

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ THỜI GIAN CHIÊN CHÂN KHÔNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM SNACK BÍ ĐỎ (*Cucurbita moschata* D.)

Trần Chí Nhân¹, Huỳnh Thị Hồng Sơn¹, Võ Ngọc Lễ¹, Kiều Minh Vương¹,
Nguyễn Nhật Minh Phương¹, Lê Thị Loan², Tống Thị Ánh Ngọc^{1,*}

¹ Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

² Trung tâm Kiểm nghiệm Thuốc, Mỹ phẩm, Thực phẩm tỉnh Sóc Trăng

* Email: ttangoc@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ (90 - 110°C) và thời gian (30 - 50 phút) chiên chân không đến chất lượng sản phẩm snack bí đỏ (*Cucurbita moschata* D.). Kết quả cho thấy, độ ẩm, hoạt độ nước, hàm lượng carotenoid, độ sáng (L^*) và độ đỏ (a^*) của sản phẩm giảm theo nhiệt độ và thời gian chiên, trong khi độ cứng, độ vàng (b^*) và hàm lượng dầu có xu hướng ngược lại. Sản phẩm có cấu trúc cảm quan tốt hơn khi tăng nhiệt độ và thời gian chiên nhưng màu sắc, mùi, vị được cho là bị suy giảm đáng kể. Sản phẩm snack bí đỏ được chiên ở 100°C trong 40 phút có độ ẩm $1,26 \pm 0,15\%$, hoạt độ nước $0,54 \pm 0,02$, độ cứng $15,96 \pm 0,22$ N, hàm lượng carotenoid $20,12 \pm 0,21$ mg/100 g, giá trị L^* $58,35 \pm 0,46$, a^* $14,59 \pm 0,13$, b^* $25,83 \pm 0,31$, hàm lượng dầu $34,39 \pm 1,51\%$ và các thuộc tính cảm quan phù hợp với các thông số chất lượng đối với sản phẩm chiên. Kết quả phân tích cho thấy, có sự tương quan cao giữa các chỉ tiêu: Độ ẩm, hoạt độ nước, lượng dầu thấm, cấu trúc ($p < 0,01$). Cụ thể, độ ẩm và hoạt độ nước tương quan nghịch chiều với lượng dầu thấm (hệ số tương quan tương ứng $r = -0,873$ và $-0,969$); với cấu trúc (hệ số tương quan tương ứng $r = -0,929$ và $-0,798$). Ngược lại, có sự tương quan thuận chiều giữa lượng dầu thấm và cấu trúc ($r = 0,760$).

Từ khóa: Bí đỏ, chất lượng, chiên chân không, nhiệt độ, thời gian.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chiên là phương pháp chế biến thực phẩm nhanh, lâu đời và đơn giản nhất, tạo ra các sản phẩm snack hấp dẫn người tiêu dùng nhờ các thuộc tính cảm quan đặc trưng (màu sắc, kết cấu và hương vị) [1, 2]. Nhiều nguyên liệu mới như: Táo, cà rốt, khóm, khoai lang, mít và sắn đã được sử dụng nhằm đa dạng hóa sản phẩm, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của người tiêu dùng đối với sản phẩm này [3 - 8]. Bí (*Cucurbita moschata*) - một loại rau phổ biến toàn cầu - là một nguồn dinh dưỡng dồi dào, bao gồm chất xơ (0,56 - 1,56 g/100 g), carotenoid (160 - 1.400 $\mu\text{g/g}$), vitamin A (20 mg/g), polyphenol (477 mg đương lượng axit gallic /100 g), và chất béo (0,07 - 0,16 g/100 g) [9 - 10]. Thịt bí chứa nhiều nước (79 - 93%), cứng (27 - 56 N) và màu vàng, thích hợp để chế biến thành

sản phẩm snack dinh dưỡng, đặc trưng và thời hạn sử dụng kéo dài [9 - 11].

Một số nguyên liệu có thể hấp thụ hơn 50% dầu trên tổng khối lượng khi được chiên ngập dầu ở điều kiện áp suất khí quyển [12]. Việc tiêu thụ quá nhiều dầu mỡ gây ra các bệnh lý về tim mạch, béo phì, ung thư vú, ruột kết và tuyến tiền liệt [13]. Vì vậy, khuynh hướng tiêu dùng các sản phẩm ít béo hoặc không có chất béo đã thúc đẩy nền công nghiệp snack có hàm lượng chất béo thấp hơn nhưng vẫn giữ được mùi vị và cấu trúc đặc trưng [1]. Nhiều quy trình (ép đùn, sấy hoặc nướng) đã được áp dụng để đáp ứng nhu cầu này; tuy nhiên, các sản phẩm được chế biến từ những quy trình này không có hương vị và cấu trúc đặc trưng của sản phẩm chiên ngập dầu [14]. Trong trường hợp này, chiên chân không có thể là một giải pháp thay thế khả thi cho quy trình chiên ngập dầu ở điều

