

Ứng dụng công nghệ chiên chân không trong sản xuất các sản phẩm snack

Application of vacuum frying technology in producing snacks

Phan Thị Việt Hà^a, Nguyễn Thị Hồng Tình^a, Nguyễn Thị Xuân Diệu^a, Hoàng Hiền Ý^{a,b},
Lê Văn Thuận^{a,b,*}

Phan Thi Viet Ha^a, Nguyen Thi Hong Tinh^a, Nguyen Thi Xuan Dieu^a, Hoang Hien Y^{a,b},
Le Van Thuan^{a,b,*}

^aKhoa Môi trường và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aFaculty of Environment and Natural Science, Duy Tan University, Danang, 550000, Vietnam

^bViện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bInstitute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam

(Ngày nhận bài: 01/03/2023, ngày phản biện xong: 15/3/2023, ngày chấp nhận đăng: 22/3/2023)

Tóm tắt

Chiên chân không là quá trình chiên sản phẩm được thực hiện ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp. Công nghệ này đang được ứng dụng phổ biến trong quá trình chế biến các sản phẩm snack bởi nó có nhiều ưu điểm so với phương pháp chiên truyền thống. Quá trình chiên giúp giữ được cấu trúc, màu sắc tự nhiên, giá trị dinh dưỡng của sản phẩm và ít tạo những sản phẩm phụ không mong muốn. Do đó, chiên chân không là một trong những phương pháp giúp tạo ra snack tốt cho sức khỏe con người hiện nay. Bài báo này tổng hợp một số công trình nghiên cứu khoa học tiêu biểu gần đây nghiên cứu về chiên chân không trong sản xuất các mặt hàng như trái cây và rau quả, từ đó cung cấp một cái nhìn sâu hơn về những thay đổi vật lý và hóa học xảy ra trong quá trình này. Trong đó, điều kiện tiền xử lý, nhiệt độ và thời gian chiên là những nhân tố ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng sản phẩm snack thu được sau quá trình chiên chân không. Với những lợi ích mang lại, chiên chân không sẽ dần thay thế cho công nghệ chiên truyền thống để tạo ra các sản phẩm snack có chất lượng cao từ trái cây và rau quả trong tương lai.

Từ khóa: Chiên chân không; snacks; rau quả; yếu tố tác động.

Abstract

Vacuum frying is a relatively new technology that uses lower pressure and temperature compared to atmospheric deep-fat frying to enhance the quality attributes of food products. Due to its many advantages over traditional frying methods, vacuum frying technology is being widely applied in snack food processing. The vacuum frying process helps maintain the product's structure, natural color, and nutritional value while producing fewer unwanted by-products. Therefore, it is one of the methods used to create healthy snacks for people today. This article summarizes some recent representative research on vacuum-fried products, such as fruits and vegetables, providing insight into the physical and chemical changes that occur during this process. Among the factors that clearly affect the quality of snacks obtained after vacuum frying are pre-treatment conditions, temperature, and frying time. With its benefits to human health, vacuum frying will gradually replace traditional frying technology to create high-quality snack products from fruits and vegetables in the near future.

Keywords: Vacuum frying technology; snacks; vegetables; affecting factor.

*Tác giả liên hệ: Lê Văn Thuận, Khoa Môi trường và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam; Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

