

PHÁT TRIỂN MỘT SỐ THỰC PHẨM SINH ĐƯỜNG THẤP TỪ TINH BỘT CHUỐI PHOSPHATE HÓA

DEVELOPMENT OF LOW- GLYCEMIC FOOD PRODUCTS WITH PHOSPHORYLATED BANANA STARCH

Nguyễn Phan Hằng¹, Vũ Minh Tân², Nguyễn Thị Kim An²,
Phạm Thị Mai Hương², Phạm Ngọc Anh³, Phạm Thị Thu Hà³,
Nguyễn Trung Đức^{3,*}, Nguyễn Thanh Tùng^{1,3}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.083>

TÓM TẮT

Một tỷ lệ đáng kể dân số thế giới mắc các bệnh không lây nhiễm như tiểu đường, tim mạch, ung thư và béo phì do thói quen ăn uống không lành mạnh, sử dụng thực phẩm giàu carbohydrate là nguyên nhân gây ra bệnh tiểu đường và béo phì. Tinh bột kháng (RS) có một số lợi ích cho sức khỏe như tác dụng hạ đường huyết, hạ cholesterol máu, hoạt động như một chất tiền sinh học, ngăn ngừa ung thư đại tràng... Việc thay thế từ 10 - 40% hàm lượng bột mì bằng tinh bột chuối phosphate (RS = 56,62%) trong công thức chế tạo mì sợi, nui giúp tăng hàm lượng RS, từ 19,55% lên 36,33% trong mì sợi, từ 16,24% lên 30,12% trong nui. Ngoài ra, các đặc tính nấu như thời gian nấu tối ưu, độ hấp thụ nước, tỷ lệ đứt, vỡ, độ hao hụt khối lượng của mì, nui chứa tinh bột chuối phosphate cao hơn so với mì, nui làm từ bột mì. Do đó, mì và nui làm từ tinh bột chuối giàu tinh bột kháng tiêu và bột mì, có tiềm năng tạo ra các sản phẩm thực phẩm giàu RS, mang lại lợi ích cho sức khỏe, đặc biệt là đối với bệnh nhân đái tháo đường.

Từ khóa: Tinh bột phosphate, tinh bột chuối, thực phẩm có chỉ số đường huyết thấp.

ABSTRACT

A significant proportion of the global population suffers from non-communicable diseases such as diabetes, cardiovascular diseases, cancer, and obesity, primarily due to unhealthy eating habits. The consumption of carbohydrate-rich foods is a major cause of diabetes and obesity. Resistant starch (RS) offers several health benefits, including blood sugar reduction, lowering blood cholesterol levels, acting as a prebiotic, and preventing colorectal cancer. Replacing 10 - 40% of wheat flour with banana starch phosphate (RS = 56,62%) in noodle and pasta formulations helps increase the RS content from 19.55% to 36.33% in noodles, and from 16.24% to 30.12% in pasta. Furthermore, cooking properties such as optimal cooking time, water absorption, breakage ratio, and weight loss during cooking of noodles and pasta containing banana starch phosphate are higher compared to those made with wheat flour. Therefore, noodles and pasta containing banana starch, rich in resistant starch, and wheat flour have the potential to create RS-enriched food products beneficial for health, particularly for diabetic patients.

Keywords: Phosphate starch, banana starch, low glycemic index foods.

¹Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Email: ducnt224@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/12/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 26/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

1. GIỚI THIỆU

Tinh bột là thực phẩm quan trọng giúp cung cấp năng lượng cho các hoạt động của cơ thể, tuy nhiên, tinh bột cũng là nguồn thực phẩm làm tăng lượng đường huyết

trong máu. Vì vậy, việc kiểm soát lượng tinh bột trong chế độ ăn của những người mắc bệnh đái tháo đường là hết sức cần thiết và thực phẩm giàu tinh bột kháng tiêu đang là xu hướng hiện nay.

Tinh bột kháng tiêu (RS) là phần tinh bột không bị thủy phân bởi các α -amylase ở ruột non và được lên men bởi các vi sinh đường ruột ở ruột già để tạo thành các acid béo mạch ngắn. Do đó, RS có tác động sinh lý tốt cho cơ thể như một dạng chất xơ giúp giảm lượng đường huyết và cholesterol trong máu, giảm độ pH của ruột kết, có chức năng như prebiotic [1, 2]. Dựa vào khả năng chống lại sự thủy phân bởi các enzyme tiêu hóa mà RS được chia thành 5 loại: (1) tinh bột không thể tiếp cận về mặt vật lý (RS1), (2) tinh bột dạng hạt tự nhiên (RS2), (3) tinh bột biến tính vật lý (RS3), (4) tinh bột biến tính hóa học (RS4) và (5) tinh bột kháng tiêu dạng phức amylose và lipid (RS5) [2].