kiện áp suất khí quyển [1 - 8, 14]. Quá trình truyền khối trong chiên chân không được chia thành 3 giai đoạn: Chiên, điều áp và làm nguội. Sự hấp thụ dầu được cho là diễn ra chủ yếu trong giai đoạn điều áp và làm nguội. Khi điều chỉnh áp suất từ áp suất chân không về áp suất khí quyển, không khí và dầu ngoài bề mặt di chuyển vào bên trong sản phẩm và chiếm lấy khoảng không gian trống của các lỗ rỗng được tạo ra do sự bốc hơi của nước trong quá trình chiên. Tuy nhiên, ở điều kiện áp suất thấp, khí có tốc độ khuếch tán nhanh hơn so với dầu nên cản trở sự di chuyển của dầu vào các lỗ rỗng. Hơn nữa, khi làm nguội sản phẩm về nhiệt độ phòng, một phần lượng dầu bề mặt tiếp tục xâm nhập vào không gian của các lỗ rỗng, nhưng do có ít dầu bám trên bề mặt của sản phẩm trong quá trình chiên chân không, vì vậy lượng dầu hấp thụ cũng ít [1 - 2]. Chiên chân không còn là một giải pháp công nghệ phù hợp để duy trì hàm lượng dinh dưỡng cao của bí đỏ [15]. Hàm lượng oxy và nhiệt độ chiên thấp ở điều kiện chân không giúp hạn chế các quá trình oxy hóa (oxy hóa chất béo và phản ứng hóa nâu do enzyme...) và phân hủy chất dinh dưỡng; vì vậy, màu sắc, hương vị và dinh dưỡng của nguyên liệu cũng được bảo toàn tốt hơn [5 - 8, 14].

Mặc dù, các sản phẩm snack cắt lát (< 2 mm) chiên chân không khá phổ biến [3 - 8, 15], trong khi đó các sản phẩm dạng thanh ít được chú ý. Hơn nữa, sản phẩm chiên dạng thanh có ưu thế hơn so với sản phẩm dạng cắt lát trong việc đa dạng sản phẩm do chúng có thể phối trộn với nhiều loại bột mà không làm vỡ cấu trúc của sản phẩm. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phát triển sản phẩm snack bí đỏ dựa trên việc đánh giá các đặc điểm chất lượng của sản phẩm ở các chế độ chiên chân không khác nhau.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Thiết bị và hóa chất

Hệ thống chiên chân không MC001 (Việt Nam) bao gồm: Lòng chiên (làm bằng inox, đường kính 0,2 m); buồng chiên (làm bằng inox, dung tích 8 L); bộ gia nhiệt điện trở (công suất 4,5 kW, nhiệt độ tối đa 160°C); bơm chân không và máy nén khí (Panda PA 800/12, Nhật Bản). Máy đồng

hóa Ultra-Turrax D-500/1 (Nhật Bản), máy đo hoạt độ nước AQUALAB-TDL (Mỹ), máy ly tâm DLAB DM0412 (Mỹ), máy đo cấu trúc T.A.XTplus (Anh), nồi chiên Shunji EH81 (Trung Quốc), cân phân tích Ohaus PR224 (Trung Quốc), máy đo quang phổ YOKE V1100 (Trung Quốc), máy đo màu WR-Q10 (Trung Quốc), hệ thống Soxhlet SER148/6 (Italia) và tủ sấy Memert UNB500 (Đức) được sử dụng trong nghiên cứu.

Shortening thương mại, bao gồm: Dầu stearin cọ tinh luyện, butylated hydroxyanisole và butylated hydroxytoluene, chỉ số iod ≤ 48 , được mua từ Công ty TNHH Dầu thực vật Cái Lân (Calofic), Việt Nam. Hóa chất phân tích gồm ethanol, hexane và petroleum ether (nhiệt độ sôi 60 - 90°C) (Xinglong Chemical, Trung Quốc).

2.2. Nguyên liệu

Bí đỏ hạt đậu trái dài (vỏ trái có màu vàng đến đỏ sậm với nhiều sọc có màu vàng nhạt, thân không phân thùy) được thu mua từ các đại lý phân phối tỉnh Trà Vinh. Nguyên liệu được lựa chọn phải nguyên vẹn, đồng nhất (dài 20 - 30 cm, đường kính 10 - 25 cm), không sâu, bệnh, hoặc thối rữa. Sau đó, nguyên liệu được đóng gói cẩn thận và vận chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 4 giờ để chuẩn bị snack.

2.3. Chuẩn bị snack bí đỏ

Bí đỏ được rửa sạch và loại bỏ vỏ, ruột và phần hư hỏng để thu nhận thịt quả. Sau đó, phần thịt được cắt thành các thanh kích thước 0,7 x 4,5 cm và chần với CaCl_2 0,5% ở 90°C trong 180 giây trước khi làm nguội bằng nước lạnh (0 - 5°C) trong 2 phút và để ráo nhằm giữ cấu trúc, vô hoạt polyphenol oxidase, peroxidase và duy trì màu sắc cho sản phẩm.