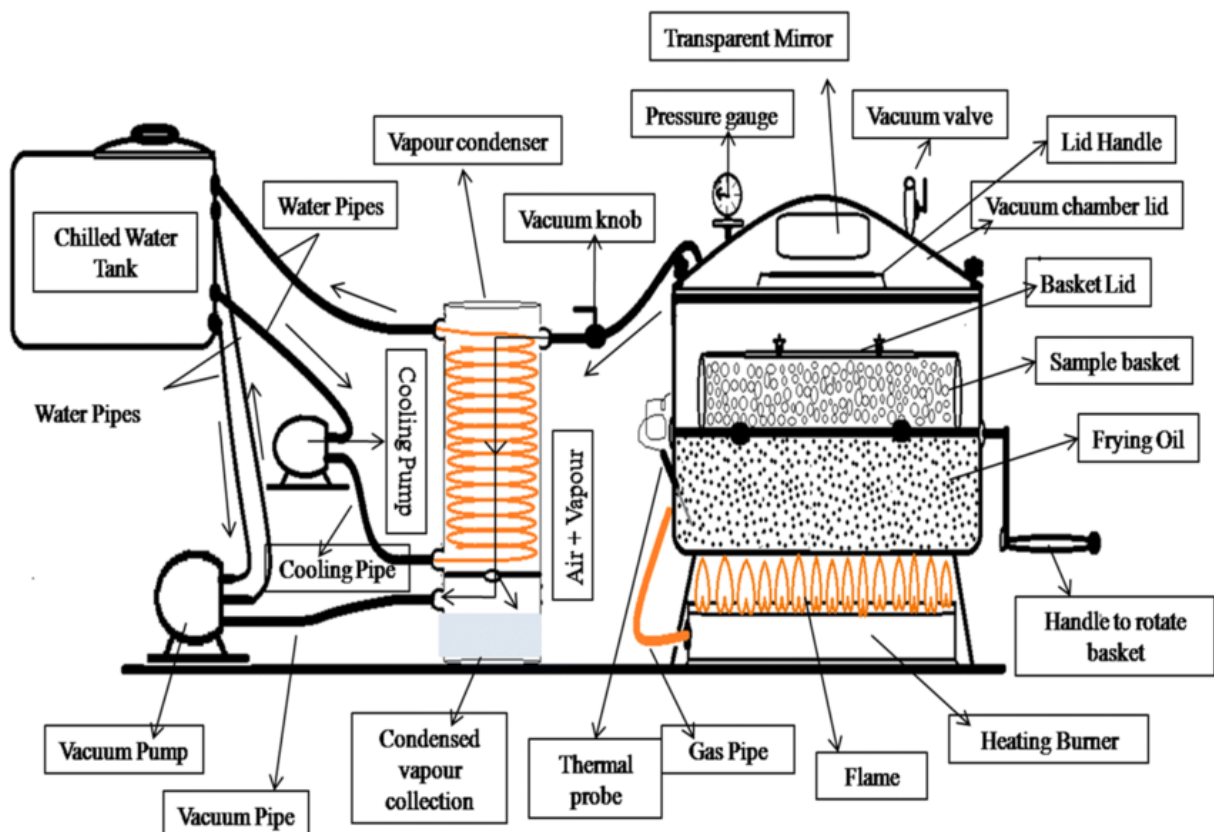
Email: levantuan3@duytan.edu.vn

1. Giới thiệu

Có thể nói, chiên chân không tương tự như công nghệ chiên thông thường, nhưng được thực hiện ở áp suất thấp dưới 50Torr (6,65kPa). Quá trình chiên chân không được thực hiện trong một hệ thống kín, trong đó áp suất của quá trình thấp hơn áp suất khí quyển, nên làm giảm đáng kể nhiệt độ sôi của dầu, dẫn đến nhiệt độ chiên giảm. Nhiệt độ chiên thấp và được thực hiện trong môi trường hạn chế tiếp xúc với oxy sẽ giúp ổn định chất lượng của dầu chiên và giảm tỉ lệ phát sinh những hợp chất độc hại. Bên cạnh đó còn bảo vệ được màu sắc tự nhiên và các chất dinh dưỡng có trong thực phẩm.

