiệt) là 81%, độ nhớt cuối cùng (FV) 57%, với 56% độ nhớt tăng lúc làm nguội (SB, setback, sự khác biệt giữa độ nhớt cuối cùng và độ nhớt duy trì), với 19% nhiệt độ hồ hóa.

Theo hình 1, thời gian chần góp phần đáng kể vào sự thay đổi độ nhớt, độ nhớt cuối cùng và nhiệt độ hồ hóa, lần lượt là 20, 17, 22%. Sự tương tác giữa nhiệt độ chần và thời gian lần lượt chiếm 14, 34, 21, 37% tổng phương sai về độ nhớt cực đại, độ nhớt giữ nhiệt, độ nhớt cuối cùng và nhiệt độ hồ hóa.

Bảng 2 cho thấy, độ nhớt cực đại của bột khoai từ dao động trong khoảng 1.280 - 5.000 cP, tùy vào chế độ xử lý. Theo kết quả nghiên cứu của Kaur và cs (2013) [21], độ nhớt cực đại của khoai từ thấp hơn so với bột khoai tây và cao hơn so với khoai môn, đậu nành và bắp.

Khi nhiệt độ chần tăng từ 70 lên 90°C, các chỉ tiêu như PV, TV, BD, FV và SB có xu hướng giảm, (Bảng 2). Theo nhiệt độ chần từ 70 - 90°C, giá trị trung bình độ nhớt cực đại PV giảm từ 4.969 xuống 2.035 cP, độ nhớt giữ TV giảm từ 2.036 xuống 1.245 cP, độ nhớt từ 2.934 xuống 790 cP, độ nhớt cuối FV giảm từ 3.681 xuống từ 2.166 cP, độ nhớt tăng lúc làm nguội SB từ 1.645 xuống 922 cP. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Lin và cs (2020) [22], khi gia nhiệt ở nhiệt độ cao, độ nhớt của tinh bột giảm do sự phá vỡ của cấu trúc hạt tinh bột, từ đó dẫn đến sự suy giảm nhanh chóng của các chỉ tiêu độ nhớt. Nhiệt độ hóa (PT) cũng giảm từ 92 xuống 81°C khi tăng nhiệt độ chần từ 70 lên 90°C.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, khi tính trung bình theo thời gian chần 30 giây thì giá trị độ nhớt cao nhất đối với hầu hết các chỉ tiêu PV, TV, BD, FV và SB với giá trị lần lượt là 4.050 cP; 1.735 cP; 2.340 cP; 3.090 cP và 1.381 cP. Điều này có thể giải thích là do ở mức thời gian ngắn ở nhiệt độ (70 - 90°C) thì cấu trúc của phân tử tinh bột vẫn giữ được độ ổn định và chưa hồ hóa nên hạt tinh bột có độ nhớt cao nhất trong quá trình gia nhiệt. Nghiên cứu của Singh và cs (2003) [15] chỉ ra rằng, nhiệt độ và thời gian gia nhiệt thích hợp giúp phân tử tinh bột

hút nước và trương nở, làm tăng khả năng hình thành và ổn định gel.