RS1 và RS2 rất dễ bị biến mất trong quá trình nghiền và chế biến [2], vì vậy để tăng tối đa hàm lượng RS, tinh bột ban đầu thường được biến tính bằng các phương pháp như: biến tính bằng enzyme, biến tính vật lý (xử lý thủy nhiệt, hấp - thoát hóa), biến tính hóa học (carboxymethyl hóa, phosphate hóa, acetyl hóa...). Tinh bột phosphate là một trong những loại tinh bột biến tính hóa học được sản xuất và sử dụng rộng rãi [3].

Sự hình thành các liên kết nội phân tử và liên phân tử trong cấu trúc tinh bột sau quá trình phosphate hóa khiến cho cấu trúc tinh bột trở nên cứng kết, gây cản trở khả năng trương nở và sự tiếp xúc của enzyme tiêu hóa [4]. Điều này gây nên sự kháng tiêu hóa của tinh bột phosphate. Bên cạnh đó, quá trình phosphate hóa giúp cải thiện độ kết dính của bột nhào khi đun nóng, hạn chế quá trình tạo gel không mong muốn khi được làm mát của tinh bột để mở rộng khả năng ứng dụng trong ngành thực phẩm [5]. Ngoài ra, natri trimetaphosphate (STMP), natri tripolyphosphate (STPP) là chất phụ gia thực phẩm an toàn, là tác nhân tạo liên kết trong quá trình tổng hợp tinh bột phosphate, vì vậy, tinh bột phosphate là phụ gia toàn trong thực phẩm có hàm lượng RS cao.

Các sản phẩm từ tinh bột như mì sợi, nui được tiêu thụ rộng rãi trên toàn thế giới, điều này đã thúc đẩy việc nghiên cứu nhằm tạo ra sản phẩm chất lượng hơn, đặc biệt là hướng tới thực phẩm bảo vệ sức khỏe. Chất lượng mì, nui được người tiêu dùng đánh giá cao khi chúng có độ mịn, độ bền kéo cao, ít kết dính sau khi nấu và tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp khi nấu trong thời gian dài [5]. Để cải thiện chất lượng mì, nui, các nhà nghiên cứu, sản xuất thực phẩm lựa chọn tinh bột biến tính như là một phụ gia an toàn trong chế biến và sử dụng [5, 6], trong đó, tinh bột phosphate đã được nghiên cứu và ứng dụng. Tinh bột phosphate giúp hạn chế sự trương nở, sự kết dính, cải thiện đặc tính cảm quan của sợi mì, nui trong quá trình nấu [5, 7].

Thành phần chính của chuối xanh là tinh bột, chiếm khoảng 60 - 80%, trong đó hàm lượng RS2 chiếm khoảng 50% khối lượng tinh bột [8]. Vì vậy tinh bột chuối rất có lợi cho sức khỏe, đặc biệt đối với người mắc bệnh đái tháo đường. Một số phương pháp đã được nghiên cứu nhằm tăng hàm lượng RS cũng như cải thiện tính năng của tinh bột chuối xanh như phương pháp vật lý (chiếu xạ vi sóng [9] xử lý nhiệt - ẩm [10]), hóa học (hydroxypropyl hóa [11], phosphate hóa [4]) hoặc phương pháp xử lý bằng enzyme [12]. Tinh bột chuối phosphate đã được nhóm tiến hành nghiên cứu trong chế biến mì gạo, kết quả cho thấy khi sử dụng tinh bột chuối phosphate với hàm lượng 30% trong công thức chế biến, hàm lượng RS trong mì gạo khoảng 41%, khả năng hấp thụ nước, tỷ lệ đứt cao hơn không đáng kể so với mì được làm bằng 100% bột gạo nhưng các sợi mì không bị dính, trương phình khi nấu trong thời gian dài [4].

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá sự thay đổi khả năng tiêu hóa và đặc tính khi nấu của mì sợi, nui khi thay thế một phần bột mì bằng tinh bột chuối phosphate. Từ đó cho thấy khả năng ứng dụng của tinh bột chuối phosphate trong các sản phẩm tinh bột.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên liệu, hóa chất

Chuối tiêu xanh (*Musa spp.*) được thu mua từ các vườn trồng chuối quy mô lớn trên địa bàn tỉnh Phú Thọ, ở mốc thời gian 85 - 90 ngày kể từ khi ra hoa.

Bột mì được cung cấp bởi Công ty TNHH chế biến bột mì Mê Kông (protein 9,5 - 12%).