Thịt bí sau chần (1 kg) được chiên sơ bộ (áp suất khí quyển, 120°C, 2 phút) bằng shortening trong nồi chiên Shunji EH81 và cấp đông ở -20°C trong 24 giờ nhằm loại bỏ một phần nước và tạo tinh thể đá trong cấu trúc thịt bí, góp phần tạo cấu trúc xốp, giòn cho sản phẩm chiên chân không ở các công đoạn tiếp theo [1]. Quá trình chiên bao gồm các công đoạn: Gia nhiệt shortening đến nhiệt độ 90 - 110°C, sau đó cho bí thanh đã xử lý sơ bộ vào lòng chiên, đặt nắp hệ thống chiên chân

không, giảm áp suất (độ chân không 620 mmHg) và chiên trong 30 - 50 phút. Snack bí đỏ được ly tâm ở 2.000 vòng/phút trong 15 phút để loại bỏ dầu bề mặt và làm nguội sản phẩm. Sản phẩm được bảo quản trong bao bì MPET (Metallized Polyethylene Terephthalate) kín ở nhiệt độ phòng đến khi phân tích.

2.4. Xác định các chỉ tiêu lý hóa của snack bí đỏ

Độ ẩm được xác định theo phương pháp sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi. Hoạt độ nước được xác định bằng máy đo hoạt độ nước AQUALAB-TDL ở nhiệt độ $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Lực phá vỡ tối đa được xác định bằng máy đo cấu trúc TA.XTplus sử dụng đầu đo tròn (P/5S) và các thông số cài đặt: Tốc độ di chuyển của đầu đo trước và sau khi đo 1 và 10 mm/giây, tốc độ di chuyển của đầu đo khi đo 2 mm/giây, khoảng cách đâm xuyên 4 mm và lực kích hoạt 5 g. Màu sắc (L^* , a^* , b^*) được đo bằng máy đo màu WR-Q10. Hàm lượng carotenoid tổng số được xác định theo phương pháp quang phổ được mô tả bởi Rojas và cs (2020) [16]. Hàm lượng dầu thấm trong sản phẩm được xác định theo phương pháp chiết xuất Soxhlet được mô tả bởi Moreira và cs (1997) [17].

2.5. Đánh giá cảm quan snack bí đỏ

Snack bí đỏ được đánh giá các thuộc tính cảm quan (cấu trúc, màu sắc, mùi, vị) với trọng số như nhau bằng phương pháp cho điểm (1 - 5 điểm) dựa theo hướng dẫn của TCVN 12387:2018 [18].

2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Các kết quả được thể hiện dưới dạng trung bình của các lần lặp lại $\pm$ độ lệch chuẩn. Kết quả được thống kê, phân tích phương sai, kiểm định LSD ở mức ý nghĩa 5% bằng chương trình Statgraphics Centurion 16.1 (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, Virginia) và hệ số tương quan Spearman mô tả mối tương quan giữa các số liệu ở mức ý nghĩa 5% (và 1%) theo chương trình thống kê SPSS 20 (IMB Inc, ILL., USA).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Độ ẩm và hoạt độ nước của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không khác nhau

Độ ẩm và hoạt độ nước là hai yếu tố quan trọng quyết định khả năng bảo quản của thực

phẩm do chúng liên quan trực tiếp đến sự phát triển của vi sinh vật. Độ ẩm và giá trị AW của nguyên liệu tương ứng là $83,18 \pm 0,06\%$ và $0,93 \pm 0,01$; cho thấy đây là nguồn nguyên liệu dễ hư hỏng, tỷ lệ tổn thất sau thu hoạch cao. Do đó, chế biến thịt bí đỏ thành sản phẩm snack là một giải pháp hiệu quả nhằm tăng giá trị cảm quan và thời hạn sử dụng của bí đỏ độ ẩm và hoạt độ nước thấp ($< 10\%$ và $< 0,85$, tương ứng) [19].

Kết quả thu được ở bảng 1 cho thấy, độ ẩm và hoạt độ nước giảm khi tăng nhiệt độ và thời gian chiên. Xu hướng này, do sự tăng cường quá trình truyền nhiệt và truyền khối ở nhiệt độ cao, dẫn đến hơi nước bốc hơi nhanh chóng [20]. Quá trình tiếp xúc giữa nguyên liệu với nguồn nhiệt trong thời gian dài hơn cũng giúp loại bỏ nhiều nước hơn, dẫn đến sản phẩm có độ ẩm và hoạt độ nước thấp hơn [21]. Các kết quả tương tự cũng được ghi nhận ở một số nghiên cứu trước đây khi khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chiên đến độ ẩm và hoạt độ nước của táo, khóm, mít và bí chiên [3, 5, 7, 9]. Sự mất ẩm trong quá trình chiên được cho là tuân theo mô hình sấy cơ bản, gồm 3 giai đoạn: Gia nhiệt, đẳng tốc và giảm tốc [22]. Trong đó, giai đoạn gia nhiệt và đẳng tốc trong quá trình chiên rất khó xác định do sự bốc hơi nhanh chóng của nước ở nhiệt độ thấp [4, 23]. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ sôi của nước khoảng 59°C ở độ chân không 620 mmHg và nhiệt độ sôi của nước trong bí đỏ sẽ cao hơn một ít do sự hiện diện của các chất rắn hòa tan. Do đó, nước không liên kết trong bí đỏ sẽ nhanh chóng bốc hơi sau gia nhiệt. Trong giai đoạn giảm tốc, sự hình thành của lớp vỏ cứng đã hạn chế sự thoát ẩm của sản phẩm. Lúc này lớp vỏ cứng hoạt động như một màng bán thấm kiểm soát quá trình khuếch tán ẩm và dầu [22]. Theo tiêu chuẩn EAS 745:2010 [24] và nghiên cứu của Kaur và cs (2008) [25], giới hạn độ ẩm tối đa đối với sản phẩm khoai tây chiên là 5%. Hơn nữa, các sản phẩm đóng gói dạng snack trên thị trường có giá trị a_w trong khoảng từ 0,5 - 0,8 [19]. Theo Adams và Moss (2008) [26] giá trị a_w giới hạn ức chế sự phát triển của hầu hết các loại vi sinh vật khoảng 0,6, dưới giá trị này sự hư hỏng chủ yếu liên quan đến phản ứng enzyme và hóa học. Vì vậy, sản phẩm snack bí đỏ được chiên ở nhiệt độ