So với phương pháp chiên truyền thống thì phương pháp chiên chân không có nhiều ưu điểm hơn: có thể làm giảm hàm lượng dầu trong sản phẩm, giữ được màu sắc và hương vị tự nhiên của sản phẩm do nhiệt độ thấp, ít ảnh hưởng đến chất lượng dầu [1]. Vì thực hiện ở nhiệt độ thấp nên công nghệ chiên chân không

trong dầu giảm đến 94% lượng acrylamide hình thành trong khoai tây chiên. Acramide là chất gây ung thư được tạo thành từ thực phẩm giàu carbohydrate và protein khi chế biến ở nhiệt độ cao. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng acrylamide có thể được tìm thấy trong các sản phẩm snack, được tạo thành trong phản ứng Maillard [2]. Lượng dầu trong các sản phẩm chiên chân không có thể giảm tới 30% so với sản phẩm chiên thông thường. Do nhiệt độ chiên thấp nên cấu trúc, màu sắc, các đặc tính dinh dưỡng và cảm quan của sản phẩm chiên chân không luôn tốt hơn sản phẩm thu được bằng công nghệ chiên truyền thống. Do đó, phương pháp chiên chân không hứa hẹn sẽ thay thế cho phương pháp chiên truyền thống để tạo ra những sản phẩm snack từ trái cây và rau củ quả chứa hàm lượng dầu ít, giữ được giá trị dinh dưỡng cao và tốt cho sức khỏe của người tiêu dùng. Ví dụ về hệ thống chiên chân không cho sản xuất công nghiệp được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống chiên chân không cho sản xuất công nghiệp [3]

Mặc dù chiên chân không đã được ứng dụng rộng rãi để sản xuất những sản phẩm có giá trị dinh dưỡng cao như: đậu, bông cải xanh, cà rốt, dưa, xoài, táo, dâu tây, v.v... [2], tuy nhiên những yếu tố quyết định đến chất lượng của sản phẩm trong quá trình chiên chân không còn chưa được tìm hiểu rõ ràng.

Bài báo này sẽ tổng hợp và đưa ra những phân tích, đánh giá khái quát về một số yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm snack của công nghệ chiên chân không.

2. Quá trình chiên chân không

Phương pháp chiên chân không hoạt động dựa trên nguyên tắc: giảm áp suất xuống dưới áp suất khí quyển, đồng thời điểm sôi của nước sẽ giảm xuống dưới 100°C . Nguyên liệu được nhúng vào dầu chiên trong buồng kín ở áp suất âm liên tục, nhiệt độ sôi của dầu được điều chỉnh ở mức thấp vào khoảng $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Trong quá trình chiên, độ ẩm của nguyên liệu sẽ bay hơi liên tục và được ngưng tụ vào lại nồi chiên. Do đó, sẽ hạn chế tối đa sự biến đổi về màu sắc và hàm lượng dinh dưỡng của thành phẩm. Sản phẩm sau chiên sẽ trải qua quá trình ly tâm để tách dầu giúp kéo dài thời gian bảo quản.

Quá trình chiên chân không rau quả có thể thực hiện theo các bước cơ bản như sau:

Trái cây → Gọt vỏ, cắt lát → Tiền xử lý → Chiên chân không → Ly tâm tách dầu → Đóng gói → Sản phẩm. Mỗi công đoạn xử lý đều có ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm thu được.

Chiên chân không thường sử dụng nguyên liệu là trái cây tươi, rau củ, nấm. Tiền xử lý trước khi đem đi chiên có thể cải thiện hơn chất lượng của thành phẩm chiên, chẳng hạn như độ ẩm, hàm lượng dầu, vẻ bề ngoài, cấu trúc, mùi vị và lưu giữ các chất dinh dưỡng, đặc biệt là chất phytochemical [4].

Việc cắt lát trái cây không những ảnh hưởng lớn đến đặc tính của sản phẩm mà còn quy định

quy trình thực hiện. Thông thường, trái cây được cắt thành các miếng mỏng từ 1,5-7,5mm thì cần thời gian chiên tương đối ngắn. Trái cây có lát dày hơn thì cần thời gian chiên lâu hơn để giảm ẩm, đạt được được độ giòn mong muốn.