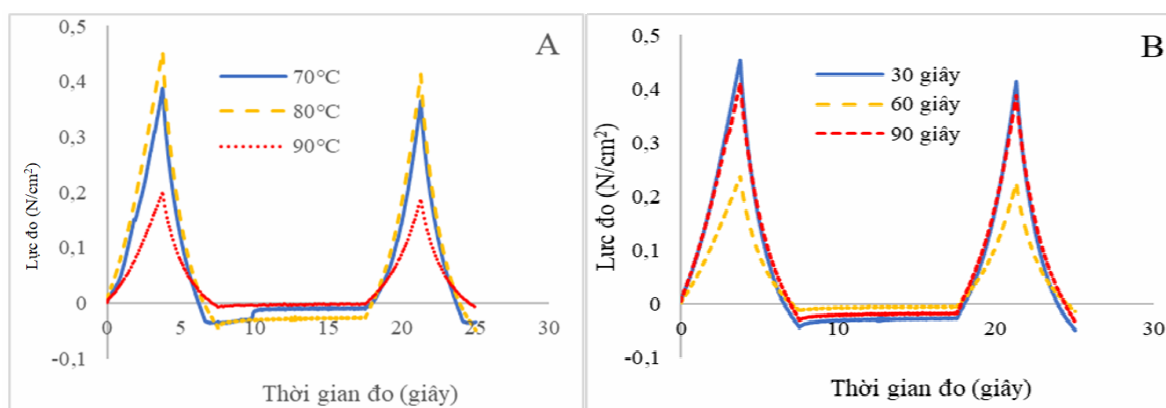
Sự tạo gel khi làm nguội được đo bằng chỉ số Setback (SB). Ở nhiệt độ 70°C, giá trị SB cao nhất đạt ở thời gian chần 30 giây và giảm dần khi nhiệt độ chần tăng lên. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Lin và cs (2020) [22] khi nhiệt độ chần tăng cao, tinh bột có xu hướng thoát nước nhiều hơn, gây hiện tượng thoái hóa gel, do đó giá trị SB giảm.

Ở nhiệt độ 90°C, thời gian chần dài hơn (60 - 90 giây) làm giảm đáng kể giá trị độ nhớt. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Tester và Morrison (1990) [23] theo đó, thời gian gia nhiệt dài dẫn đến phá vỡ cấu trúc gel và giảm độ nhớt tổng thể do sự thoát nước từ hạt tinh bột.

Nhìn chung, khi chần ở nhiệt độ cao trong thời gian dài thì tinh bột sẽ bị hồ hóa một phần. Quá trình chần làm giảm độ nhớt của bột do sức trương nở thấp hơn và do tinh bột đã bị hồ hóa. Khi tinh bột đã được hồ hóa trước rồi sau đó hồ hóa lại lần nữa sẽ gây ra sự sụt giảm về độ nhớt của bột [24].

3.5. Độ cứng gel

Độ cứng gel là tính chất quan trọng của các sản phẩm từ tinh bột như bánh, kẹo, các sản phẩm dạng sợi [26]. Sau khi chần khoai từ ở nhiệt độ và thời gian chần khác nhau, gel bột thu được khi kết thúc quy trình từ máy đo độ nhớt RVA (Rapid visco analyzer), gel được để nguội 24 giờ trong tủ mát và sử dụng để đo cấu trúc (Hình 3).



Hình 3. Biểu đồ TPA đo lực gel của bột khoai từ khi được chần ở 30 giây với nhiệt độ khác nhau (A) và ở 80°C với thời gian khác nhau (B)

Như đã trình bày ở bảng 1, nhiệt độ và thời gian chần tác động đáng kể đến sự biến đổi độ cứng gel của bột khoai từ. Nhiệt độ ảnh hưởng chủ yếu 63% sự thay đổi độ cứng gel, trong khi thời gian chỉ đóng góp khoảng 11% (Hình 1). Sự tương tác giữa nhân tố nhiệt độ và thời gian chần ảnh hưởng 15% đến sự thay đổi độ cứng. Độ lệch chuẩn lớn của các giá trị trung bình phù hợp với nhiều yếu tố góp phần vào sự thay đổi độ bền gel của bột khoai từ, bao gồm cả những tác động bổ sung của quá trình thoái hóa tinh bột.

Kết quả ở hình 3 và bảng 2 cho thấy, ở nhiệt độ 70°C và 80°C, độ cứng gel có xu hướng tăng khi thời gian chần tăng từ 30 - 90 giây. Kết quả cho thấy, khi khoai từ được chần ở 80°C trong 90 giây, độ cứng gel (0,47 N/cm²) của mẫu bột cao hơn so với độ cứng gel (0,37 N/cm²) của bột khoai từ khi được chần ở nhiệt độ 80°C trong 30 giây. Việc chần trong thời gian dài hơn có thể giúp tăng cường sự trương nở và kết nối của các phân tử. Sự liên kết ngang giữa các phân tử tạo điều kiện cho các tương tác hóa học và liên kết không cộng hóa trị xảy ra nhiều hơn, từ đó tăng cường độ cứng của gel [25].