90°C trong 50 phút, hoặc 100 - 110°C trong 40 - 50 phút được cho là phù hợp để đạt yêu cầu về độ ẩm và hoạt độ nước.

Bảng 1. Độ ẩm và hoạt độ nước của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước
90	30	24,78 ± 1,72 ^a	0,87 ± 0,01 ^a
	40	19,04 ± 3,78 ^b	0,85 ± 0,01 ^b
	50	2,86 ± 0,83 ^e	0,54 ± 0,02 ^d
100	30	10,88 ± 0,6 ^c	0,78 ± 0,01 ^c
	40	1,26 ± 0,15 ^f	0,54 ± 0,02 ^d
	50	0,54 ± 1,03 ^g	0,48 ± 0,01 ^e
110	30	9,36 ± 1,43 ^d	0,47 ± 0,01 ^e
	40	0,50 ± 0,56 ^g	0,44 ± 0,01 ^f
	50	0,23 ± 0,22 ^g	0,37 ± 0,02 ^g

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

3.2. Cấu trúc của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Quá trình chiên rau quả gây ra các biến đổi đáng kể về vi cấu trúc, từ đó tạo nên thuộc tính vật lý và cảm quan cuối cùng của thành phẩm. Thuộc tính kết cấu quan trọng nhất của các sản phẩm chiên là độ giòn, biểu thị độ tươi và chất lượng của sản phẩm [1]. Độ giòn được chứng minh là tương quan thuận với lực phá vỡ tối đa (độ cứng) trong một số sản phẩm, sản phẩm cần lực phá vỡ càng lớn thì càng giòn [27, 28].

Snack bí đỏ có lực phá vỡ cao hơn được ghi nhận khi chiên ở thời gian dài hơn ($p < 0,05$). Sự gia tăng nhiệt độ làm tăng tốc độ thoát ẩm của nguyên liệu nên snack được chiên trong cùng thời gian ở nhiệt độ cao hơn có lực phá vỡ cao hơn (Bảng 1, Bảng 2). Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây của Piyalungka và cs (2019) [15], cho thấy sản phẩm bí chiên có độ cứng tăng dần theo thời gian và nhiệt độ chiên ở tất cả các mẫu (không tiền xử lý, ngâm thẩm thấu và ngâm thẩm thấu hỗ trợ sóng âm). Theo nghiên cứu Segnini và cs (1999) [27] đã cho thấy, độ giòn của khoai tây chiên cao nhất khi sản phẩm có độ ẩm 2-4%. Trong nghiên cứu này, snack bí đỏ có độ cứng

cao nhất khi sản phẩm có độ ẩm < 3%, từ 15,02 ± 0,06 N đến 19,48 ± 0,05 N và cao hơn nhiều so với của sản phẩm do Piyalungka và cs (2019) [15] thực hiện (2,22 ± 0,10 N đến 4,77 ± 0,14 N); điều này là do sản phẩm này có độ dày mỏng hơn rất nhiều (khoảng 2 mm). Mặt khác, Roos và cs (1998) [29] đã chứng minh sự mất hoặc chưa đạt độ giòn đối với thực phẩm chiên có giá trị $a_w > 0,62$.

Bảng 2. Cấu trúc của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Lực phá vỡ (N)
90	30	2,54 ± 0,05 ^h
	40	13,10 ± 0,10 ^e
	50	15,02 ± 0,06 ^d
100	30	3,28 ± 0,01 ^g
	40	15,96 ± 0,22 ^c
	50	17,42 ± 0,23 ^b
110	30	4,42 ± 0,01 ^f
	40	16,96 ± 0,13 ^b
	50	19,48 ± 0,05 ^a

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

3.3. Hàm lượng carotenoid của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Bảng 3. Hàm lượng carotenoid tổng số của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Hàm lượng carotenoid (mg/100 g)
90	30	30,55 ± 0,74 ^a
	40	29,49 ± 0,72 ^b
	50	25,15 ± 1,96 ^c
100	30	25,14 ± 0,41 ^c
	40	20,12 ± 0,21 ^c
	50	15,58 ± 1,31 ^g
110	30	22,02 ± 1,01 ^d
	40	16,89 ± 0,99 ^f
	50	15,12 ± 0,67 ^h

