NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN CHẤT LƯỢNG CỦA SỮA HẠT KÊ

Trần Ý Đoan Trang[1,*], Nguyễn Thị Linh[2], Hà Thị Dung[2]

[1]*Viện Công nghệ - HaUI, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*

[2]*Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*

**Email: tydtrang@gmail.com; tydtrang@haui.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng sản phẩm sữa hạt kê. Các yếu tố được xem xét bao gồm thời gian ngâm hạt (2-8 giờ), tỷ lệ hạt/nước (1/5-1/25 g/ml), thời gian xay hạt (10-30 phút), nhiệt độ gia nhiệt (65- 90°C), thời gian gia nhiệt (5-25 phút), nhiệt độ thanh trùng ở 85°C trong thời gian 10 phút và tỷ lệ siro đường bổ sung (2,5-10,0%). Chất lượng sản phẩm được đánh giá thông qua các chỉ tiêu về hàm lượng chất rắn hòa tan, hàm lượng chất khô, độ đồng nhất, màu sắc và cảm quan. Kết quả cho thấy các thông số công nghệ thích hợp bao gồm thời gian ngâm 4 giờ, tỷ lệ hạt/nước 1/15 g/ml, thời gian xay 15 phút, gia nhiệt ở 85ºC trong 15 phút và bổ sung siro đường 7,5%, thanh trùng ở 85ºC-10 phút. Sữa hạt kê được sản xuất trong điều kiện tốt nhất có hàm lượng chất dinh dưỡng tương đương các loại sữa hạt khác trên thị trường và đảm bảo đáp ứng chỉ tiêu vi sinh. Kết quả nghiên cứu này sẽ là tiền đề quan trọng cho việc sản xuất sữa hạt kê quy mô công nghiệp, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và đa dạng hóa sản phẩm đồ uống từ các loại hạt.

Từ khóa: *Hạt kê, sữa hạt, độ ổn định, cảm quan, đồ uống.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các bệnh liên quan đến tim mạch, tiểu đường, béo phì, dị ứng sữa do không dung nạp lactose và tình trạng cholesterol cao đang ngày gia tăng mạnh. Liên quan đến điều này một phần là do việc tiêu thụ các sản phẩm có nguồn gốc động vật [1, 2]. Do đó, xu hướng hiện nay người tiêu dùng chuyển đổi dần sang sử dụng các loại thực phẩm từ thực vật hoặc các sản phẩm thay thế sữa động vật như sữa hạt ngày càng nhiều. Các loại hạt và ngũ cốc là nguồn cung cấp giàu axit béo không bão hòa đơn và không bão hòa đa, protein thực vật, chất xơ, phytosterol, polyphenol, vitamin và khoáng chất, khiến chúng trở thành nguyên liệu tiềm năng để sản xuất sữa thực vật. Theo Asioli và cs (2017) [3], sữa từ các loại hạt có thể đáp ứng các yêu cầu về dinh dưỡng và cảm quan tương đương với sữa động vật.

Hạt kê (*Setaria italica*) được biết đến là một loại ngũ cốc có giá trị dinh dưỡng cao, không chứa gluten, rất phù hợp cho những người mắc bệnh celiac hoặc những người nhạt cảm với gluten. Kê giàu carbohydrate, protein, chất xơ, vitamin và khoáng chất, mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe, đặc biệt trong kiểm soát đường huyết và hỗ trợ tiêu hóa. Thành phần carbohydrate của kê bao gồm đường tự do (2 - 3%), tinh bột (60 - 75%), hàm lượng xơ 4,42 - 12,8% và hàm lượng polysaccharide phi tinh bột (15 - 20%), với glucose, fructose và sucrose là các loại đường chính [4]. Ngoài ra, chất xơ không hòa tan chiếm khoảng 90% tổng lượng chất xơ trong kê [5]. Hàm lượng chất xơ cao này hỗ trợ quá trình tiêu hóa và kích thích nhu động ruột, mang lại tác dụng nhuận tràng giúp hệ tiêu hóa khỏe mạnh. Hơn nữa, kê có chỉ số đường huyết ở mức trung bình (chỉ số đường huyết dao động 54 - 68), là lựa chọn phù hợp cho người mắc bệnh tiểu đường hoặc cần kiểm soát đường huyết [4]. Một số nghiên cứu cho thấy, kê chứa hàm lượng protein cao hơn so với các loại ngũ cốc phổ biến như gạo, lúa mì và ngô [6]. Đặc biệt, protein của kê giàu các axit amin thiết yếu, bao gồm methionine, valine, lysine, isoleucine và thiamine [7] và được chứng minh là có khả năng tiêu hóa tốt hơn protein của nhiều loại ngũ cốc khác. Ngoài ra, hàm lượng lipid của hạt kê cũng tương đương với của lúa mì và gạo [8]. Bột kê còn được khuyến nghị sử dụng như một thành phần chức năng trong các sản phẩm thực phẩm nhằm tăng cường hấp thu sắt và kẽm [7]. Với những ưu điểm này, cho thấy hạt kê là nguyên liệu giàu dinh dưỡng với nhiều lợi ích cho sức khỏe, phù hợp cho nhiều đối tượng sử dụng. Tuy nhiên, các sản phẩm từ hạt kê hiện vẫn còn hạn chế và chưa được phổ biến rộng rãi trên thị trường Việt Nam. Hạt kê chủ yếu được dùng trong các món ăn truyền thống như chè kê, xôi kê, hoặc làm thức ăn

chăn nuôi. Do đó, việc phát triển các sản phẩm từ hạt kê là cần thiết. Trong bối cảnh xã hội hiện đại, các sản phẩm thực phẩm tiện lợi, sẵn sàng sử dụng ngày càng trở nên phổ biến. Việc tiêu dùng các sản phẩm này đòi hỏi sự cân bằng giữa giá trị dinh dưỡng, cảm quan, chi phí hợp lý và tính sẵn có đối với người tiêu dùng. Từ thực tế đó, phát triển sản phẩm sữa hạt kê như một loại đồ uống dinh dưỡng, tiện lợi là hết sức cần thiết.

Vì vậy, nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế biến như thời gian ngâm, tỷ lệ hạt/nước, thời gian xay, tỷ lệ phối trộn đường và nhiệt độ gia nhiệt đến tính chất lý hóa và cảm quan của sữa hạt kê. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc tối ưu hóa quy trình sản xuất, góp phần phát triển sản phẩm sữa hạt kê có giá trị dinh dưỡng cao, độ ổn định tốt và đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng hiện nay.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên liệu chính trong nghiên cứu này là hạt kê hãng Ông Hiệp Foods (Nghệ An). Hạt kê đã được tách vỏ, có màu vàng và được đóng gói trong bao bì kín với khối lượng tịnh 500 g. Sau khi thu mua, hạt được bảo quản ở điều kiện bình thường ở nhiệt độ phòng. Siro đường được chuẩn bị bằng cách hòa tan đường trắng tinh luyện trong nước. Các dung dịch siro đường được pha với các nồng độ 2,5, 5,0, 7,5 và 10% (trọng lượng/thể tích), tương ứng với 2,5 g, 5,0 g, 7,5 g và 10,0 g đường hòa tan trong 100 mL nước.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Theo các báo cáo trước đó, nhận thấy rằng các giai đoạn trong quá trình sản xuất sữa hạt được báo cáo tốt nhất ở điều kiện: Ngâm hạt 4 giờ [9], tỷ lệ hạt/nước ở 1/15 g/ml, xay hỗn hợp 10 phút [10], gia nhiệt ở 85°C trong 15 phút [11], thanh trùng ở 85°C trong 15 phút [12]. Do đó, các thông số này được cố định khi nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố. Từ đó, các thí nghiệm trong nghiên cứu này được tiến hành như sau:

- Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Trong thí nghiệm này, hạt kê được ngâm trong nước ở lần lượt 2, 4, 6 và 8 giờ, sau đó được rửa lại 3 lần và xay nhuyễn trong 10 phút với lượng nước theo tỷ lệ hạt/nước = 1/15 g/ml bằng máy xay đa năng HR2223 (Philips, Trung Quốc). Sau khi xay, hỗn hợp được lọc qua vải dày để thu dịch sữa. Dịch sữa được được phối trộn với 7,5% siro đường (tính theo khối lượng dịch sữa) vào nồi inox và tiến hành gia nhiệt hở trên bếp điều nhiệt ở 85ºC trong 15 phút. Hỗn hợp được khuấy liên tục trong quá trình gia nhiệt. Sau khi gia nhiệt, sữa được rót vào lọ, để nguội và đóng nắp. Lọ được tiến hành thanh trùng ở 85ºC trong vòng 15 phút [5]. Sữa thành phẩm được tiến hành kiểm tra các chỉ tiêu hàm lượng chất khô hoà tan, hàm lượng chất khô, độ ổn định (ES), sự khác biệt màu sắc và đánh giá cảm quan để chọn ra mẫu tốt nhất cho nghiên cứu tiếp theo.

Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ hạt/nước lần lượt 1/5, 1/10, 1/15, 1/20 và 1/25 g/ml đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt. Tỷ lệ hạt/nước tốt nhất được chọn để tiến hành nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian xay hạt lần lượt từ 10, 15, 20, 25 và 30 phút đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt; trong đó, thời gian ngâm hạt thích hợp đã lựa chọn từ nghiên cứu trước đó. Thời gian xay hạt tốt nhất được chọn và sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ gia nhiệt lần lượt 65, 70, 75, 80, 85 và 90ºC đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt; trong đó, thời gian ngâm hạt và xay hạt thích hợp đã lựa chọn từ các nghiên cứu trước đó. Nhiệt độ gia nhiệt tốt nhất được chọn và sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt lần lượt 5, 10, 15, 20 và 25 phút đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt; trong đó, thời gian ngâm hạt, thời gian xay hạt và nhiệt độ gia nhiệt thích hợp đã lựa chọn từ các nghiên cứu trước đó. Thời gian gia nhiệt tốt nhất được chọn và sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ siro đường lần lượt 2,5; 5,0; 7,5; 10,0% đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt; trong đó, thời gian ngâm hạt, thời gian xay hạt, nhiệt độ và thời gian gia nhiệt thích hợp đã lựa chọn từ các nghiên cứu trước đó. Tỷ lệ siro đường tốt nhất được chọn và

sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

- Nghiên cứu ảnh hưởng chế độ thanh trùng đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được. Quy trình tiến hành tương tự như mô tả ở nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt; trong đó, thời gian ngâm hạt, thời gian xay hạt, nhiệt độ, thời gian gia nhiệt và tỷ lệ siro đường thích hợp đã lựa chọn từ các nghiên cứu trước đó. Các chế độ thanh trùng khác nhau bao gồm: 70ºC - 10 phút, 70ºC - 15 phút, 75ºC - 15 phút, 80ºC - 10 phút, 85ºC - 10 phút. Chế độ thanh trùng tốt nhất được chọn và sử dụng để tiến hành đề xuất quy trình.

- Từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thu được, xây dựng quy trình sản xuất sữa hạt kê. Mẫu sữa được sản xuất theo quy trình đề xuất được đánh giá cảm quan bằng phép thử cho điểm thị hiếu và phân tích các thành phần cơ bản có trong sản phẩm.

2.2.2. Các phương pháp phân tích

- Hàm lượng chất khô hoà tan (TSS) được thực hiện bằng khúc xạ kế Atago ATC-1E (Atago, Nhật Bản) với độ chính xác ± 0,2ºBx [13]. Hàm lượng chất khô (TS) được tiến hành bằng phương pháp được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi, theo tiêu chuẩn TCVN 8082:2013 [14]. Sự khác biệt màu sắc (ΔE) được tiến hành bằng được đo bằng máy đo màu LC100 (Lovibond, Trung Quốc) với màu trắng làm màu chuẩn tham chiếu [15].

- Độ ổn định (ES) được đánh giá theo phương pháp mô tả bởi Hinds và cs (1997) [16]. Để tiến hành thí nghiệm, các mẫu sữa được bảo quản ở 4°C trong 24 giờ. Sau đó, các mẫu sữa hạt được quan sát độ phân lớp. Độ ổn định của sản phẩm được tính toán là tỷ lệ chiều cao của lớp nước bị tách so với tổng chiều cao của mẫu. Giá trị ES càng thấp thì sản phẩm càng đồng nhất và ngược lại.

- Đánh giá cảm quan các mẫu sữa hạt khi khảo sát lựa chọn các yếu tố được tiến hành bằng phép thử xếp hạng theo TCVN 11183:2015 [17]. Mười người đánh giá tham gia thử nghiệm. Các mẫu được mã hóa bằng các số gồm 3 chữ số. Thang xếp hạng được quy định như sau: Hạng 1 - ưa thích nhất, hạng 5 - ít ưa thích nhất. Tổng hạng của từng mẫu được xác định từ thứ hạng của tất cả người đánh giá, trong đó mẫu có tổng hạng thấp hơn được xem là được ưa thích hơn. Sự khác biệt về thứ hạng giữa các mẫu được đánh giá bằng kiểm định Friedman với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Mẫu có tổng hạng thấp nhất là mẫu được đánh giá là yêu thích nhất. Phép thử giúp này giúp chọn ra mẫu sữa hạt kê được xếp hạng yêu thích hơn trong số các mẫu sữa hạt kê nghiên cứu.

Đối với mẫu sản phẩm hoàn thiện được tiến hành đánh giá cảm quan bằng phép thử cho điểm thị hiếu [18]. Phép thử này nhằm đánh giá mức độ chấp nhận của người tiêu dùng đối với sản phẩm sữa hạt kê hoàn thiện ở mức độ nào. Số lượng người thử 60 người đánh giá cảm quan. Thang điểm sử dụng là thang điểm 9, trong đó, 9 điểm - cực kỳ yêu thích, 1 điểm - cực kỳ không thích. Người đánh giá sẽ tiến hành cho điểm sản phẩm theo các tiêu chí: Màu sắc, mùi, vị, trạng thái và tổng thể chung. Điểm đánh giá của từng tiêu chí được tính trung bình cộng điểm đánh giá của 60 người thử.

- Hàm lượng protein thô được xác định theo TCVN 8099-5:2009 [19]. Hàm lượng chất béo được xác định theo phương pháp Gerber trong mô tả của TCVN 5504:2010 [20]. Hàm lượng đường tổng được xác định bằng phương pháp Bertrand. Hàm lượng tro được xác định theo TCVN 5105: 2009 [21]. Hàm lượng một số kim loại nặng (As, Pb, Hg và Cd) có trong sản phẩm được phân tích theo TCVN 10643:2014 [22] và AOAC 999.10 [23]. Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định theo ISO 4833-1 [24], Ha và cs (2024) [25] và tổng số nấm men, nấm mốc được xác định theo ISO 21527-2 [26].