Bộ Kit thử K-RSTAR (xác định tinh bột kháng tiêu) hãng Megazym, Ireland. Natri trimetaphosphate (STMP), natri tripolyphosphate (STPP), natri sunfat, axit clohydric xuất xứ Sigma-Aldrich.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Quy trình tách, tinh chế tinh bột

Tinh bột chuối xanh được tách, tinh chế theo phương pháp của Waliszewski và cộng sự [11]. Sau khi gọt vỏ, phần ruột chuối xanh được thái lát mỏng (khoảng 2 - 3mm) và ngâm trong dung dịch natri bisulfite 0,5% theo tỷ lệ 1:2 (kg/l) trong 12 giờ ở 6°C. Hỗn hợp sau đó sẽ nghiền nhuyễn bằng máy xay (quá trình nghiền có bổ sung thêm nước) và được lọc qua vải lọc để loại bỏ phần bã. Huyền phù tinh bột được để lắng, loại bỏ phần nổi phía trên, phần bùn tinh bột lắng phía dưới được phân tán trong nước và tiếp tục để lắng. Quá trình lắng, lọc với nước được lặp lại 5 lần để loại bỏ hóa chất dư, rửa sạch

ting bột. Cuối cùng, phần bùn ting bột được sấy khô ở 48°C trong 24 giờ. Ting bột khô được nghiền mịn và bảo quản trong túi kín khí.

2.2.2. Quá trình phosphate hóa ting bột

Quá trình phosphoryl hóa trong ting bột được thực hiện trong dung dịch nước bunn theo Woo và Seib [13]. 50 (g) ting bột chuối xanh được thêm vào 70ml nước cất có chứa 5 (g) natri sunfat. Sau đó, hỗn hợp STMP/STPP được thêm vào với hàm lượng 10% so với khối lượng ting bột, tỷ lệ STMP/STPP 99/1 (w/w). Huyền phù được điều chỉnh đến pH 11.0 bằng cách thêm dung dịch NaOH 1M. Hỗn hợp được khuấy liên tục ở 60°C trong 1 giờ. Kết thúc quá trình phản ứng, hỗn hợp được điều chỉnh đến pH 6,5 bằng dung dịch HCl 1M và ly tâm ở tốc độ 5000 vòng/phút trong 10 phút. Ting bột lắng được thu nhận và rửa sạch bằng nước cất, sau đó được sấy khô ở 40°C trong 10 giờ.

2.2.3. Chế biến mì sợi chứa ting bột kháng tiêu

Mì sợi được chế biến từ 150g hỗn hợp bột mì và ting bột kháng tiêu kết hợp với 2,5g muối ăn. Hỗn hợp được trộn đều với 60ml nước củ dền đỏ tạo thành khối bột nhào mịn, không bị dính. Khối bột nhào được đem ủ khoảng 30 phút, sau đó sẽ được cắt thành những cục bột nhỏ trước khi đưa vào máy làm mì Media. Các sợi mì được tạo ra có đường kính khoảng 2mm. Sản phẩm được phủ một lớp bột mì để tránh các sợi mì dính lại vào nhau. Cuối cùng, những sợi mì được sấy khô ở 50°C trong 6 giờ trước khi bảo quản.

2.2.4. Chế biến nui chứa ting bột kháng tiêu

Hỗn hợp nguyên liệu được chuẩn bị gồm 70g bột mì và ting bột kháng tiêu kết hợp với 50g bột lúa mì cứng (Semolina), 1g muối. Hỗn hợp được trộn đều với 80ml nước củ dền đỏ để tạo thành bột nhào. Khối bột được ủ khoảng 30 phút trước khi đưa vào máy làm nui Media. Nui sau đó được làm sấy khô ở 50°C trong 6 giờ trước khi bảo quản.

2.2.5. Phương pháp đánh giá khả năng tiêu hóa

Khả năng tiêu hóa được đánh giá dựa vào hàm lượng ting bột kháng tiêu (RS), ting bột tiêu hóa nhanh (RDS) và ting bột tiêu hóa chậm (SDS) và được xác định bằng bộ thử K-RSTAR, Megazyme.

Mẫu được ủ với hỗn hợp α -amylase tuyến tụy và amyloglucosidase ở 37°C trong 16 giờ (xác định RS) hoặc 20 phút (xác định RDS).

Sau 16 giờ, thêm dung dịch IMS 50% để kết thúc phản ứng, sau đó tiến hành ly tâm để thu nhận phần cặn để xác

định RS. Tiếp theo, cặn RS được hòa tan trong KOH 2M trong bể nước lạnh, dung dịch đệm natri axetat 1,2M được thêm vào. Phản ứng thủy phân RS thành glucose bằng amyloglucosidase được tiến hành ở 50°C trong 30 phút. Sau đó, thuốc thử glucose oxidase/oxidase (GOPOD) được bổ sung vào dung dịch và tiếp tục ủ ở 50°C trong 20 phút. Hàm lượng RS được xác định dựa vào độ hấp thụ quang tại bước sóng $\lambda = 510\text{nm}$ trên quang phổ kế UV-VIS.