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

Hàm lượng carotenoid tổng số trong nguyên liệu bí đỏ nghiên cứu là $117,42 \pm 0,78$ mg/100 g, kết quả tương tự cho các giống bí khác đã công bố [12, 15, 16]. Giá trị này cao hơn trong các loại rau quả khác, chẳng hạn như mít (3,03 mg/100 g) [7] hoặc xoài (5,15 mg/100 g) [30]. Tuy nhiên, hàm lượng carotenoid chỉ còn lại khoảng 13 - 26% so với ban đầu sau khi chiên ở các điều kiện khác nhau (Bảng 3). Hiện tượng này xảy ra ở hầu hết các loại nguyên liệu có chứa carotenoid do bản chất carotenoid có tính không bão hòa cao và dễ bị phá hủy ở nhiệt độ cao trong môi trường dầu [1]. Piyalungka và cs (2019) [15] đã kết luận rằng, bí chiên có hàm lượng carotenoid giảm theo sự gia

tăng nhiệt độ và thời gian. Hàm lượng carotenoid chỉ còn lại khoảng 22% khi chiên ở áp suất 1,33 kP và nhiệt độ 110°C trong 30 phút [15]. Kết luận tương tự cũng được xác nhận trong nghiên cứu của Maity và cs (2014) [7] trên nguyên liệu mít.

3.4. Màu sắc của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không khác nhau

Sự thay đổi màu sắc của rau quả trong quá trình chiên được cho từ các phản ứng hóa nâu do enzyme và không do enzyme gây ra [1, 6]. Tuy nhiên, bí đỏ đã được tiền xử lý bằng cách chần 90°C trong 180 giây để vô hoạt polyphenol oxydase và peroxidase, do đó sự thay đổi màu sắc của snack bí đỏ chủ yếu bị chi phối bởi các phản ứng hóa nâu không do enzyme: Phản ứng Maillard, caramel hoặc oxy hóa của các hợp chất phenol. Nguyên liệu ban đầu có màu vàng sáng đặc trưng ($L^* = 60,33 \pm 1,18$, $a^* = 13,17 \pm 1,07$ và $b^* = 43,76 \pm 1,00$); tuy nhiên, màu sắc của nguyên liệu bị biến đổi đáng kể khi tiếp xúc với dầu chiên trong thời gian dài. Giá trị L^* và b^* của nguyên liệu giảm theo sự tăng nhiệt độ và thời gian chiên, trong khi giá trị a^* thể hiện xu hướng ngược lại (Bảng 4). Giá trị L^* chỉ độ sáng và giá trị a^* chỉ màu đỏ, chúng thể hiện mức độ của phản ứng hóa nâu không do enzyme của sản phẩm [1]. Sự gia tăng nhiệt độ và kéo dài thời gian tiếp xúc với dầu đã tăng cường phản ứng hóa nâu không enzyme - chủ yếu là phản ứng Maillard giữa đường khử và các axit amino - làm cho sản phẩm có màu sậm [7, 23]. Giá trị b^* dùng để chỉ màu vàng của sản phẩm và có liên hệ mật thiết đến hàm lượng carotenoid của sản phẩm [7, 15]. Carotenoid là sắc tố tạo nên màu vàng của nhiều loại rau quả [3, 4, 5, 7, 15], do đó sự phân hủy nhiệt của carotenoid trong môi trường dầu đã làm giảm giá trị b^* của snack bí đỏ (Bảng 3 và 4).

Bảng 4. Màu sắc của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	L^*	a^*	b^*
90	30	59,31 ± 0,43 ^a	11,80 ± 0,24 ^d	29,53 ± 0,39 ^a
	40	58,66 ± 0,26 ^b	13,82 ± 0,18 ^c	26,37 ± 0,13 ^c
	50	55,58 ± 0,24 ^c	14,42 ± 0,44 ^b	22,64 ± 0,25 ^e
100	30	58,54 ± 0,79 ^b	11,32 ± 0,11 ^e	28,10 ± 0,12 ^b
	40	58,35 ± 0,46 ^b	14,59 ± 0,13 ^b	25,83 ± 0,31 ^c
	50	51,48 ± 0,10 ^d	14,81 ± 0,28 ^b	21,95 ± 0,85 ^f

110	30	55,21 ± 0,07 ^c	13,59 ± 0,35 ^c	26,30 ± 0,05 ^c
	40	55,56 ± 0,03 ^c	14,63 ± 0,11 ^b	24,73 ± 0,02 ^d
	50	51,19 ± 0,10 ^d	15,38 ± 0,11 ^a	20,40 ± 0,24 ^g

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

3.5. Hàm lượng dầu của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Bảng 5. Hàm lượng dầu của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Hàm lượng dầu (%)
90	30	20,74 ± 2,65 ^g
	40	25,86 ± 1,08 ^f
	50	30,31 ± 1,44 ^e
100	30	26,32 ± 1,8 ^f
	40	34,39 ± 1,51 ^d
	50	35,22 ± 1,97 ^c
110	30	36,7 ± 1,78 ^b
	40	37,59 ± 0,94 ^a
	50	37,96 ± 0,4 ^a