Ở nhiệt độ 90°C, độ cứng gel giảm rõ rệt khi thời gian chần tăng. Điều này có thể được giải thích là do nhiệt độ quá cao gây phân hủy hoặc phá vỡ các liên kết giữa các phân tử, làm suy yếu cấu trúc của gel. Sự phân hủy do nhiệt độ cao này còn cho thấy khả năng thiếu hụt của một mạng lưới liên kết do hiện tượng rò rỉ và thất thoát amylose. Amylose đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra các cấu trúc gel mạnh, có thể bị thoát ra ngoài khỏi hệ tinh bột khi chịu tác động nhiệt, dẫn đến hình thành mạng lưới gel liên tục [26].

Gel được hình thành nhờ vào sự liên kết giữa các phân tử thông qua các liên kết hydro và các tương tác vật lý hoặc hóa học khác. Khi nhiệt độ và thời gian chần phù hợp, các phân tử có thể tương tác tốt hơn, giúp tăng cường độ cứng và độ ổn định của gel. Nhiệt độ quá cao có thể gây ra sự phá vỡ của các cấu trúc này, làm suy giảm tính chất vật lý của gel. Khi chần ở nhiệt độ 90°C, cấu trúc của polysaccharide bị thoái hóa, làm mất tính liên kết và dẫn đến độ cứng giảm. Hơn nữa, khi xử lý nhiệt độ cao, các polysaccharide khác như pectin và chất nhầy tham gia mạng lưới liên kết gel làm gel mềm hơn [27].

3.6. Mối tương quan giữa độ trương nở, tính chất nhớt và độ cứng gel của bột khoai từ với chế độ chần

Các hệ số tương quan Pearson để kiểm tra mối quan hệ giữa độ trương nở, độ nhớt RVA và độ cứng gel với các nhân tố nhiệt độ và thời gian chần (Bảng 3).

Một số hệ số tương quan đáng kể quan sát được giữa độ trương nở, độ nhớt và độ cứng của gel trong bộ dữ liệu hoàn chỉnh được mong đợi, vì các đặc tính này có mối liên hệ với nhau (Bảng 3). Độ trương nở có quan hệ thuận chiều mạnh với độ nhớt cực trị PV ($r = 0,80$; $p < 0,001$), độ nhớt lúc giữ nhiệt TV ($r = 0,75$; $p < 0,001$), độ nhớt giảm BD ($r = 0,75$; $p < 0,001$) và độ nhớt cuối FV ($r = 0,84$; $p < 0,001$). Độ trương nở có quan hệ thuận chiều trung bình với độ nhớt lúc làm nguội SB ($r = 0,71$; $p < 0,01$) và độ cứng gel ($r = 0,64$; $p < 0,01$). Nghiên cứu của Neeraj và cs (2022) [28] cũng cho kết quả tương tự, độ trương nở tinh bột khoai tây có quan hệ thuận chiều trung bình ($p < 0,01$) với độ nhớt cực trị PV.

Bảng 3. Tương quan giữa các tính chất chức năng của bột khoai từ và nhân tố quá trình chần

	Nhiệt độ chần	Thời gian chần	ĐTN	PV	TV	BD	FV	SB	PT
ĐTN	-0,57**	-0,13							
PV	-0,86***	-0,09	0,80***						
TV	-0,61**	0,16	0,75***	0,86***					
BD	-0,89***	-0,20	0,75***	0,96***	0,69**				
FV	-0,74***	-0,01	0,84***	0,93***	0,90***	0,85***			

SB	-0,68**	-0,20	0,71**	0,75***	0,51*	0,80***	0,84***		
PT	-0,40	0,03	0,30	0,52*	0,49*	0,47*	0,48*	0,33	
ĐC	-0,73***	0,06	0,64**	0,90***	0,78***	0,86***	0,80***	0,59**	0,48*

Ghi chú: *, ** và *** khác biệt đáng kể ở mức độ $p < 0,05$, $0,01$ và $0,001$. PV: Peak viscosity; TV: Trough viscosity; BD: Breakdown; FV: Final viscosity; SB: Setback; PT: Pasting temperature; DTN: Độ trương nở; ĐC: Độ cứng.