Sau 20 phút, ethanol được thêm để kết thúc phản ứng. Huyền phù được ly tâm để thu dịch lọc có chứa RDS. Phần dịch lọc được pha loãng trong dung dịch đệm natri axetat (100mM, pH = 4,5). Tiến hành ủ 0,1ml dung dịch pha loãng với 0,01 mL dung dịch AMG (300U/mL) ở 50°C trong 20 phút. Cuối cùng, thêm 3mL thuốc thử GOPOD vào dung dịch và ủ ở 50°C trong 20 phút nữa. Độ hấp thụ quang của các mẫu được đo ở bước sóng $\lambda = 510\text{nm}$ trên quang phổ kế UV-VIS.

Mẫu trắng là hỗn hợp dung dịch đệm natri acetate (100mM, pH = 4,5) với thuốc thử GOPOD. Mẫu chuẩn là hỗn hợp dung dịch D-glucose chuẩn với thuốc thử GOPOD.

$$RS(\%) = (\Delta E \times F \times 90) / W$$

$$RDS(\%) = (\Delta E \times F \times 45) / W$$

$$SDS(\%) = 100 - (RS + RDS)$$

Trong đó, ΔE là độ hấp thụ (phản ứng) đọc trên mẫu trắng; F là chuyển đổi từ độ hấp thụ sang microgam ($F = 100\mu\text{g D-glucose}$) chia cho độ hấp thụ GOPOD của $100\mu\text{g D-glucose}$ này, W là trọng lượng khô của mẫu phân tích (mg).

Trong đó, P là % phospho của ting bột.

2.2.6. Phương pháp xác định hàm lượng phot pho

Hàm lượng phot pho trong ting bột được xác định theo TCVN 9941:2013.

Nguyên tắc: Phân hủy mẫu bằng hỗn hợp sulphonitric và chuyển các phosphat thành ortho-phosphat. Sau đó, dùng chất khử để khử phosphomolybđat sinh ra xanh molybđen và tiến hành đo độ hấp thụ quang ở bước sóng $\lambda = 5825\text{nm}$ trên quang phổ kế UV-VIS.

$$P(\%) = \frac{100 \times (V_2/V_1) \times p}{W}$$

Trong đó, V_1, V_2 lần lượt là thể tích dung dịch được sử dụng trong phản ứng màu và thể tích pha loãng của dung dịch mẫu (mL), p là hàm lượng phot pho của dung dịch thử đọc từ đường chuẩn (mg), W là khối lượng phần mẫu thử (mg).

2.2.7. Phương pháp đánh giá chất lượng của mì sợi, nui khi nấu

* Thời gian nấu tối ưu: Mì sợi/nui được đun sôi trong 500mL nước cho đến khi phần lõi đục ở giữa biến mất và được xác định bằng cách ép nhẹ sợi mì vào giữa hai片片 kính trong suốt.

* Độ hấp thụ nước: Sau khi nấu chín, mì sợi/nui được vớt ra để ráo.

$$\text{Độ hấp thụ nước (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$$

Trong đó, M_1 là khối lượng mì sợi/nui sau khi nấu (g), M_2 là khối lượng mì sợi/nui trước khi nấu (g).

* Hao hụt chất khô: Lượng nước thu được sau khi vớt mì/nui đã chín được sấy khô ở 105°C.

$$\text{Hao hụt chất khô (\%)} = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

Trong đó, m_1 là khối lượng phần không tan sau sấy (g), m_2 là khối lượng ban đầu (g).

* Tỷ lệ đứt, vỡ: Tiến hành đếm sợi mì/nui bị đứt hoặc vỡ sau khi chín được vớt ra để ráo.

$$\text{Tỷ lệ đứt gãy (\%)} = \frac{n_1}{n_2}$$

Trong đó: n_1 là số lượng sợi mì/nui bị đứt, vỡ, n_2 là số lượng sợi mì/nui đem đi nấu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tinh bột chuối xanh được phosphoryl hóa bằng 10% STMP/STPP cho thấy tinh bột kháng tiêu (RS) cao (56,62%), hàm lượng phốt pho 0,37% (điều kiện FDA chấp thuận để sử dụng trong thực phẩm là nhỏ hơn 0,4%). Do

đó, tinh bột chuối phosphate là phụ gia lý tưởng trong sản xuất sản phẩm tinh bột giảm sinh đường.

Bột mì trộn với hàm lượng tinh bột chuối phosphate khác nhau dựa trên khối lượng tinh bột phosphate trên tổng khối lượng bột mì và tinh bột phosphate, tức là 10, 20, 30 và 40% tinh bột phosphate tương ứng với M10, M20, M30 và M40 (đối với mì sợi) và N10, N20, N30 và N40 (đối với nui).