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

Lượng dầu hấp thụ là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm chiên [1]. Hàm lượng dầu trong sản phẩm khoai tây cắt lát chiếm hơn 66% khối lượng khi được chiên ở áp suất khí quyển ở 165°C trong 5 phút [23]. Trong nghiên cứu này, hàm lượng dầu của snack bí đỏ thấp hơn đáng kể do áp dụng điều kiện chân không, dao động trong khoảng 20,74 ± 2,65% đến 37,96 ± 0,4%, tùy vào chế độ chiên. Kết quả cũng cho thấy, hàm lượng dầu thay đổi ngược với xu hướng được ghi nhận ở độ ẩm (Bảng 1, 5), chứng tỏ hàm lượng dầu liên quan mật thiết đến sự mất ẩm của sản phẩm [31]. Nhiệt độ tăng gây ra sự bốc hơi nhanh chóng của nước, để lại nhiều lỗ rỗng trong cấu trúc của thực phẩm, dẫn đến dầu bám vào các lỗ này nhiều hơn trong quá trình điều áp và làm nguội [23, 32]. Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận ở một số nghiên cứu trước đây [3, 5, 7, 15]. Quá trình hấp thụ dầu là một cơ chế phức tạp, chưa được hiểu rõ ràng ở điều kiện chân không [23]. Mariscal và Boucho (2008) [32] kết luận cho rằng sự hấp thụ

dầu về cơ bản là một hiện tượng liên quan đến bề mặt do sự cạnh tranh giữa sự thoát nước và hút dầu vào lớp vỏ xốp khi thực phẩm được lấy ra khỏi bể dầu và bắt đầu nguội.

3.6. Chất lượng cảm quan của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Đánh giá cảm quan cần được thực hiện để đánh giá chất lượng của sản phẩm snack từ những nguồn nguyên liệu mới nhằm đảm bảo chúng có chất lượng phù hợp [15]. Nhiệt độ và thời gian chiên chân không là hai yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm chiên chân không. Nhiệt độ quá cao hoặc thời gian chiên quá dài sẽ dẫn đến hiện tượng các bon hóa lớp vỏ bên ngoài nhưng gây ra hiện tượng chưa chín hoàn toàn phần lõi bên trong, tăng khả năng hấp thụ dầu [33], mất chất dinh dưỡng và tạo ra các hợp chất có hại [34].

Kết quả ở bảng 6 cho thấy, nhiệt độ và thời gian chiên chân không đã ảnh hưởng đáng kể đến tất cả các thuộc tính cảm quan của snack bí đỏ ($p < 0,05$). Điểm cấu trúc của sản phẩm tăng theo sự gia tăng nhiệt độ và thời gian chiên, đạt giá trị cao nhất khi sản phẩm được chiên ở 100 - 110°C trong 50 phút; trong khi điểm màu sắc, mùi, vị thể hiện xu hướng ngược lại (Bảng 6). Sản phẩm được đánh giá là giòn, xốp và không bị biến dạng do mất ẩm ở điều kiện 100 - 110°C trong 50 phút, phù hợp với giá trị lực phá vỡ được ghi nhận ở bảng 2. Tuy nhiên, sản phẩm chiên ở điều kiện này có điểm màu sắc, mùi và vị rất thấp; được mô tả là có màu nâu sậm, mùi dầu mạnh, mùi lạ do cháy, khét, không còn vị ngọt và xuất hiện vị đắng. Hơn nữa, sản phẩm được chiên ở 110°C trong 30 - 40 phút cũng có điểm số thấp (< 3) về chỉ tiêu màu sắc, mùi và vị. Sự mất màu, mùi và vị ở nhiệt độ cao cũng được ghi nhận trong phân tích cảm quan của sản phẩm snack xoài chiên chân không [29]. Do đó, chiên ở 100°C trong 50 phút và 110°C trong 30 - 50 phút được cho là không phù hợp để chế biến

sản phẩm snack bí đỏ chiên chân không trong nghiên cứu này.

Bảng 6. Các thuộc tính cảm quan của snack bí đỏ ở các chế độ chiên chân không

Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Cấu trúc	Màu sắc	Mùi	Vị
90	30	1,50 ± 0,61 ^d	4,6 ± 0,60 ^a	3,55 ± 0,51 ^b	2,65 ± 0,59 ^b
	40	2,65 ± 0,59 ^c	3,65 ± 0,49 ^b	3,00 ± 0,00 ^c	2,25 ± 0,55 ^c
	50	3,70 ± 0,47 ^b	2,45 ± 0,51 ^c	1,75 ± 0,55 ^d	2,6 ± 0,60 ^{bc}
100	30	1,75 ± 0,44 ^d	4,5 ± 0,61 ^a	3,55 ± 0,51 ^b	3,60 ± 0,60 ^a
	40	3,75 ± 0,55 ^b	4,60 ± 0,50 ^a	4,4 ± 0,50 ^a	3,70 ± 0,47 ^a
	50	4,60 ± 0,50 ^a	1,40 ± 0,50 ^d	1,70 ± 0,47 ^d	2,65 ± 0,59 ^b
110	30	1,80 ± 0,52 ^d	2,75 ± 0,44 ^c	1,65 ± 0,49 ^d	2,40 ± 0,75 ^{bc}
	40	3,70 ± 0,57 ^b	2,45 ± 0,51 ^c	1,80 ± 0,52 ^d	1,50 ± 0,61 ^d
	50	4,30 ± 0,47 ^a	1,50 ± 0,61 ^d	1,75 ± 0,44 ^d	1,10 ± 0,31 ^e

Ghi chú: Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức, $p > 0,05$.