Năng lượng của sản phẩm được tính theo công thức Atwater với hệ số chuyển đổi tương ứng: Protein - 4 kcal/g; chất béo - 9 kcal/g, carbohydrate - 4 kcal/g [27].

2.2.3. Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần, và kết quả được biểu thị dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (SD). Kiểm định Friedman được sử dụng để đánh giá sự khác biệt giữa các tổng xếp hạng của các mẫu sản phẩm với mức ý nghĩa thống kê $p = 0,05$. Phần mềm Minitab phiên bản 16.0.0.2 và Microsoft Excel đã được sử dụng để xử lý dữ liệu thu được.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian ngâm hạt ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả xay và chất lượng sữa thu được. Nếu thời gian ngâm quá ngắn, hạt vẫn còn cứng, gây khó khăn cho quá trình xay và làm giảm hiệu suất chiết tách. Nhưng nếu kéo dài thời gian ngâm sẽ dẫn đến tình

trạng ôi chua của nước ngâm và thất thoát lượng chất khô từ hạt vào nước ngâm. Do đó, thời gian ngâm hạt cần thiết để khảo sát. Trong báo cáo của Pandey và Singh (2024) [5] đã chỉ ra rằng ngâm hạt kê trong khoảng thời gian 4 - 6 giờ sẽ giúp sữa hạt kê có lượng protein cao hơn. Do đó, trong phần này thời gian ngâm được khảo sát kéo dài từ 2 - 8 giờ.

Bảng 1 chỉ ra rằng khi kéo dài thời gian ngâm hạt, hàm lượng chất khô hoà tan của dịch sữa tăng lên đáng kể, hàm lượng chất khô của sữa thành phẩm tăng lên khi tăng thời gian ngâm đến 4 giờ nhưng sau đó có xu hướng giảm nếu kéo dài thời gian ngâm. Việc ngâm giúp hạt mềm hơn, tạo điều kiện cho quá trình xay diễn ra hiệu quả và đồng đều hơn. Khi ngâm trong thời gian ngắn (2 giờ), hạt vẫn còn cứng, dẫn đến nhiều chất không hòa tan bị giữ lại trong bã. Ngược lại, khi ngâm 4 giờ trở lên, hạt mềm đủ để xay mịn hơn, quá trình lọc được cải thiện và hàm lượng chất hòa tan trong sữa thu được cao hơn.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian, giờ		2	4	6	8
Hàm lượng chất khô hoà tan (TSS), °Bx		$15,25 \pm 0,20^{a}$	$16,37 \pm 0,29^{b}$	$16,50 \pm 0,16^{b}$	$17,03 \pm 0,56^{b}$
Hàm lượng chất khô, %		$15,34 \pm 0,48^{a}$	$18,67 \pm 0,40^{b}$	$17,94 \pm 0,13^{bc}$	$17,39 \pm 0,24^{c}$
ES		$0,09 \pm 0,00^{a}$	$0,07 \pm 0,03^{a}$	$0,09 \pm 0,06^{a}$	$0,11 \pm 0,05^{a}$
ΔE		$30,63 \pm 0,87^{a}$	$29,73 \pm 0,05^{a}$	$30,23 \pm 0,78^{a}$	$29,53 \pm 0,54^{a}$
Tổng xếp hạng	Màu sắc	$16,0^{a}$	$14,0^{a}$	$20,0^{a}$	$20,0^{a}$
	Mùi	$17,0^{ab}$	$12,0^{a}$	$17,0^{ab}$	$24,0^{b}$
	Vị	$17,0^{ab}$	$13,0^{a}$	$18,0^{ab}$	$22,0^{b}$
	Trạng thái	$19,0^{ab}$	$13,0^{ab}$	$17,0^{a}$	$21,0^{b}$
	Tổng thể	$18,0^{a}$	$13,0^{a}$	$20,0^{a}$	$19,0^{a}$

Ghi chú: Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với $p < 0,05$.

Độ ổn định của sản phẩm được thể hiện qua giá trị ES, ES càng thấp chứng tỏ độ ổn định của sản phẩm càng tốt. Bảng 1 cho thấy rằng thời gian ngâm hạt ảnh hưởng không đáng kể đến độ ổn định của sữa sản phẩm, hầu hết các mẫu sữa ở thời gian ngâm khác nhau có độ ổn định tương tự nhau. Quy luật này cũng nhận thấy đối với chỉ số khác biệt về màu sắc ΔE.

Đánh giá cảm quan bao gồm màu sắc, mùi, vị, trạng thái và đánh giá tổng thể cũng không cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu. Tuy nhiên, mẫu ngâm 4 giờ có tổng thứ hạng thấp nhất, tương ứng với mức được yêu thích nhất ở tất cả các thuộc tính cảm quan, trong khi các mẫu ngâm 2 giờ, 6 giờ và 8 giờ có tổng thứ hạng cao hơn. Kết quả này cho thấy, thời gian ngâm có ảnh hưởng đến mùi vị cảm quan của sản phẩm.

Như vậy, mẫu sữa được ngâm trong thời gian 4 giờ có TSS cao tương đương như các mẫu sữa 6 và 8 giờ, hàm lượng chất khô và tổng thứ hạng thấp nhất (tương ứng với mức được đánh giá yêu thích nhất); độ ổn định và sự khác biệt về màu sắc tương tự như những mẫu sữa còn lại. Do đó, lựa chọn thời gian ngâm hạt tốt nhất là 4 giờ.

3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ hạt/nước đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Tỷ lệ hạt/nước đưa vào sản xuất sữa sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến độ loãng, độ ổn định cũng như chất lượng cảm quan của sữa thành phẩm. Các nghiên cứu trước đây đã cho thấy, tỷ lệ hạt kê/nước từ 1/3 g/ml trở lên sẽ là tỷ lệ phù hợp để tạo ra hỗn hợp thuận lợi cho quá trình xay; tuy nhiên nếu vượt quá tỷ lệ 1/30 g/ml dịch sữa sẽ loãng [5]. Do đó, trong phần này các tỷ lệ từ 1/5 g/ml đến 1/25 g/ml đã được khảo sát để chọn ra tỷ lệ hạt/nước phù hợp nhất.

Kết quả bảng 2 cho thấy, hàm lượng chất khô hoà tan, chất khô và sự khác biệt màu sắc của các mẫu sữa có xu hướng giảm một cách đáng kể khi tăng tỷ lệ hạt/nước từ 1/5 g/ml đến 1/25 g/ml trong khi giá trị ES có xu hướng tăng lên. Đặc biệt, sữa được sản xuất với tỷ lệ 1/5 g/mL, sữa trở nên quá đặc, vượt quá giới hạn đo của TSS và cho giá trị TS cao hơn đáng kể so với các mẫu khác. Điều này được giải thích là do với tỷ lệ hạt/nước lớn sẽ dẫn đến làm loãng các thành phần hòa tan và không tan có trong dịch sữa, do đó TSS và hàm lượng chất khô sẽ giảm đi.