3.1. Đánh giá khả năng tiêu hóa

Việc thay thế một phần bột mì bằng tinh bột chuối phosphate thay đổi khả năng tiêu hóa của mì sợi và nui. Từ bảng 1 có thể thấy rõ khi hàm lượng tinh bột chuối phosphate có trong công thức càng cao thì hàm lượng RS tăng lên, RDS và SDS giảm đi. Kết quả này tương tự với kết quả khi thay thế bột gạo bằng tinh bột chuối phosphate [4].

Hàm lượng tinh bột tiêu hóa nhanh và tiêu hóa chậm của mì sợi chứa tinh bột phosphate lần lượt nằm trong khoảng 41,52 - 51,28% và 22,15 - 23,83%, thấp hơn so với mì đối chứng (56,45% và 24,00%). Trong khi đó, hàm lượng tinh bột kháng tiêu của các mẫu mì sợi chứa tinh bột phosphate dao động trong khoảng 24,89 - 36,33%, cao hơn mì đối chứng (19,55%). Tương tự, hàm lượng RS, RDS, SDS của nui chứa tinh bột phosphate lần lượt nằm trong khoảng 19,35 - 30,12%; 28,35 - 32,43% và 41,53 - 48,22%, trong khi đó nui đối chứng có giá trị lần lượt là 16,24%; 33,58% và 50,18%.

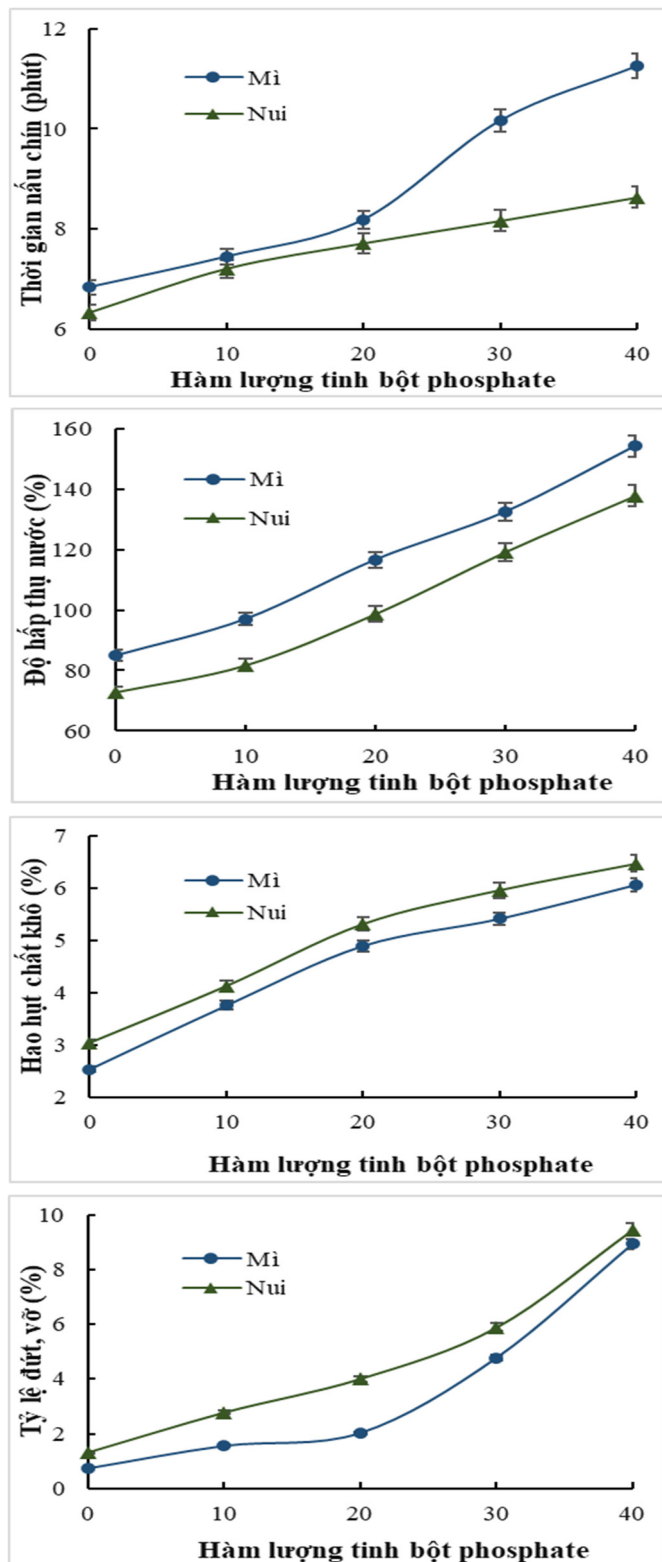
Với hàm lượng thay thế 40%, mì M40 và nui N40 có hàm lượng RS cao nhất (36,33% và 30,12%), hàm lượng RDS và SDS nhỏ nhất với giá trị lần lượt là 41,52% và 22,15% (M40), 28,35% và 41,53% (N40).