Nhiệt độ hồ hóa có mối tương quan thuận chiều yếu với nhót cực trị PV ($r = 0,52$; $p < 0,05$), TV ($r = 0,49$; $p < 0,05$), BD ($r = 0,47$; $p < 0,05$) và FV ($r = 0,48$; $p < 0,05$). Độ cứng gel của bột khoai từ có mối tương quan thuận chiều mạnh ($p < 0,001$) với tất cả độ nhót PV, TV, BD, FV và SB. Độ cứng gel bột khoai từ quan hệ thuận chiều trung bình ($r = 0,64$; $p < 0,01$) với độ trương nở và thuận chiều yếu với nhiệt độ hồ hóa ($r = 0,48$; $p < 0,05$).

Sau khi gia nhiệt, bột đã được hồ hóa sẽ được làm nguội và quá trình hình thành gel diễn ra do sự liên kết giữa các phân tử, sự biến tính protein và sự kết tụ amylose [29]. Trong quá trình làm mát, hỗn hợp cuối cùng có độ nhót tăng lên do sự hình thành gel. Do đó, gel có độ nhót cuối cùng PV cao hơn cũng có giá trị độ cứng cao hơn, nghĩa là PV và độ cứng có quan hệ thuận chiều.

4. KẾT LUẬN

Sự ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chần đến sự biến đổi hàm lượng amygdalin, màu sắc và các đặc tính chức năng của bột khoai từ đã được đánh giá qua xử lý nhiệt các lát củ khoai từ. Nhiệt độ chần ảnh hưởng đến khoảng 50 - 80% sự biến đổi của hàm lượng amygdalin, các tính chất nhót RVA và độ cứng của gel bột được giữ ở nhiệt độ 4°C trong 24 giờ. Trong khi đó, thời gian chần đóng góp 10 - 30% đến sự thay đổi giá trị màu sắc WI, amygdalin, độ trương nở, độ nhót và độ cứng gel. Khi tăng nhiệt độ chần sẽ làm giảm hàm lượng amygdalin, độ trương nở, độ nhót, nhiệt độ hồ hóa và độ cứng gel. Độ nhót có mối quan hệ thuận chiều với độ trương nở và độ cứng gel của bột khoai từ. Khi chần ở nhiệt độ từ $70 - 90^{\circ}\text{C}$ dẫn đến bột khoai từ có các giá trị trung bình giảm như hàm lượng amygdalin từ 73,84 xuống 66,54 mg/100 g CK; độ trương nở từ 11,39 xuống 9,06 g/g CK; độ nhót cuối 3.680,67 xuống còn 2.166,33 cP; nhiệt độ hồ hóa 92,43 xuống còn $81,25^{\circ}\text{C}$; độ

cứng gel từ 0,37 xuống 0,07 N/cm²; nhưng ảnh hưởng không đáng kể đến giá trị màu sắc (L) 91,32 - 91,87 và độ trắng (WI) 83,41 và 82,60. Độ cứng gel của bột khoai từ có mối tương quan thuận chiều với độ nhót với độ trương nở. Chế độ chần ở nhiệt độ 80°C trong 90 giây cho chất lượng bột khoai từ tốt nhất với hàm lượng amygdalin thấp nhất là 68,38 mg/100 g CK, nhưng giá trị độ sáng L 93,53; giá trị độ trắng WI 85,15; độ cứng gel 0,47 N/cm² và không thay đổi đáng kể độ trương nở 11,14 g/g CK; nhiệt độ hồ hóa $92,08^{\circ}\text{C}$ và độ nhót cuối 3.438,5 cP.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Silalahi, M (2022). *Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill: Uses and bioactivity. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, 3(2), 20 - 25.
2. Begum, A. T. & Anbazhakan, S (2013). Evaluation of antibacterial activity of the mucilage of *Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill. *International Journal Modern Biology and Medicine*, 4, 140 - 146.
3. Bolarinwa, I. F., Orfila, C. & Morgan, M. R. A (2015). Determination of amygdalin in apple seeds, fresh apples and processed apple juices. *Food Chemistry*, 170, 437 - 442.
4. Akintonwa, A. & Tunwashe, O. L (1992). Fatal cyanide poisoning from cassava-based meal. *Human & experimental toxicology*, 11(1), 47 - 49.
5. Bolarinwa, I. F., Olaniyan, S. A., Olatunde, S. J., Ayandokun, F. T. & Olaiya, I. A. (2016). Effect of processing on amygdalin and cyanide contents of some Nigerian foods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(2), 106 - 113.
6. Moon, K. M., Kwon, E. B., Lee, B. & Kim, C. Y (2020). Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*, 25(12), 2754, 1 - 15.