Tiền xử lý là khâu quan trọng trước khi chiên chân không nhằm mục đích tạo ra sản phẩm có hàm lượng chất béo thấp, giữ được cấu trúc, mùi vị và các hoạt chất sinh học, kéo dài thời gian bảo quản. Có nhiều phương pháp tiền xử lý để làm giảm hàm lượng chất béo trong sản phẩm như: chần, ngâm thẩm thấu, sấy, cấp đông [5]. Tùy theo loại trái cây hay chủng loại rau củ mà áp dụng các phương pháp tiền xử lý khác nhau.

Chần bằng nước nóng hoặc hơi nước giúp bất hoạt enzyme oxy hóa trong nguyên liệu, ổn định màu sắc. Trái cây bị hóa nâu là do phản ứng oxy hóa polyphenol trong quả được xúc tác bởi polyphenol oxidase [PPO]. Theo Fitriyono và các cộng sự, quá trình chần giúp giảm đáng kể lượng enzyme hóa nâu trong sản phẩm táo chiên chân không [4].

Ngâm thẩm thấu cũng là phương pháp hữu hiệu để giảm hàm lượng nước trong nguyên liệu ban đầu. Các dung dịch sucrose, maltodextrin và dung dịch NaCl thường được sử dụng để ngâm rau quả ở các nồng độ khác nhau. Nghiên cứu của Patchimaporn Udomkun và cộng sự cho thấy rằng, chuối ngâm thẩm thấu trong dung dịch đường sucrose ở 40°Bx cho sản phẩm chiên có lượng dầu thấp nhất, giữ được màu sắc, độ giòn và hương vị đặc trưng [6]. Để tạo ra sản phẩm snack xoài có chất lượng tốt, giữ được cấu trúc mùi vị và tính chất đặc trưng, xoài được tiền xử lý bằng cách ngâm thẩm thấu trong dung dịch maltodextrin 65% trong 60 phút [7]. Marzuki và cộng sự đã thực hiện so sánh sự ảnh hưởng của dung dịch NaCl 1% và dung dịch vôi sống đến đặc tính của snack dưa. Dưa sau khi được cắt lát sẽ được

ngâm trong dung dịch tiền xử lý trong 30 phút, và được cấp đông ở -18°C trong 24h. Kết quả cho thấy tiền xử lý dưa ảnh hưởng không đáng kể đến đặc tính cảm quan của snack dưa, dưa ngâm trong dung dịch NaCl 1% có điểm cảm quan cao hơn so với dưa ngâm trong dung dịch vô sinh [8].

Cấp đông cũng là bước tiền xử lý trong sản xuất snack chiên chân không. Shyu và Hwang nhận thấy rằng, cấp đông ở -30°C qua đêm, tạo sản phẩm táo sau chiên chân không có cấu trúc xốp hơn. Trên thực tế, do nhiệt lượng được truyền nhanh đến mô, các tinh thể đá ở trong tế bào bị thăng hoa ở điều kiện chân không làm giảm độ ẩm của nguyên liệu [4]. I.Albertos và cộng sự trong nghiên cứu của mình cho thấy carot được cấp đông -20°C , trong 24h trước khi chiên chân không, có độ ẩm thấp hơn so với mẫu không cấp đông, ngoài ra còn giữ được các hoạt chất polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa trong sản phẩm snack carot này cao hơn những sản phẩm khác [9]. A. K. Pandey và cộng sự đã áp dụng ba phương pháp tiền xử lý như sấy, cấp đông, sấy kết hợp cấp đông để xử lý đu đủ trước chiên chân không. Kết quả cho thấy cấp đông là phương pháp hữu hiệu giữ được hàm lượng các chất flavonoids, carotenoids hoạt tính oxy hóa tốt hơn [10]. Trong một nghiên cứu tương tự, Chauhan, O. P đã cấp đông quả dâu tây ở 18°C trong 24h trước khi thực hiện chiên chân không, tạo ra sản phẩm snack có hàm lượng phenolics, flavonoids và anthocyanin cao [11]. Bên cạnh đó, tốc độ cấp đông có thể ảnh hưởng đến trái cây chiên chân không. Cấp đông chậm sẽ tạo ra tinh thể đá kích thước lớn, làm hỏng tế bào. Từ đó có thể làm tăng sự xâm nhập của dầu vào trong sản phẩm, vì dầu có thể thâm nhập vào tế bào bị hư hại trong quá trình chiên. Vì vậy, cấp