Độ đồng nhất cũng là yếu tố chịu ảnh hưởng tương đối đáng kể bởi tỷ lệ hạt/nước. Mẫu 1/5 g/mL có độ đồng nhất cao nhất nhờ độ sệt lớn, hạn chế hiện tượng tách lớp. Tuy nhiên, độ nhớt cao gây khó khăn cho quá trình rót chiết, do đó

không thích hợp để sản xuất. Trong khoảng 1/10 đến 1/15 g/mL, độ đồng nhất ổn định và cao hơn so với các mẫu loãng hơn. Ngoài khoảng này, pha loãng hơn làm tăng hiện tượng tách lớp, giảm độ ổn định sản phẩm.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ hạt/nước đến đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Tỷ lệ hạt/nước, g/ml		1/5	1/10	1/15	1/20	1/25
TSS, °Bx		-	$18,00 \pm 0,41^{a}$	$16,37 \pm 0,29^{b}$	$10,23 \pm 0,09^{c}$	$9,50 \pm 0,16^{d}$
Hàm lượng chất khô, %		$32,25 \pm 0,32^{a}$	$21,06 \pm 0,23^{b}$	$18,67 \pm 0,40^{b}$	$10,29 \pm 0,05^{d}$	$9,70 \pm 0,32^{d}$
ES		$0,01 \pm 0,00^{a}$	$0,07 \pm 0,01^{b}$	$0,07 \pm 0,03^{b}$	$0,14 \pm 0,01^{c}$	$0,20 \pm 0,01^{d}$
ΔE		$33,73 \pm 1,59^{a}$	$30,40 \pm 0,57^{b}$	$29,73 \pm 0,05^{bc}$	$27,93 \pm 0,34^{c}$	$23,67 \pm 1,40^{d}$
Tổng xếp hạng	Màu sắc	$34,0^{b}$	$15,0^{a}$	$15,0^{a}$	$20,0^{a}$	$21,0^{a}$
	Mùi	$22,0^{ab}$	$21,0^{ab}$	$17,0^{a}$	$18,0^{ab}$	$27,0^{b}$
	Vị	$24,0^{ab}$	$16,0^{a}$	$15,0^{a}$	$25,0^{ab}$	$28,0^{b}$
	Trạng thái	$31,0^{b}$	$15,0^{a}$	$12,0^{a}$	$17,0^{a}$	$30,0^{b}$
	Tổng thể	$33,0^{c}$	$15,0^{ab}$	$13,0^{a}$	$20,0^{ab}$	$24,0^{bc}$

Ghi chú: Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với $p < 0,05$.

Giá trị sự khác biệt màu sắc của các mẫu sữa hạt kê với các tỷ lệ hạt/nước khác nhau cho thấy rằng tỷ lệ hạt cao hơn sẽ tạo ra màu sữa đậm hơn, trong khi các mẫu pha loãng hơn có màu nhạt và trong hơn.

Tổng hạng của các mẫu sữa được sản xuất bởi tỷ lệ hạt/nước khác nhau cho thấy rằng các mẫu sữa nghiên cứu với tỷ lệ hạt/nước khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến mức độ yêu thích của người tiêu dùng. Các mẫu sữa có tỷ lệ hạt/nước vừa phải (từ 1/10 - 1/20 g/ml) được đánh giá yêu thích hơn so với các mẫu có tỷ lệ hạt/nước cao và thấp hơn. Trong đó mẫu 1/10 và 1/15 g/mL được đánh giá là có màu sắc ưa thích nhất. Tuy nhiên, mẫu 1/15 g/ml có tổng thứ hạng về mùi, vị, trạng thái và tổng thể đạt thấp nhất, tương ứng với mẫu được yêu thích nhất. Do đó, lựa chọn tỷ lệ hạt/nước phù hợp để sản xuất sữa hạt kê là 1/15 g/ml.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian xay hạt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian xay hạt có ảnh hưởng đến khả năng giải phóng các dưỡng chất ra khỏi tế bào của ngũ cốc, do đó, đây được xem là một yếu tố cần thiết để khảo sát nhằm thu được dịch sữa có hàm lượng chất hoà tan, hàm lượng chất khô đạt cao nhất nhưng vẫn được đánh giá yêu thích nhất bởi người tiêu dùng.

Kết quả bảng 3 cho thấy rằng hàm lượng chất khô hoà tan, chất khô của sữa tăng lên khi tăng thời gian xay hạt. Giá trị TSS và hàm lượng chất khô của sữa tăng lên là yếu tố tích cực. Đặc biệt, TSS của các mẫu có thời gian xay từ 20 phút đến 30 phút không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong khi hàm lượng chất khô của 3 mẫu này lại có sự khác biệt đáng kể. Khi thời gian xay tăng từ 10 lên 20 phút, hàm lượng các hợp chất hòa tan tăng đáng kể. Tuy nhiên, trong khoảng sau 20 phút, mức tăng này trở nên không đáng kể. Đối với hàm lượng chất khô, việc kéo dài thời gian xay từ 10 - 15 phút làm tăng đáng kể hàm lượng chất rắn, trong khi sự khác biệt giữa 15 và 20 phút là nhỏ. Hàm lượng chất khô tăng đáng kể khi thời gian xay tăng từ 20 lên 25 phút, nhưng kéo dài đến 30 phút thì hàm lượng chất khô ổn định. Những kết quả này cho thấy thời gian xay lâu hơn giúp phá vỡ cấu trúc hạt mạnh hơn [28], từ đó tăng sự hòa tan dưỡng chất trong sản phẩm cuối cùng.

Ngoài ra, xay hỗn hợp lâu hơn làm nhiệt độ hỗn hợp sữa tăng nhẹ do ma sát cơ học, dẫn đến một phần tinh bột bị hồ hóa. Khi kích thước hạt giảm, các hạt siêu mịn dễ dàng đi qua quá trình lọc hơn [29], góp phần làm tăng TSS và TS theo thời gian.

Xem xét giá trị ES của các mẫu sữa nhận thấy ES của các mẫu sữa cũng tăng theo thời gian xay hạt, do khi kéo dài thời gian xay hạt trở nên mịn, sẽ dẫn đến việc tích tụ các hạt mịn trong sữa thành phẩm, dễ làm tách lớp khi bảo quản. Sự thay đổi này làm tăng giá trị ES, đồng thời làm giảm độ đồng nhất của mẫu sữa.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ gia nhiệt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian xay, phút	10	15	20	25	30
TSS, °Bx	$14,61 \pm 0,16^{a}$	$16,37 \pm 0,29^{b}$	$17,11 \pm 0,23^{c}$	$17,50 \pm 0,36^{cd}$	$18,08 \pm 0,28^{d}$
Hàm lượng chất khô, %	$14,70 \pm 0,37^{a}$	$18,67 \pm 0,40^{b}$	$19,33 \pm 0,37^{b}$	$21,10 \pm 0,59^{c}$	$29,70 \pm 0,57^{d}$
ES	$0,06 \pm 0,02^{a}$	$0,07 \pm 0,03^{a}$	$0,13 \pm 0,03^{b}$	$0,14 \pm 0,01^{b}$	$0,21 \pm 0,02^{c}$

ΔE		28,30 ± 0,50[a]	29,73 ± 0,05[a]	29,93 ± 0,09[a]	30,27 ± 0,61[a]	33,20 ± 1,82[b]
Tổng xếp hạng	Màu sắc	16,0[ab]	14,0[a]	25,0[b]	30,0[b]	21,0[a]
	Mùi	16,0[a]	16,0[a]	23,0[a]	24,0[a]	26,0[b]
	Vị	13,0[a]	11,0[a]	27,0[b]	26,0[b]	28,0[b]
	Trạng thái	11,0[a]	11,0[a]	24,0[b]	26,0[b]	33,0[b]
	Tổng thể	17,0[a]	15,0[a]	20,0[a]	21,0[a]	32,0[b]

Ghi chú:Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với p < 0,05.