3.7. Mối tương quan giữa độ ẩm, hoạt độ nước, lượng dầu thấm và cấu trúc

Bảng 7 cho thấy có sự tương quan cao có ý nghĩa giữa các chỉ tiêu ($p < 0,01$): Độ ẩm và hoạt độ nước tương quan nghịch chiều với lượng dầu thấm (hệ số tương quan tương ứng $r = -0,873$ và $-0,969$); với cấu trúc (hệ số tương quan tương ứng $r = -0,929$ và $-0,798$). Vì vậy, độ ẩm hay hoạt độ nước

của sản phẩm có thể được đề nghị dùng để dự đoán lượng dầu thấm. Ngoài ra, khi độ ẩm cao hoặc hoạt độ nước cao thì cấu trúc (độ giòn) sản phẩm thấp. Ngược lại, có sự tương quan thuận chiều giữa lượng dầu thấm và cấu trúc ($r = 0,760$), kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu khoai tây chiên ($r = 0,750$) của Kaur và cs (2008) [25].

Bảng 7. Hệ số tương quan giữa các chỉ tiêu

Chỉ tiêu theo dõi	Độ ẩm	Hoạt độ nước	Lượng dầu thấm	Cấu trúc
Độ ẩm	1	0,946**	-0,873**	-0,929**
Hoạt độ nước		1	-0,969**	-0,798**
Lượng dầu thấm			1	0,760**
Cấu trúc				1

Chú thích: $N = 27$ và ** kết quả biểu thị sự tương quan ở mức ý nghĩa 1%.

4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ và thời gian chiên chân không ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng sản phẩm snack bí đỏ nên cần được kiểm soát chặt chẽ để sản xuất sản phẩm đạt chất lượng tốt. Chiên bí đỏ ở điều kiện nhiệt độ cao và/hoặc thời gian kéo dài làm thất thoát đáng kể hàm lượng carotenoid, màu sắc, mùi và vị đặc trưng của sản phẩm. Giữa các chế độ chiên chân không được khảo sát, chiên bí đỏ ở độ

chân không 620 mmHg và nhiệt độ 100°C trong thời gian 40 phút được cho là phù hợp để tạo sản phẩm đạt chất lượng tốt. Mặt khác, chỉ tiêu độ ẩm và hoạt độ của nước có thể được sử dụng để dự đoán hàm lượng dầu thấm và độ cứng của sản phẩm. Các phương pháp bảo quản cần được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo để theo dõi sự thay đổi các chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm trong thời gian dài, đảm bảo sản phẩm có chất lượng ổn định.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu nhận được sự tài trợ từ Sở Khoa học, Công nghệ tỉnh Trà Vinh (MSĐT: CT.KT.05-2022).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P., and Martinez-Monzo, J. (2011). Vacuum frying: An alternative to obtain high-quality dried products. *Food Engineering Reviews*, 3, 63 - 78.
2. Mir-Bel, J., Oria, R. and Salvador, M. L. (2009). Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal of Food Engineering*, 95, 416 - 422.
3. Shyu, S. L. and Hwang, L. S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34, 133 - 142.
4. Fan, L., Zhang, M. and Mujumdar, A. S. (2005). Vacuum frying of carrot chips. *Drying Technology*, 23, 645 - 656.
5. Perez-Tinoco, M. R., Perez, A., Salgado-Cervantes, M., Reynes, M., and Vaillant, F. (2008). Effect of vacuum frying on main physicochemical and nutritional quality parameters of pineapple chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 945 - 953.
6. Esan, T. A., Sobukola, O. P., Sanni, L. A., Bakare, H. A. and Munoz, L. (2015). Process optimization by response surfacemethodology and quality attributes of vacuum fried yellow fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) chips. *Food and Bioproducts Processing*, 95, 27 - 37.
7. Maity, T., Bawa, A. S. and Raju, P. S. (2014). Effect of vacuum frying on changes in quality attributes of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) bulb slices. *International Journal of Food Science*, 1 - 8.
8. Garcia-Segovia, P., Urbano-Ramos, A. M., Fiszman, S. and Martinez-Monzo, J. (2016). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried cassava chips (*Manihot esculenta* Crantz). *LWT - Food Science and Technology*, 69 (2016), 515 - 521.
9. Carvalho, L., Smiderle, L., Carvalho, J., Cardoso, F. and Koblitiz, M. (2014). Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34, 365 - 370.
10. Jacobo-Valenzuela, N., Maróstica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. J. & Gallegos-Infante, J. A. (2011). Physicochemical, technological properties and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca: A Review. *Food Research International*, 44, 2587 - 2593.
11. Zhou, C., Mi, L., Hu, X. & Zhu, B. (2017). Evaluation of three pumpkin species: correlation with physicochemical, antioxidant properties and classification using SPME-GC-MS and E-nose methods. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 3118 - 3131.
12. Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 364 - 373.
13. Browner, W.S., Westenhause, J. and Tice, J. A. (1991). What if Americans ate a less fat? A quantitative estimate of the effect on mortality. *JAMA* 265, 3285 - 3291.
14. Dueik, V., Robert, P., and Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119, 1143 - 1149.
15. Piyalungka, P., Sadiq, M. B., Assavarachan, R. and Loc Thai Nguyen (2019). Effects of osmotic pretreatment and frying conditions on quality and storage stability of vacuum-fried pumpkin chips. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 2963 - 2972.