đông nhanh là phương pháp ưu tiên để giảm thiểu sự hấp thụ dầu [12]. Aiqing Ren cũng đã nghiên cứu kết hợp nhiều phương pháp tiền xử lý nấm đông cô trước chiên chân không. Kết quả cho thấy áp dụng theo trình tự như chân trong nước 95°C trong 3 phút, ngâm thấm thấu trong dung dịch maltodextrin 50% ở 25°C trong 60 phút, sau đó nhúng ngập trong dung dịch sodium carboxymethyl cellulose 0,5% ở 25°C trong 15 phút, sẽ mang đến sản phẩm sau chiên chân không với đánh giá cảm quan cao nhất, giữ được hàm lượng polyphenol cao, hoạt độ nước thấp giúp kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm [13].

3. Thông số của quá trình chiên chân không

Quá trình chiên chân không được đặc trưng bởi các thông số chính là nhiệt độ, thời gian và áp suất chân không. Với mỗi loại trái cây có đặc tính khác nhau cần được chiên ở các điều kiện nhiệt độ, thời gian và áp suất khác nhau để đạt được chất lượng tốt. Nhiệt độ chiên chân không cho trái cây, rau củ, nấm dao động trong khoảng rộng từ 72 đến 136°C , cũng như thời gian chiên (từ 0,5 đến 90 phút) trong điều kiện chân không với áp suất từ 1,3 đến 98,7kPa.

Các thông số nhiệt độ, thời gian chiên và áp suất chiên tối ưu của một số loại trái cây, rau củ được mô tả ở Bảng 1. Nhìn chung, nhiệt độ chiên càng cao thì thời gian chiên càng ngắn. Sản phẩm ổi chiên chân không ở 85°C trong 55 phút, trong khi đó chuối cắt lát chiên ở 183°C trong 3 phút hay 133°C trong 6 phút [14,15,16]. Điều kiện chiên chân không còn phụ thuộc nhiều vào cấu trúc, độ ẩm, hàm lượng đường của nguyên liệu và điều kiện tiền xử lý trước khi chiên. Kích thước của nguyên liệu chiên khác nhau thì điều kiện nhiệt độ và thời gian chiên cũng khác nhau.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của một số sản phẩm chiên chân không

Sản phẩm	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)	Áp suất	Tham khảo
Dứa	95	15	60mmHg	[17]
Xoài	100	20	-	[18]
Ôi	85	55	9kPa	[14]
Mít	90	20	400mm Hg	[19]
Chuối	183	3	-	[15]
Chuối	133	6	9,91cmHg	[16]
Đu đủ	120	13,1	25kPa	[26]
Cà rốt	100 - 105	16 – 20	98,66kPa	[20]
Bí đỏ	84,53	18	40mbar	[21]
Khoai tây	124,4	8,36	-	[22]
Cà tím	130	3,5	-	[23]
Kiwi vàng	80	50	-	[24]
Dâu tây	90	35	13,33kPa	[11]
Nấm bào ngư xám	85	35	700mmHg	[25]
Nấm đông cô	90	25	0,095MPa	[13]

Điều kiện chiên chân không cũng làm giảm ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc, màu sắc và hàm lượng chất dinh dưỡng trong sản phẩm. Đối với sản phẩm ôi chiên chân không, hàm lượng polyphenol trong sản phẩm chỉ giảm 43% với hàm lượng ban đầu khi chiên ở 85°C. Con số này đạt mức giảm đến 85% khi chiên ở 110°C. Hàm lượng vitamin C (một chất dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao) trong sản phẩm chiên cũng giảm nhiều, đối với ôi giảm 33%, xoài giảm khoảng 40%, kiwi là 51,7% [14, 15, 24].