Kết quả đánh giá cảm quan (Bảng 3) cho thấy các mẫu sữa có thời gian xay khác nhau không có sự khác biệt đáng kể về màu sắc, mùi và mức độ chấp nhận tổng thể. Đối với tiêu chí vị và trạng thái các mẫu sữa xay với thời gian ngắn hơn (10 - 15 phút) được đánh giá yêu thích hơn so với các mẫu sữa xay với thời gian dài hơn, và sự khác biệt mức độ yêu thích khác biệt có ý nghĩa thống kê (p< 0,05). Trong đó mẫu sữa được xay với thời gian 15 phút có tổng hạng về màu sắc, mùi, vị, trạng thái và tổng thể xếp thấp nhất, tương ứng với được đánh giá ở mức yêu thích nhất.

Từ các dữ liệu thu nhận được nhận thấy rằng mặc dù các mẫu sữa được xay với thời gian từ 20 phút trở lên TSS và hàm lượng chất khô cao hơn so với các mẫu sữa được xay với thời gian ngắn hơn 20 phút, tuy nhiên độ ổn định của sữa lại thấp hơn và được đánh giá ít được yêu thích hơn về tất cả các chỉ tiêu màu sắc, mùi, vị, trạng thái và đánh giá tổng thể chung. Do đó, lựa chọn thời gian xay ở 15 phút là thời gian phù hợp cho quá trình xay sữa.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ gia nhiệt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Gia nhiệt là công đoạn cần thiết trong sản xuất sữa hạt kê nhằm làm chín nguyên liệu, thúc đẩy quá trình hồ hóa tinh bột và cải thiện trạng thái cũng như đặc tính cảm quan của sản phẩm. Nhiệt độ gia nhiệt không phù hợp có thể ảnh hưởng đến chất lượng sữa; nhiệt độ quá cao có thể làm biến đổi hương vị, trong khi nhiệt độ quá thấp có thể chưa tạo được trạng thái và mùi vị đặc trưng mong muốn của sản phẩm. Phạm Thị Nga và cs (2024) [11] đã chỉ ra rằng nhiệt độ gia nhiệt từ 65 - 80°C có ảnh hưởng đến chất lượng của sữa ngũ cốc.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian xay, phút		10	15	20	25	30
TSS, °Bx		14,61± 0,16[a]	16,37 ± 0,29[b]	17,11 ± 0,23[c]	17,50 ± 0,36[cd]	18,08 ± 0,28[d]
Hàm lượng chất khô, %		14,70 ± 0,37[a]	18,67 ± 0,40[b]	19,33 ± 0,37[b]	21,10 ± 0,59[c]	29,70 ± 0,57[d]
ES		0,06 ± 0,02[a]	0,07 ± 0,03[a]	0,13 ± 0,03[b]	0,14 ± 0,01[b]	0,21 ± 0,02[c]
ΔE		28,30 ± 0,50[a]	29,73 ± 0,05[a]	29,93 ± 0,09[a]	30,27 ± 0,61[a]	33,20 ± 1,82[b]
Tổng xếp hạng	Màu sắc	16,0[ab]	14,0[a]	25,0[b]	30,0[b]	21,0[a]
	Mùi	16,0[a]	16,0[a]	23,0[a]	24,0[a]	26,0[b]
	Vị	13,0[a]	11,0[a]	27,0[b]	26,0[b]	28,0[b]
	Trạng thái	11,0[a]	11,0[a]	24,0[b]	26,0[b]	33,0[b]
	Tổng thể	17,0[a]	15,0[a]	20,0[a]	21,0[a]	32,0[b]

Ghi chú:Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với p < 0,05.

Ảnh hưởng của nhiệt độ gia nhiệt đến chất lượng sữa hạt kê được thể hiện ở bảng 4. Dữ liệu thu nhận được cho thấy, càng tăng nhiệt độ gia nhiệt, hàm lượng chất khô hoà tan, hàm lượng chất khô và giá trị ΔE của các mẫu sữa hạt kê càng có xu hướng tăng lên. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ gia nhiệt từ 85 - 90ºC, các giá trị này tăng không đáng kể. Điều này được giải thích là do ở nhiệt độ gia nhiệt cao hơn một phần nước bị bay hơi, kéo theo một số thành phần dễ bay hơi cũng như các sắc tố có trong dịch sữa. Ngoài ra, nhiệt độ gia nhiệt cao sẽ làm tăng tốc độ các phản ứng phân huỷ các hợp chất phức tạp thành các chất đơn giản, do đó hàm lượng các chất hoà tan có trong sữa được gia nhiệt ở nhiệt độ cao hơn sẽ cao hơn. Sự thay đổi màu này chủ yếu do phản ứng maillard và caramel hóa đường, khiến sản phẩm có màu sậm hơn so với các mẫu xử lý ở nhiệt độ thấp hơn. Ngoài ra, sự bay hơi nước lớn hơn ở nhiệt độ cao làm tăng nồng độ các thành phần trong sữa, góp phần làm gia tăng hàm lượng các chất màu có trong sữa hơn.

Trong khi đó, giá trị ES của các mẫu sữa hạt kê được gia nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn 75ºC lại cao hơn so với các mẫu sữa hạt được gia nhiệt từ nhiệt độ 80ºC trở lên. Khi tiến hành gia nhiệt sữa ở nhiệt độ cao, sữa trở nên sánh, độ nhớt của sữa tăng lên, tinh bột được hồ hoá hoàn toàn, làm cho dịch sữa thu được trở nên đồng nhất. Do đó, khi lưu trữ sữa sau 24 giờ, hiện tượng tách nước sẽ khó xảy ra hơn. Do đó, giá trị ES giảm đi, tương ứng với độ ổn định của sản phẩm tăng lên.

Tổng xếp hạng của các mẫu sữa hạt kê được gia nhiệt ở nhiệt độ khác nhau cho thấy rằng xếp hạng thấp hơn được quan sát thấy từ các mẫu sữa hạt kê gia nhiệt ở nhiệt độ từ 80°C trở lên. Trong đó, mẫu sữa hạt kê gia nhiệt ở nhiệt độ 85°C có tổng xếp hạng thấp nhất về tất cả các tiêu chí màu sắc, mùi, vị, trạng thái và đánh giá tổng thể. Việc gia nhiệt ở nhiệt độ quá thấp làm cho dịch sữa chưa kịp chín, do đó, mùi vị không được thơm ngon. Trong khi gia nhiệt ở nhiệt độ cao quá (90°C) có thể làm thất thoát các hợp chất tạo hương vị đặc trưng của hạt kê, làm ảnh hưởng đến mức độ yêu thích của người tiêu dùng đối với sản phẩm.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mẫu sữa hạt kê được gia nhiệt ở nhiệt độ 85°C được đánh giá yêu thích nhất (tổng thứ hạng thấp nhất), trạng thái ổn định nhất, TSS và hàm lượng chất khô có trong sữa tương đương ở mức cao nhất. Do đó, lựa chọn nhiệt độ gia nhiệt dịch sữa là 85°C để thực hiện thí nghiệm tiếp theo.