Bảng 1. Khả năng tiêu hóa của mì sợi, nui chứa tinh bột chuối phosphate

Mẫu	Tỷ lệ (w/w)		RS (%)	RDS (%)	SDS (%)
	Bột mì	Tinh bột phosphate			
Tinh bột phosphate	-	-	56,62 ± 1,44	18,29 ± 1,12	25,09 ± 1,02
Mì đối chứng	100	0	19,55 ± 1,58	56,45 ± 1,56	24,00 ± 1,16
M10	90	10	24,89 ± 1,23	51,28 ± 1,84	23,83 ± 1,04
M20	80	20	27,76 ± 1,10	48,88 ± 1,61	23,36 ± 1,10
M30	70	30	31,07 ± 1,44	46,21 ± 1,34	22,72 ± 1,17
M40	60	40	36,33 ± 1,37	41,52 ± 1,34	22,15 ± 1,14
Nui đối chứng	100	0	16,24 ± 0,65	33,58 ± 1,32	50,18 ± 1,52
N10	90	10	19,35 ± 1,24	32,43 ± 1,40	48,22 ± 1,94
N20	80	20	23,03 ± 1,37	30,67 ± 1,50	46,30 ± 2,12
N30	70	30	26,67 ± 1,54	29,40 ± 1,35	43,93 ± 1,95
N40	60	40	30,12 ± 1,50	28,35 ± 1,26	41,53 ± 2,02

3.2. Đánh giá chất lượng khi nấu

Mì, nui có khả năng hấp thụ nước cao hơn và tỷ lệ hao hụt khối lượng, tỷ lệ đứt, vỡ thấp hơn thì mì, nui có chất lượng tốt hơn [14].



Hình 1. Một số chỉ tiêu chất lượng khi nấu của mì, nui chứa tinh bột chuối phosphate

Mì, nui chứa tinh bột chuối phosphate có thời gian nấu lâu so với mì, nui không chứa tinh bột chuối phosphate. Đối với sản phẩm mì, khi tăng hàm lượng tinh bột chuối phosphate trong mì từ 10 đến 40%, thời gian nấu chín tối ưu tăng tuyến tính từ 7,45 đến 11,26 phút, cao hơn 0,61 - 4,42 phút so với mì đối chứng. Tương tự, khi hàm lượng tinh bột chuối phosphate trong nui từ 10 đến 40%, thời gian nấu chín tối ưu tăng từ 7,21 đến 8,64 phút, cao hơn so với nui đối chứng (6,33 phút).

Hàm lượng tinh bột chuối phosphate tỷ lệ thuận với độ hấp thụ nước của mì, nui. Việc thay thế 10 - 40% bột mì bằng tinh bột chuối phosphate đã làm tăng độ hấp thụ nước của mì từ 84,96 lên 154,26%, của nui từ 72,84 lên 137,83%.

Mì, nui có chứa hàm lượng tinh bột phosphate càng nhiều thì độ hao hụt khối lượng và tỷ lệ đứt, vỡ càng cao. Cụ thể, độ hao hụt khối lượng tăng từ 2,53 lên 6,06% đối mì sợi và từ 3,03 lên 6,47% đối với nui khi hàm lượng tinh bột phosphate tăng từ 0 đến 40%. Trong khi đó, tỷ lệ đứt, vỡ tăng chậm khi hàm lượng tinh bột phosphate tăng từ 0 đến 30% (mì sợi từ 0,75 lên 4,78%, nui từ 1,32 lên 5,89%). Khi tiếp tục tăng hàm lượng tinh bột thay thế (trên 30%), tỷ lệ đứt, vỡ tăng nhanh (M40 8,93%, N40 9,46%).

Sự thay đổi tính chất của mì, nui khi nấu có thể do sự khác nhau về tính chất của bột mì và tinh bột phosphate [4, 15]. Tinh bột phosphate mặc dù có hàm lượng tinh bột kháng tiêu cao nhưng nó lại có nhiệt độ hồ hóa cao, độ hòa tan và khả năng trương nở thấp, độ hấp thụ nước cao [4, 13, 16]. Điều này làm giảm khả năng liên kết giữa các phân tử tinh bột trong quá trình nấu [17]. Do đó, khi thay thế hàm lượng bột mì bằng tinh bột phosphate càng nhiều thì khả năng kết dính của giữa hai thành phần đó càng yếu, tính đồng nhất giảm khiến cho khối lượng hao hụt và tỷ lệ đứt tăng lên.