Màu sắc là chỉ tiêu cảm quan quan trọng của sản phẩm chiên bởi nó được đánh giá bởi người tiêu dùng khi mua sản phẩm. Ngoài ra, màu sắc của trái cây cũng chịu ảnh hưởng bởi thời gian, nhiệt độ chiên chân không. Điều kiện chiên thích hợp sẽ tạo ra những sản phẩm snack có màu sắc được người tiêu dùng ưa thích. Nếu nhiệt độ chiên cao quá sẽ tạo thành phẩm bị sẫm màu do phản ứng giữa đường khử và acid amin. Vì vậy, xoài được chiên ở 100°C trong 22 phút sẽ cho ra snack với màu sắc đẹp, đạt chất lượng tốt, phù hợp với người tiêu dùng [18]. Nếu thời gian chiên quá dài có thể làm giảm chất lượng về màu sắc của snack carot. Carot

cắt lát chiên chân không ở 100°C trong 20 phút có thể làm giảm hàm lượng α -carotene, β -carotene tương ứng khoảng 18% và 9%. Điều này dễ thấy rằng hợp chất carotene dễ hòa tan trong dầu trong suốt quá trình chiên [20]. Quá trình chiên chân không đu đủ ở điều kiện tối ưu 120°C trong 13,1 phút làm giảm 40% lượng β -carotene và 60% β -cryptoxanthin, trong khi đó hàm lượng lycopene tăng gấp 1,5 lần. Tổng hàm lượng carotenoid có trong snack đu đủ là 381mg/kg [26].

Ly tâm tách dầu là công đoạn cần thiết quan trọng sau quá trình chiên chân không. Mục đích thực hiện ly tâm nhằm tách tối đa lượng dầu có trong sản phẩm snack, giúp kéo dài thời gian bảo quản. Nghiên cứu của Chauhan đã cho thấy rằng dâu tây sau chiên được ly tâm 750 vòng/phút trong 5 phút có thời hạn sử dụng 3 tháng ở điều kiện thường [11].

Thực phẩm chiên chân không cần được đóng gói đúng cách để giữ được chất lượng của chúng, đặc biệt là cấu trúc sản phẩm. Các sản phẩm này cũng dễ bị ôi thiu vì chứa nhiều dầu. Hiện nay rất ít công trình nghiên cứu về điều kiện bao gói sản phẩm snack. Dứa sau chiên

chân không được đóng gói trong các túi polyetylen kim loại được bơm 100% nitơ, ở 30°C có thể bảo quản được 30 tuần [17]. Hiện nay, các sản phẩm chiên chân không có thể được đóng gói trong các túi polyethylene (PET) có lớp màng Al, hoặc mạ Al hoặc phức hợp màng PET/Al/PE làm tăng độ bền cơ lý, tăng khả năng chống ẩm, chống thấm thấu khí, chống thấm dầu. Yếu tố quan trọng quyết định thời hạn sử dụng các sản phẩm chiên chân không là độ giòn và độ ôi thiu. Bơm khí nitơ vào bao bì là một phương pháp đã được ứng dụng để làm tăng thời hạn sử dụng của các sản phẩm ở điều kiện môi trường xung quanh.

4. Một số nhược điểm của kỹ thuật chiên chân không

Mặc dù kỹ thuật chiên chân không có nhiều lợi ích như giảm thời gian chiên, giữ nguyên độ tươi của thực phẩm và giảm mức độ hấp thụ dầu, nhưng cũng có một số nhược điểm như sau: (i) chi phí cao: máy chiên chân không có giá thành đắt hơn so với các loại máy chiên khác, do đó chi phí đầu tư ban đầu để sử dụng công nghệ chiên chân không có thể rất cao; (ii) cần sử dụng túi chân không: kỹ thuật chiên chân không yêu cầu sử dụng túi chân không để ngăn không khí và độ ẩm, điều này có thể làm tăng chi phí thêm nữa; (iii) chiên một lượng nhỏ thực phẩm: các máy chiên chân không thường có kích thước nhỏ, giới hạn lượng thực phẩm có thể chiên mỗi lần, điều này có thể làm giảm năng suất và tăng thời gian hoàn thành công việc; (iv) không thể chiên mọi loại thực phẩm: kỹ thuật chiên chân không không thể được sử dụng để chiên một số loại thực phẩm như trái cây kích thước lớn, các loại thực phẩm có độ ẩm cao; (v) có thể gây tổn hại cho sức khỏe: một số túi chân không có chứa bisphenol A (BPA) và các hóa chất khác có thể có hại cho sức khỏe khi được sử dụng trong quá trình chiên.