3.5. Ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian gia nhiệt nếu không đủ sẽ khiến cho mùi vị của sữa hạt thu được kém đi; trong khi kéo dài thời gian gia nhiệt quá lâu sẽ làm hỗn hợp sữa trở nên đặc, mất hương vị, thay đổi trạng thái và lãng phí nhiệt lượng. Do đó, khảo sát thời gian gia nhiệt là điều cần thiết để đảm bảo cân đối giữa chất lượng của sữa hạt và tiết kiệm nhiệt lượng, thời gian sản xuất. Thời gian gia nhiệt được báo cáo là phù hợp với sữa ngũ cốc dao động từ 10 - 25 phút, do đó, trong phần này các mức thời gian gia nhiệt từ 5 phút đến 25 phút đã được tiến hành khảo sát [11]. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian gia nhiệt đến một số tính chất của sữa hạt được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5 cho thấy, hàm lượng chất rắn hòa tan và chất khô của sữa hạt kê tăng khi kéo dài thời gian gia nhiệt. Quá trình gia nhiệt được thực hiện trong điều kiện hở và khuấy liên tục; do đó, thời gian gia nhiệt kéo dài làm tăng lượng nước bay hơi, qua đó làm tăng nồng độ chất rắn hòa tan và hàm lượng chất khô của sản phẩm.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ siro đường bổ sung đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Thời gian gia nhiệt, phút		5	10	15	20	25
TSS, °Bx		$14,77 \pm 0,12^{a}$	$15,03 \pm 0,21^{a}$	$16,37 \pm 0,29^{b}$	$16,73 \pm 0,21^{b}$	$17,53 \pm 0,34^{c}$
Hàm lượng chất khô, %		$16,38 \pm 0,61^{a}$	$17,75 \pm 0,25^{b}$	$18,67 \pm 0,40^{c}$	$19,14 \pm 0,02^{c}$	$21,19 \pm 0,36^{d}$
ES		$0,06 \pm 0,03^{a}$	$0,06 \pm 0,03^{a}$	$0,03 \pm 0,02^{a}$	$0,02 \pm 0,01^{a}$	$0,02 \pm 0,00^{a}$
ΔE		$29,17 \pm 0,25^{a}$	$29,37 \pm 0,26^{a}$	$29,73 \pm 0,05^{ab}$	$30,27 \pm 0,33^{b}$	$32,20 \pm 0,49^{c}$
Tổng xếp hạng	Màu sắc	$30,0^{b}$	$14,0^{a}$	$12,0^{a}$	$21,0^{ab}$	$28,0^{b}$
	Mùi	$24,0^{a}$	$23,0^{a}$	$16,0^{a}$	$24,0^{a}$	$18,0^{a}$
	Vị	$25,0^{ab}$	$18,0^{ab}$	$16,0^{a}$	$20,0^{ab}$	$26,0^{b}$
	Trạng thái	$19,0^{a}$	$17,0^{a}$	$11,0^{a}$	$29,0^{b}$	$29,0^{b}$
	Tổng thể	$22,0^{ab}$	$17,0^{a}$	$14,0^{a}$	$21,0^{a}$	$31,0^{b}$

Ghi chú: Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với $p < 0,05$.

Đánh giá giá trị ES đại diện cho độ ổn định của sản phẩm cho thấy rằng càng tăng thời gian gia nhiệt thì giá trị ES của sữa hạt càng giảm đi, tương ứng với độ ổn định của sữa tăng lên, đặc biệt khi gia nhiệt với thời gian từ 15 phút trở lên. Điều này có thể do quá trình hồ hóa tinh bột tiếp tục diễn ra, làm tăng độ nhớt của sữa và giảm hiện tượng tách lớp.

Đồng thời, cũng quan sát được rằng việc gia nhiệt với thời gian càng dài thì sự khác biệt màu sắc tổng thể của các mẫu sữa hạt càng tăng lên, đặc biệt là khi gia nhiệt từ 20 phút trở lên. Sự thay đổi màu sắc của sữa được giải thích là do khi kéo dài thời gian gia nhiệt, xảy ra hiện tượng bay hơi nước và xảy ra phản ứng tạo màu như phản ứng caramel hoá và maillard; do đó, màu sắc của các mẫu sữa hạt được gia nhiệt ở thời gian dài hơn thay đổi so với màu chuẩn nhiều hơn.

Từ dữ liệu về tổng hạng của các mẫu sữa hạt được gia nhiệt với thời gian khác nhau có thể thấy rằng gia nhiệt ở thời gian ngắn quá (5 phút) và thời gian dài quá (từ 20 phút trở lên) đều được

đánh giá yêu thích kém hơn các mẫu sữa gia nhiệt trong thời gian từ 10 - 15 phút. Trong đó, mẫu sữa được gia nhiệt với thời gian 15 phút có tổng thứ hạng đối với các chỉ tiêu đều đạt thấp nhất, tương ứng với mẫu được yêu thích nhất.

Từ các dữ liệu thu nhận được nhận thấy, mẫu sữa hạt kê gia nhiệt với thời gian 15 phút là mẫu được đánh giá yêu thích nhất, đồng thời có hàm lượng chất khô hoà tan và hàm lượng chất khô tương đương các mẫu cao nhất, độ ổn định cũng đạt ở mức thấp. Do đó, lựa chọn thời gian gia nhiệt là 15 phút để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

3.6. Ảnh hưởng của tỷ lệ siro đường bổ sung đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Siro đường được bổ sung nhằm cải thiện vị và mức độ chấp nhận cảm quan của sản phẩm. Nghiên cứu của Trần Duy Khang và Nguyễn Minh Chánh (2023) [30] ghi nhận tỷ lệ siro đường 5% phù hợp đối với sữa hạt mít. Trên cơ sở đó, tỷ lệ siro đường từ 2,5 - 10,0% được khảo sát đối với sữa hạt kê. Ảnh hưởng của tỷ lệ siro đường đến một số chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của chế độ thanh trùng đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Tỷ lệ siro đường bổ sung, %		2,5	5,0	7,5	10,0
TSS, °Bx		$9,57 \pm 0,62^{a}$	$14,53 \pm 0,17^{b}$	$16,37 \pm 0,29^{c}$	$21,83 \pm 0,48^{d}$
Hàm lượng chất khô, %		$9,92 \pm 0,15^{a}$	$15,02 \pm 0,34^{b}$	$18,67 \pm 0,40^{c}$	$22,71 \pm 0,53^{d}$
ES		$0,06 \pm 0,02^{a}$	$0,05 \pm 0,02^{a}$	$0,07 \pm 0,03^{a}$	$0,06 \pm 0,02^{a}$
ΔE		$29,40 \pm 0,29^{a}$	$29,60 \pm 0,22^{a}$	$29,73 \pm 0,05^{a}$	$29,43 \pm 0,26^{a}$
Tổng xếp hạng	Màu sắc	$18,0^{a}$	$19,0^{a}$	$16,0^{a}$	$17,0^{a}$
	Mùi	$18,0^{ab}$	$16,0^{a}$	$11,0^{a}$	$25,0^{b}$
	Vị	$21,0^{b}$	$12,0^{a}$	$10,0^{a}$	$26,0^{b}$
	Trạng thái	$16,0^{a}$	$20,0^{a}$	$13,0^{a}$	$18,0^{a}$
	Tổng thể	$21,0^{a}$	$16,0^{a}$	$15,0^{a}$	$18,0^{a}$

Ghi chú: Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với $p < 0,05$.

Bảng 6 cho thấy, hàm lượng chất rắn hòa tan và chất khô của sữa hạt kê tăng khi tăng tỷ lệ siro đường bổ sung. Tuy nhiên, tỷ lệ siro đường không ảnh hưởng đáng kể đến giá trị ES và sự khác biệt màu sắc của sản phẩm ($p > 0,05$).