16. Rojas, M. L., Silveira, I. and Augusto, P. E. D. (2020). Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 20 - 30.
17. Moreira, R. G., Sun, X. and Chen, Y. (1997). Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*, 31(4), 485 - 498.
18. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 12387:2018. Phân tích cảm quan – Phương pháp luận – Hướng dẫn chung.
19. FAO and WHO (2022). *Ranking of low-moisture foods in support of microbiological risk management: Meeting report and systematic review*. Rome.
20. Diamante, L., Presswood, H., Savage, G. and Vanhanen, L. (2011). Vacuum fried gold kiwifruit: effects of frying process and pretreatment on the physico-chemical and nutritional qualities. *International Food Research Journal*, 18, 643 - 649.
21. Kawas, M. and Moreira, R. (2001). Effect of degree of starch gelatinization on quality attributes of fried tortilla chips. *Journal of Food Science*, 66, 300 - 306.
22. Toledo, R. R. (1991). *Fundamentals of food process engineering*, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., New York.
23. Garayo, J. and Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55, 181 - 191.
24. EAS 745:2010. East African Standard: Potato crisps – Specification. <https://law.resource.org/pub/eac/ibr/eas.745.2010.pdf>. Truy cập ngày 10/01/2023.
25. Kaur, A., Singh, N. & Ezekiel, R. (2008). Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: Effect of prior storage and frying temperatures. *International journal of food properties*, 11(4), 791 - 803.
26. Adams, M. R., and Moss, M. O. (2008). *Food Microbiology*. Cambridge, UK: RSC Publishing.
27. Segnini, S., Dejmek, P. and Oste, R. (1999). Reproducible texture analysis of potato chips. *Journal of Food Science*, 64, 309 - 312.
28. Pedreschi, F., Segnini, S., and Dejmek, P. (2004). Evaluation of the texture of fried potatoes. *Journal of Texture Studies*, 35, 277 - 291.
29. Roos, Y. H., Roininen, K., Juopila, K., and Tuorila, H. (1998). Glass transition and water plasticization effects on crispness of a snack food extrudate. *International Journal of Food Properties*, 1(2), 163 - 180.
30. Nunes, Y., and Moreira, R. (2009). Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. *Food Engineering and Physical Properties*, 74 (7), 355 - 362.
31. Gamble, M. H., Rice, P. and Selman, J. D. (1987). Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. record UK tubers. *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 233-241.
32. Mariscal, M., and Bouchon, P. (2008). Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry*, 107, 1561 - 1569.
33. Manjunatha, S. S., Ravi, N., Negi, P. S., Raju, P. S. and Bawa, A. S. (2014). Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of Gethi (*Dioscorea kamoonsensis Kunth*) strips. *Journal of Food Science and Technology*, 3061 - 3071.
34. Dobarganes, C., and Marquez-Ruiz, G. (2015). Possible adverse effects of frying with vegetable oils. *British Journal of Nutrition*, 2, 49 - 57.

EFFECTS OF VACUUM FRYING TEMPERATURE AND TIME
ON THE QUALITY OF PUMPKIN (*Cucurbita moschata* D.) SNACKS

Tran Chi Nhan¹, Huynh Thi Hong Son¹, Vo Ngoc Le¹, Kieu Minh Vuong¹,
Nguyen Nhat Minh Phuong¹, Le Thi Loan², Tong Thi Anh Ngoc¹

¹ Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

² Center for testing drugs, cosmetics and food in Soc Trang province

Summary

The study was conducted to determine effects of vacuum frying temperature (90 - 110°C) and time (30 - 50 minutes) on quality attributes of pumpkin (*Cucurbita moschata* D.) snack products. The results revealed that the moisture content, water activity, carotenoid content, lightness (L*), and redness (a*) of products increased with the increasing frying temperature and time. In contrast, the hardness, yellowness (b*) and oil content demonstrated the opposite phenomenon. Products had better sensory texture when increasing the frying temperature and time; however, the color, odor and flavor were significantly reduced. Pumpkin snacks fried at 100°C for 40 minutes had moisture content ($1.26 \pm 0.15\%$), water activity (0.54 ± 0.02), hardness (15.96 ± 0.22 N), carotenoid content (20.12 ± 0.21 mg/100 g), L* (58.35 ± 0.46), a* (14.59 ± 0.13), b* (25.83 ± 0.31), oil content ($34.39 \pm 1.51\%$) and sensory attributes that met the quality parameters for fried products. There was a significant correlation between the criteria: moisture, water activity, amount of oil uptake and fracture force ($p < 0.01$). The moisture content and water activity correlate negatively with oil uptake ($r = -0.873$ and -0.969 , respectively) and fracture force ($r = -0.929$ and -0.798 , respectively). On the contrary, there was a positive correlation between the oil uptake and the fracture force ($r = 0.760$).

Keywords: Pumpkin, quality, vacuum frying, temperature, time.

Ngày nhận bài: 16/01/2024

Ngày chuyển phản biện: 16/02/2024

Ngày thông qua phản biện: 7/3/2024

Ngày duyệt đăng: 12/3/2024