7. Harijono, T. E., Saputri, D. S. & Kusnadi, J. (2013). Effect of blanching on properties of water yam (*Dioscorea alata*) flour. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(10), 1342 - 1350.
8. Nguimbou, R. M., Njintang, N.Y., Makhlouf, H., Gaiani, C. & Scher, J (2013). Effect of cross-section differences and drying temperature on the physicochemical, functional and antioxidant properties of giant taro flour. *Food Bioprocess Technology*, 6, 1809 - 1819.
9. Konik-Rose, C. M., Moss, R., Rahman, S., Appels, R., Stoddard, F. & McMaster, G (2001). "Evaluation of the 40 mg Swelling Test for Measuring Starch Functionality." *Starch - Stärke* 53(1): 14 - 20.
10. Nhan, M. T. & Copeland, L (2016). Effect of variety and growing environment on pasting and thermal properties of wheat starch. *Starch - Stärke*, 68, 436 - 445.
11. Choi, B. & Koh, E (2021). Effect of fruit thermal processing on ethyl carbamate content in maesil (*Prunus mume*) liqueur. *Food Science Biotechnolgy*, 30(11), 1427 - 1434.
12. Marian, E., Tita, B., Tita, I. C., Jurca, T. & Vicas, L. (2018). Thermal behaviour and kinetic study of amygdalin. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134(1), 765 - 772.
13. Setyawan, N., Maninang, J. S., Suzuki, S. & Fujii, Y (2021). Variation in the physical and functional properties of Yam (*Dioscorea* spp.) Flour produced by different processing techniques. *Foods*, 10(6), 1341.
14. Akissoé, N., Hounhouigan, J., Mestres, C. & Nago, M (2003). How blanching and drying affect the colour and functional characteristics of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) flour. *Food chemistry*, 82(2), 257 - 264.
15. Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S. & Gill, B. S (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food chemistry*, 81(2), 219 - 231.
16. Hoover, R. & T. Vasanthan (1994). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. *Carbohydrate research*, 252, 33 - 53.
17. Wang, S. & L. Copeland (2013). Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. *Food & function*, 4(11), 1564 - 1580.
18. Suriya, M., Baranwal, G., Bashir, M., Reddy, C. K. & Haripriya, S (2016). Influence of blanching and drying methods on molecular structure and functional properties of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) flour. *LWT- Food Science and Technology*, 68, 235 - 243.
19. Wang, X., Fang, J., Cheng, L., Gu, Z. & Hong, Y (2023). Interaction of starch and non-starch polysaccharides in raw potato flour and their effects on thickening stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 124702.
20. D'Amico, S., Hrabalova, M., Müller, U. & Berghofer, E (2010). Bonding of spruce wood with wheat flour glue - Effect of press temperature on the adhesive bond strength. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 255 - 260.
21. Kaur, M., Kaushal, P. & Sandhu, K. S (2013). Studies on physicochemical and pasting properties of Taro (*Colocasia esculenta* L.) flour in comparison with a cereal, tuber and legume flour. *Journal of Food Science and Technology*, 50, 94 - 100.
22. Lin, C. L., Lin, J. H., Lin, J. J. & Chang, Y. H. (2020). Properties of high swelling native starch treated by heat moisture treatment with different holding times and iterations. *Molecules*. 25. 5528, 1 - 12
23. Tester, R. F. & Morrison, W. R (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal chemistry*, 67(6), 551 - 557.
24. Yadav, N., Saini, P., Kaur, D., Gupta, V. K., Kaundal, B., Kumar, R. & Mishra, P (2023). Blanching effect on nutritionally important starch fractions of selected processing potato cultivars. *Food Chemistry Advances*, 3, 100404, 1 - 8.
25. Eliasson, A. C. (Ed.) (2004). Starch in food: Structure, function and applications. CRC press.