Ngoài ra, do tinh bột phosphate có nhiệt độ hồ hóa cao hơn nên đây có thể là nguyên nhân khiến cho mì, nui chứa tinh bột phosphate có thời gian nấu lâu hơn. Bên cạnh đó, việc kéo dài thời gian nấu khiến cho các hạt tinh bột trong mì, nui giãn nở quá mức dẫn đến vỡ, tăng khả năng hòa tan hạt tinh bột, ảnh hưởng đến tỷ lệ hao hụt khối lượng và tỷ lệ đứt, vỡ [17].

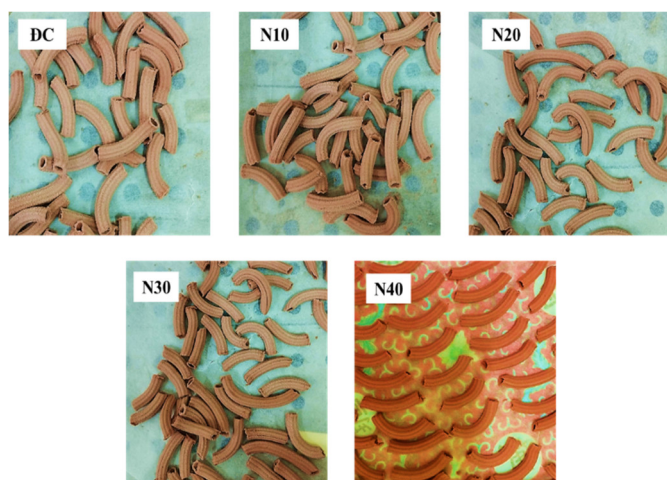
Khả năng hấp thụ nước của chất khô trong mì, nui phản ánh khả năng hydrat hóa của mì, nui và ảnh hưởng đến hương vị của mì, nui ở một mức độ nhất định, trong một phạm vi nhất định, giá trị càng cao thì hương vị càng ngon [4, 17]. Tinh bột phosphate có độ hấp thụ nước cao do phân mảnh làm tăng khoảng trống tự do trong tinh bột [4, 18], điều này làm tăng thêm khả năng hấp thụ

nước của mì, nui trong quá trình nấu. Ngoài ra, sự gia tăng khả năng hấp thụ nước này cũng có thể là do cấu trúc xoắn kép của amylopectin bị phá hủy trong quá trình hồ hóa tinh bột và sự hòa tan của amylose [14], do đó ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ nước.

Bên cạnh đó, màu sắc của mì, nui trở nên sẫm hơn khi hàm lượng tinh bột chuối phosphate tăng lên (hình 2, 3). Như vậy, hàm lượng tinh bột chuối phosphate có thể thay thế bột mì trong công thức chế biến mì, nui tối đa là 30% để chất lượng mì, nui khi nấu tốt nhất cũng như có hàm lượng RS cao.



Hình 2. Mì sợi chứa tinh bột chuối phosphate



Hình 3. Nui chứa tinh bột chuối phosphate

4. KẾT LUẬN

Với hàm lượng tinh bột chuối phosphate dưới 30%, mì sợi và nui có chất lượng khi nấu tốt và hàm lượng RS cao. Hàm lượng RS, độ hấp thụ nước, độ hao hụt khối lượng, tỷ lệ đứt và thời gian nấu chín của mì sợi chứa 30% tinh bột phosphate lần lượt là 31,07%; 132,53%; 5,41%; 4,78% và 10,17 phút. Trong khi đó, hàm lượng RS, độ hấp thụ nước, độ hao hụt khối lượng, tỷ lệ đứt và thời gian nấu chín của nui chứa 30% tinh bột phosphate lần lượt là 26,67%; 119,25%; 5,96%; 5,89% và 8,17 phút.