5. Kết luận

Công nghệ chiên chân không là một công nghệ hiện đại đã được ứng dụng để tạo ra các loại trái cây, rau củ với chất lượng cao, giữ được cấu trúc, màu sắc ban đầu và giá trị dinh dưỡng đặc trưng của nó. Chất lượng của sản phẩm chiên chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như cấu trúc của nguyên liệu ban đầu, quá trình tiền xử lý, nhiệt độ, thời gian chiên. Việc tối ưu hóa điều kiện chiên có thể xác định được các thông số kỹ thuật phù hợp cho từng loại snack khác nhau. Một ưu điểm khác của kỹ thuật chiên chân không là nó giúp tiết kiệm năng lượng và làm giảm thiểu tác động đến môi trường. Với phương pháp này, không cần sử dụng dầu và không sinh ra khói thải độc hại, giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tiết kiệm năng lượng trong quá trình sản xuất. Do đó, ứng dụng kỹ thuật chiên chân không không chỉ mang lại những lợi ích cho sức khỏe mà còn có lợi cho môi trường và tiết kiệm năng lượng. Chiên chân không hứa hẹn thay thế cho phương pháp chiên thông thường để tạo ra những sản phẩm snack có lợi cho sức khỏe người tiêu dùng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Shah, A., Patel, D., Rathod, J., Joshi, R., & Rama, B. (2020). Effect of temperature, pressure and frying time in vacuum frying: a review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 07(04). ISSN: 2395-0056.
- [2] Wang, Y., Li, X., Li, M., Zhang, Y., Hu, Y., & Zeng, X. (2021). Effect of new frying technology on starchy food quality. *Foods*, 10(8), 1852. <https://doi.org/10.3390/foods10081852>
- [3] Pandey, A.K., Ravi, N. & Chauhan, O.P. (2020). Quality attributes of vacuum fried fruits and vegetables: a review. *Food Measure* 14, 1543–1556. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00403-6>
- [4] Ayustaningwarno, F., Dekker, M., Fogliano, V., & Verkerk, R. (2018). Effect of vacuum frying on quality attributes of fruits. *Food Engineering Reviews*, 10, 154-164. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9178-x>
- [5] Chakravarthi, P., Subramanian, R., Aravind, S., & Palaniappan, S. (2019). A review paper on vacuum frying system. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 9(3).