26. Ali, N. A., Dash, K. K. & Routray, W (2020). Physicochemical characterization of modified lotus seed starch obtained through acid and heat moisture treatment. *Food chemistry*, 319, 126513, 1 - 10.
27. Chen, B., Zhou, K., Wang, Y., Xie, Y., Wang, Z., Li, P. & Xu, B (2020). Insight into the mechanism of textural deterioration of myofibrillar protein gels at high temperature conditions. *Food Chemistry*, 330, 127186.
28. Neeraj, Siddiqui S, Bindu B. & Srivastva A (2022). Correlation between physicochemical functional and viscosity characteristics of potato starch. *The Pharma Innovation Journal*, 11(2), 1746 – 1750.
29. Kong, X. L, Kasapis, S. & Bao, J. S. (2015). Viscoelastic properties of starches and flours from two novel rice mutants induced by gamma irradiation. *LWT-Food Science and Technology*, 60 (1). 578 - 582.

EFFECT OF BLANCHING ON AMYGDALIN CONTENT AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF LESSER YAM (*Dioscorea esculenta* L) FLOUR

Pham Ho Phuong Anh¹, Vo Trung Kien¹,

Nguyen Nhat Khoa¹, Phan Thi Ha Phuong¹, Nhan Minh Tri^{2,*}

¹ Department of Food Technology Can Tho University

² Department of Postharvest Technology,

Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

Abstract

Lesser yam (*Dioscorea esculenta* L) helps effectively lower blood glucose levels and exhibits anti-inflammatory, anti-diabetic and antibacterial properties. However, it also contains the toxin amygdalin, which imparts bitterness and can cause dizziness. The purpose of this study is to evaluate the effect of blanching temperature (70, 80, 90°C) and duration (60, 80, 90 seconds) of the lesser yam slices (2 - 3 mm thickness) on changes in amygdalin content, color values, swelling power, RVA viscosity properties, and gel hardness of lesser yam flour. The results show that blanching temperature plays a dominant role (accounting for 50 - 80%) in reducing amygdalin content, as well as altering RVA parameters and gel hardness. Blanching time also significantly contributes (10 - 30%) to changes in color, swelling power, and other properties. Specifically, increasing the blanching temperatures from 70 to 90°C, the lesser yam flour had lower values for some properties such as 10% for the amygdalin content, 21% for swelling power, 41% for the final viscosity, 12% for the pasting temperature decrease 12%, and 81% for the gel hardness but not much for the color values (L) and whiteness index (WI). The gel hardness of the flour was positively correlated with its viscosity and swelling capacity. The findings indicated that blanching at 80°C for 90 seconds was optimal for the lesser yam flour with the lowest amygdalin (68.38 mg/100g dried weight), but with the highest value of the light color L (93.53), the whiteness index WI (85.15) and gel hardness (0.47N/cm²) and not significant change of swelling power (11.14 g/g dried weight) and pasting temperature (92.08°C) and final viscosity (3438.5 cP).

Keywords: *Amygdalin, blanching, color, lesser yam flour, gel hardness, viscosity.*

Ngày nhận bài: 2/10/2024

Ngày gửi phản biện: 15/10/2024

Ngày thông qua phản biện: 4/12/2024

Ngày duyệt đăng: 26/5/2025