Việc khám phá việc sử dụng tinh bột chuối phosphate làm thành phần mì, nui có tầm quan trọng lớn để đáp ứng nhu cầu về thực phẩm có chỉ số đường huyết thấp có lợi ích cho sức khỏe, hứa hẹn sẽ đa dạng hóa thị trường thực phẩm trong tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Công trình nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài mã số: ĐTĐL.CN-115/21.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Fuentes-Saragoza E., Sánchez-Zapata E., Sendra E., Sayas E., Navarro C., Fernández-López J., Pérez-Alvarez J. A., "Resistant starch as prebiotic: A review," *Starch/Stärke*, 63, 406-415, 2011.
- [2]. Adrianna Bojarczuk, Sylwia Skąpska, Amin Mousavi Khaneghah, Krystian Marszałek, "Health benefits of resistant starch: A review of the literature," *Journal of Functional Foods*, 93, 105094, 2022.
- [3]. Magali Leonel, Marília S. Del Bem, Thaís P.R. dos Santos, Célia Maria Landi Franco, "Preparation and properties of phosphate starches from tuberous roots," *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 898-907, 2021.
- [4]. Minh-Tan Vu, Kim-An Thi Nguyen, Mai-Huong Thi Pham, Hong-Nhung Thi Le, Ngoc-Thanh Nguyen, Thanh-Tung Nguyen, Thu-Hà Thi Pham, Trung-Duc Nguyen, Ngoc-Tuan Nguyen, Phan-Hang Nguyen, "Noodle Production for Diabetics from Modified Green Banana Starch by Phosphate Cross-Linking," *Starch/Stärke*, 2400001, 2024.
- [5]. Mohammed Obadi, Bin Xu, "Review on the physicochemical properties, modifications, and applications of starches and its common modified forms used in noodle products," *Food Hydrocolloids*, 112, 106286, 2021.
- [6]. Sneha Punia Bangar, N. Afzal Ali, Aderonke Ibidunni Olagunju, Kristian Pastor, Adeleke Omodunbi Ashogbon, Kshirod K. Dash, Jose M. Lorenzo, Fatih Ozogul, "Starch-based noodles: Current technologies, properties, and challenges," *Journal of Texture Studies*, 54, 1, 21-53, 2022.
- [7]. Sun Y., Yang S., Li G., Li M., "Preparation of starch phosphate carbamides and its application for improvement of noodle quality," *Czech J. Food Sci.*, 37: 456-462, 2019.
- [8]. T. B. Tribess, J. P. Hernández-Urbe, M. G. C. Méndez-Montealvo, E. W. Menezes, L. A. Bello-Perez, C. C. Tadini, "Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions," *LWT - Food Science and Technology*, 42 (5), 1022-1025, 2009.
- [9]. A. Surendra Babu, G. N. Mohan Naik, J. James, A. Bin Aboobacker, A. Eldhose, R. Jagan Mohan, "A comparative study on dual modification of banana (*Musa paradisiaca*) starch by microwave irradiation and cross-linking," *J. Food Meas. Charact.*, 12, 2209, 2018.

- [10]. T. Y. Wu, S. J. Tsai, N. N. Sun, F. J. Dai, P. H. Yu, Y. C. Chen, C. F. Chau, "Enhanced thermal stability of green banana starch by heat-moisture treatment and its ability to reduce body fat accumulation and modulate gut microbiota," *Int. J. Biol. Macromol.*, 160, 915, 2020.
- [11]. K. N. Waliszewski, M. A. Aparicio, L. A. Bello, J. A. Monroy, "Changes of banana starch by chemical and physical modification," *Carbohydr. Polym.*, 52, 237, 2003.
- [12]. Ma. Angeles Garofalo, Pedro Villon, Fabiola Cornejo, Cristina M. Rosell, "Exploring the effects of enzymatic and thermal treatments on banana starch characteristics," *International Journal of Biological Macromolecules*, 254(1), 127748, 2024.
- [13]. K. Woo, P. Seib, "Cross-linked resistant starch: preparation and properties," *Cereal Chem.*, 79, 819-825, 2002.
- [14]. Y. Zhou, H. Cao, M. Hou, S. Nirasawa, E. Tatsumi, T.J. Foster, Y. Cheng, "Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour," *Food Res. Int.*, 51, 879-885, 2013.
- [15]. Lee Lee Yeo, Paul A. Seib, "White Pan Bread and Sugar-Snap Cookies Containing Wheat Starch Phosphate, A Cross-Linked Resistant Starch," *Cereal Chemistry*, 86, 2, 210-220, 2009.
- [16]. Seung Hyun Koo, Kwang Yeon Lee, Hyeon Gyu Lee, "Effect of cross-linking on the physicochemical and physiological properties of corn starch," *Food Hydrocolloids*, 24, 6-7, 619-625, 2010.
- [17]. D. Lin, W. Zhou, Z. Yang, Y. Zhong, B. Xing, Z. Wu, H. Chen, D. Wu, Q. Zhang, W. Qin, S. Li, "Study on physicochemical properties, digestive properties and application of acetylated starch in noodles," *Int. J. Biol. Macromol.*, 128, 948, 2019.
- [18]. T. B. Tribess, J. P. Hernández-Urbe, M. G. C. Méndez-Montealvo, E.W. Menezes, L. A. Bello-Perez, C. C. Tadini, "Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions," *LWT - Food Science and Technology*, 42, 5, 1022-1025, 2009.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Phan Hang¹, Vu Minh Tan², Nguyen Thi Kim An²,
Pham Thi Mai Huong², Pham Ngoc Anh³, Pham Thi Thu Ha³,
Nguyen Trung Duc³, Nguyen Thanh Tung^{1,3}**

¹Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

²Hanoi University of Industry, Vietnam

³Institute Of Chemistry, Vietnam Academy Of Science And Technology, Vietnam