- [6] Udomkun, P., & Innawong, B. (2018). Effect of pre-treatment processes on physicochemical aspects of vacuum-fried banana chips. *J Food Process Preservation*, 42(4), 13583.
- [7] Nunes, Y., & Moreira, R. G. (2009). Effect of osmotic dehydration and vacuum-frying parameters to produce high-quality mango chips. *Journal of Food Science*, 74(7), E355-E362.
- [8] Marzuki, S. U., Maskat, M. Y., Che Man, Y. B., Serat, W. F., Yusof, Y. A., & Ariffin, A. (2021). Effect of salt immersion, slaked lime immersion, and freezing on proximate and sensory of pineapple chip processed with vacuum frying. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 807(2), 022049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022049>
- [9] Albertos, I., Salvador, A., Sanjuán, N., & Fiszman, S. M. (2016). Effect of high pressure processing or freezing technologies as pretreatment in vacuum fried carrot snacks. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 115-122.
- [10] Pandey, A. K., Yadav, A. R., Chauhan, G. S., & Singh, S. K. (2020). Use of partial drying and freezing pre-treatments for development of vacuum fried papaya (*Carica papaya* L.) chips. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2379-2388.
- [11] Chauhan, O. P., Singh, B., & Singh, R. (2019). Use of vacuum frying technology for the development of strawberry chips. *International Journal of Tropical Agriculture*, 37(2), 147-156.
- [12] Charoenrein, S., & Owcharoen, K. (2016). Effect of freezing rates and freeze-thaw cycles on the texture, microstructure and pectic substances of mango. *International Food Research Journal*, 23(2), 613-620.
- [13] Ren, A., Pan, S., Li, W., Chen, G., & Duan, X. (n.d.). Effect of various pretreatments on quality attributes of vacuum-fried shiitake mushroom chips. *Journal of Food Quality*, Volume, Article ID 4510126, 7 pages.
- [14] Zambre, S., & Bhotmange, M. G. (2019). Development and Characterization of Novel Guava Chips Using Vacuum Frying Technique. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 9(1), 17-26.
- [15] Adeyanju, J. A., Olajide, J. O., & Adedeji, A. A. (2016). Optimisation of deep-fat frying of plantain chips (Ipekere) using response surface methodology. *Journal of Food Process Technology*, 7:5.
- [16] Akinpelu, O. R., Alamu, E. O., Adeyemi, I. A., Oladipo, O. O., & Fagbemi, T. N. (2014). Optimization of processing conditions for vacuum frying of high-quality fried plantain chips using response surface methodology (RSM). *Food Science and Biotechnology*, 23, 1121-1128.
- [17] Wanakamol, W., & Poonlarp, C. (2018). Effects of frying temperature, frying time, and cycles on physicochemical properties of vacuum-fried pineapple chips and shelf-life prediction. *International Food Research Journal*, 25(6), 2681-2688.
- [18] Ayustaningwarno, F., Hidayat, C., Cahyo, B., & Nugraha, A. (2020). Nutritional and physicochemical quality of vacuum-fried mango chips is affected by ripening stage, frying temperature, and time. *Frontiers in Nutrition*, 7, 17.
- [19] Nagarathna, S. B., Palanimuthu, V., Basavaraj, S. G., Gadigepagol, B., & Munishamanna, K. B. (2019). Effect of vacuum frying process on some physicochemical properties of jackfruit chips. *International Journal of Chemical Studies*, 7(5), 384-390.
- [20] Shyu, S.-L., & Hwang, L. S. (2011). Process optimization of vacuum-fried carrot chips using central composite rotatable design. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(3), 324-330.
- [21] Mehrjardi, P. Y., Tarzi, B. G., & Bassiri, A. (2012). Developing vacuum-fried pumpkin (*Cucurbita Moschata* Dutch) snack. *World Applied Sciences Journal*, 18(2), 214-220.
- [22] Devseren, E., Okut, D., Koç, M., Ocak, Ö. Ö., Karataş, H., & Kaymak-Ertekin, F. (2021). Effect of vacuum frying conditions on quality of French fries and frying oil. *Acta Chim. Slov.*, 68, 25-36.
- [23] Torres, J. D. (2017). Optimization of vacuum frying conditions of eggplant (*Solanum melongena* L.) slices by response surface methodology. *Interciencia*, 42(10), 683-691.
- [24] Diamante, L.M., Presswood, H.A., Savage, G.P. 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, pp. 632-638.
- [25] Hilapad, M.R., Esguerra, E.B. and Castillo-Israel, K.A.T. (2020). Optimization of processing parameters for vacuum fried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin) P. kummer). *Food Research*, 4(4), pp. 1371-1382.
- [26] Soto, M., Carrasco, D., Torres, J., & Pedreschi, F. (2021). Selection of optimal ripening stage of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and vacuum frying conditions for chips making. *CYTA - Journal of Food*, 19(1), pp. 273-286.