Đánh giá tổng thứ hạng của các mẫu sữa hạt với tỷ lệ siro đường bổ sung khác nhau nhận thấy rằng khi bổ sung siro đường với hàm lượng từ 2,5 - 10,0% không ảnh hưởng đáng kể đến mức độ yêu thích của người tiêu dùng về màu sắc, trạng thái và tổng thể chung của các mẫu sữa. Trong khi đó, có sự đánh giá khác biệt về mức độ yêu thích theo chỉ tiêu mùi và vị giữa các mẫu sữa có tỉ lệ siro đường bổ sung khác nhau. Trong đó, mẫu sữa hạt được bổ sung 7,5% siro đường có tổng thứ hạng ở tất cả các chỉ tiêu là thấp nhất, tương ứng là mẫu sữa hạt được đánh giá yêu thích nhất. Do đó, lựa chọn tỉ lệ siro đường bổ sung vào sữa hạt là 7,5%.

3.7. Ảnh hưởng của chế độ thanh trùng đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Bảng 7. Ảnh hưởng của chế độ thanh trùng đến một số chỉ tiêu chất lượng của sữa hạt kê thành phẩm

Chế độ thanh trùng		70ºC - 10 phút	70ºC - 15 phút	75ºC - 15 phút	80ºC - 10 phút	85ºC - 10 phút
TSS, °Bx		$16,63 \pm 0,12^{a}$	$16,47 \pm 0,47^{a}$	$16,50 \pm 0,40^{a}$	$16,60 \pm 0,37^{a}$	$16,37 \pm 0,29^{a}$
Hàm lượng chất khô, %		$18,62 \pm 0,70^{a}$	$18,70 \pm 0,59^{a}$	$18,64 \pm 0,56^{a}$	$18,74 \pm 0,36^{a}$	$18,67 \pm 0,40^{a}$
ES		$0,04 \pm 0,01^{a}$	$0,04 \pm 0,03^{a}$	$0,06 \pm 0,01^{a}$	$0,06 \pm 0,03^{a}$	$0,07 \pm 0,03^{a}$
ΔE		$29,40 \pm 0,33^{a}$	$29,50 \pm 0,65^{a}$	$29,37 \pm 0,29^{a}$	$29,57 \pm 0,50^{a}$	$29,73 \pm 0,05^{a}$
Tổng xếp hạng	Màu sắc	$21,0^{a}$	$21,0^{a}$	$19,0^{a}$	$26,0^{a}$	$18,0^{a}$
	Mùi	$23,0^{a}$	$22,0^{a}$	$22,0^{a}$	$20,0^{a}$	$18,0^{a}$
	Vị	$20,0^{a}$	$20,0^{a}$	$22,0^{a}$	$24,0^{a}$	$19,0^{a}$
	Trạng thái	$22,0^{a}$	$19,0^{a}$	$26,0^{a}$	$23,0^{a}$	$15,0^{a}$
	Tổng thể	$20,0^{a}$	$22,0^{a}$	$23,0^{a}$	$21,0^{a}$	$19,0^{a}$

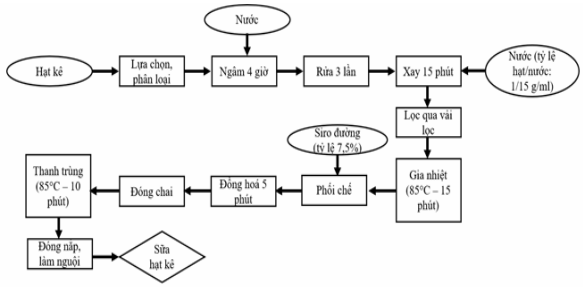
Ghi chú: Các giá trị được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các chữ cái thường a, b, c, ... khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trong cùng một hàng bằng kiểm định Friedman với $p < 0,05$.

Quá trình thanh trùng sẽ có tác dụng ức chế sự phát triển của vi sinh vật và giúp kéo dài thời hạn sử dụng của sữa hạt. Tuy nhiên, chế độ thanh trùng cũng sẽ ảnh hưởng đến đến chất lượng dinh

dưỡng và trạng thái, màu sắc cũng như cảm quan tiêu dùng của sản phẩm. Do đó, cần chọn chế độ thanh trùng phù hợp, sao cho quá trình thanh trùng sản phẩm vẫn giữ nguyên được chất lượng và thành phần dinh dưỡng của sữa hạt.

Chế độ thanh trùng không ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng chất rắn hòa tan và chất khô của sữa hạt kê (Bảng 7). Tương tự màu sắc và độ ổn định của sản phẩm cũng không thay đổi đáng kể khi thay đổi nhiệt độ và thời gian thanh trùng. Kết quả đánh giá cảm quan của các mẫu sữa hạt với chế độ thanh trùng khác nhau cũng cho thấy các mẫu sữa được đánh giá yêu thích tương tự nhau (không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về tổng thứ hạng). Tuy nhiên trong các chế độ thanh trùng, mẫu sữa được thanh trùng với nhiệt độ 85°C và thời gian 10 phút có tổng thứ hạng thấp nhất về màu sắc, mùi, vị, trạng thái và tổng thể. Do đó lựa chọn chế độ thanh trùng phù hợp cho quá trình sản xuất sữa hạt kê là 85°C trong 10 phút là chế độ thanh trùng phù hợp nhất.

3.8. Đề xuất quy trình công nghệ sản xuất sữa hạt kê uống liền

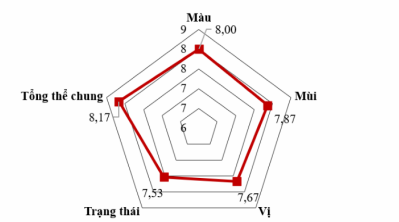


Hình 1. Quy trình đề xuất cho quá trình chế biến sữa hạt kê đóng chai

Từ những kết quả đã đạt được ở trên, nghiên cứu đã tìm được các điều kiện để sản xuất sữa hạt kê. Từ đó quy trình chế biến sữa hạt kê với các thông số công nghệ cụ thể được đề xuất như hình 1.

3.9. Đánh giá chất lượng sản phẩm sữa hạt kê uống liền

Tiến hành đánh giá cảm quan sản phẩm sữa hạt kê được sản xuất theo quy trình đề xuất thu được kết quả như hình 2.



Hình 2. Kết quả đánh giá cảm quan sản phẩm sữa hạt kê

Kết quả cho thấy, tất cả các chỉ tiêu về màu sắc, mùi, vị, trạng thái và tổng thể của sữa hạt kê đều được người tiêu dùng đánh giá ở mức điểm 7,5 trở lên. Kết quả này cho thấy rằng sữa hạt kê được sản xuất theo quy trình đề xuất sẽ làm sản phẩm tiềm năng có thể đưa vào thương mại hoá trên thị trường sữa ngũ cốc.

Đánh giá thành phần dinh dưỡng của sữa hạt thu được theo quy trình đề xuất được thể hiện ở bảng 8. Từ dữ liệu thu nhận được nhận thấy rằng sữa hạt kê có hàm lượng protein và lượng đường tổng lớn hơn các loại sữa hạt trên thị trường nhưng hàm lượng chất béo thấp hơn. Năng lượng của sữa hạt kê đạt 55,91 kcal, cao hơn so với sữa đậu nành Fami canxi, sữa hạt hạnh nhân TH true NUT nhưng thấp hơn không đáng kể so với sữa đậu nành tươi Vinamilk. Từ đó, có thể thấy rằng sữa hạt kê có thể cung cấp đầy đủ dưỡng chất cho cơ thể như các sản phẩm sữa hạt khác trên thị trường. Với hàm lượng chất béo thấp, sữa hạt kê có thể phù hợp với những đối tượng người ăn kiêng hoặc giảm cân.

Bên cạnh đó, sữa hạt kê sản phẩm cũng đáp ứng tiêu chí về chỉ tiêu vi sinh: Không phát hiện vi sinh vật hiếu khí cũng như nấm men, nấm mốc có trong sản phẩm sau thanh trùng, đóng nắp và làm nguội. Đây là minh chứng cho việc sản phẩm sữa hạt kê sản xuất theo quy trình đề xuất đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm.

Bảng 8. Thành phần hóa học có trong 100 ml sữa hạt kê sản phẩm và các loại sữa hạt có trên thị trường

Chỉ tiêu đánh giá	Sữa hạt kê trong nghiên cứu này	Sữa đậu nành Fami canxi	Sữa hạt hạnh nhân TH true NUT	Sữa đậu nành tươi Vinamilk
Hàm lượng chất khô, g	12,36 ± 0,37	-	-	-
Hàm lượng nước, g	87,64 ± 2,59	-	-	-
Hàm lượng protein, g	3,09 ± 0,14	2,50 ± 0,23	1,10 ± 0,03	1,00 ± 0,04
Hàm lượng chất béo, g	1,10 ± 0,13	1,40 ± 0,12	1,50 ± 0,05	3,20 ± 0,10
Hàm lượng đường tổng, g	8,42 ± 0,35	6,50 ± 0,37	-	2,50 ± 0,11
Năng lượng, kcal	55,91 ± 1,68	50,00 ± 1,78	35,5 ± 0,69	61,0 ± 1,89
Tổng số vi sinh vật hiếu khí	Không phát hiện	-	-	-
Tổng số nấm men, nấm mốc	Không phát hiện	-	-	-

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được các điều kiện chế biến phù hợp để sản xuất sữa hạt kê uống liền có chất lượng cảm quan tốt và giá trị dinh dưỡng phù hợp. Các yếu tố công nghệ, bao gồm thời gian ngâm, tỷ lệ hạt/nước, thời gian xay, điều kiện gia nhiệt, tỷ lệ siro đường bổ sung và chế độ thanh trùng, có ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng sản phẩm. Sữa hạt kê thu được có trạng thái đồng nhất, các chỉ tiêu cảm quan về màu sắc, mùi, vị và mức độ chấp nhận tổng thể đều ở mức tốt; đồng thời cung cấp protein, chất béo và carbohydrate. Kết quả kiểm tra vi sinh tại thời điểm sau chế biến không phát hiện vi sinh vật hiếu khí, nấm men và nấm mốc trong sản phẩm. Những kết quả này cho thấy, tiềm năng ứng dụng của quy trình trong phát triển đồ uống từ hạt kê. Tuy nhiên, cần tiếp tục đánh giá sự biến đổi chất lượng, an toàn vi sinh, điều kiện bảo quản và thời hạn sử dụng để xác định tính ổn định và khả năng ứng dụng của sản phẩm ở quy mô thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Oh, J., & Lee, K.-G. (2024). Analysis of physicochemical properties of nut-based milk and sweetened condensed milk alternatives. *Food Chem.*, *455*: 139991.

[2]. Comak Gocer, E.M. & Koptagel, E. (2023). Production of milks and kefir beverages from nuts and certain physicochemical analysis. *Food Chem.*, *402*: 134252.

[3]. Asioli, D., Jessica, A.-W., Vincenzina, C., Riccardo, V., Azzurra, A., Tormod, N. & Paula, V. (2017). Making sense of the 'clean label' trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International, 99*: 58-71.

[4]. Pramitha, L. *et al.* (2023). Chapter 12 - Foxtail millet (*Setaria italica* L.): a model for small millets. *Neglected and Underutilized Crops*, *2023*: 305-324.

[5]. Pandey, S. & Singh, A. (2024). Millet Milk: A potential cattle milk alternative - Extraction and value addition. *J. Food Qual.*, *2024*(1): 3964937.

[6]. Prabhakar, R.R., Butti, P. & K Kaleemullah, S. (2025). Effect of heat treatment parameters on shelf life, nutritional value and antinutritional factors of barnyard millet. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *11*(1): 226-233.

[7]. Chakraborty, S., Das, S., Garje, P. K. T., Baria, K., & Joshi, S. S. (2025). Millets: The wholesome supplement of contemporary times. *International Journal of Advanced Biochemistry Research, 9*(1): 276-281.

[8]. Kumar, A., Tomer, V., Kaur, A., Kumar, V., & Gupta, K. (2018). Millets: a solution to agrarian and nutritional challenges. *Agric. Food Secur., 7*(1): 31.

[9]. Vũ Thị Cương, Hoàng Thanh Đức, Phạm Hương Quỳnh, Nguyễn Thị Thu Hiền, Đặng Thị Hiền, Đỗ Thị Hạnh (2022). Nghiên cứu xây dựng công thức sản xuất sữa thực vật dành cho người ăn kiêng từ Glucomannan trong củ nưa và một số thảo dược. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, 58*(1): 126-132.

[10]. Aboulfazli, F., Shori, A. B., & Baba A. S. (2016). Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream. *LWT, 70*: 261-270.

[11]. Phạm Thị Nga, Nguyễn Thị Minh Phương, Nguyễn Thị Thuỳ Tiên, Lê Quang Sang, Phan Diệp Lâm (2024). Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quy trình sản xuất sữa củ năng hạt điều. *Kỷ yếu Nghiên cứu khoa học Khoa Môi trường và Khoa học Tự nhiên, Đại học Duy Tân.*

[12]. Tu, N. K. G., Le, T. K. L., Tran, T. Y. N., Bach, L. G. & Dao, T. P. (2025). Influence of homogenization and pasteurization on the physical characteristics, antioxidant properties, and microbial content of VD20 rice milk. *Sci. Rep., 15*(1): 9683.

[13]. Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., Mubarok, S. & Hamdani, J. S. (2020). Rapid and non-destructive prediction of total soluble solids of guava fruits at various storage periods using handheld near-infrared instruments. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 458*(1): 012022.

[14]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8082: 2013 (ISO 6731:2010) - Sữa, cream và sữa cô đặc - Xác định hàm lượng chất khô tổng số (phương pháp chuẩn).

[15]. Trang T. Y. D. *et al.* (2024). Preservation of Tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) with composite biofilms based on starch and microcrystalline cellulose (MCC). *Food Science and Technology, 12*(2): 115-127.

[16]. Hinds, M. J., Beuchat, L. R., & Chinnan, M. S. (1997). Effects of homogenization pressure and stabilizers on some physical characteristics of a beverage prepared from partially defatted, roasted peanuts. *Plant Foods for Human Nutrition, 50*(4): 269-277.

[17]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11183: 2015 (ISO 8587:2006 with amendment 1:2013) về Phân tích cảm quan - Phương pháp luận - Xếp hạng.

[18]. Nguyễn Hoàng Dũng, Trương Cao Suyên, Nguyễn Thị Minh Tú, Phan Thuỵ Xuân Uyên (2007). *Đánh giá cảm quan thực phẩm - Nguyên Lý và thực hành*. Nxb Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

[19]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8099-5:2009 (ISO 8968-5:2001) - Sữa - Xác định hàm lượng nitơ - Phần 5: Xác định hàm nitơ protein.

[20]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5504:2010 (ISO 2446:2008/IDF 226:2008) về Sữa - Xác định hàm lượng chất béo.

[21]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5105:2009 về Thủy sản và sản phẩm thủy sản - xác định hàm lượng tro.

[22]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10643:2014 (AOAC 999.11) về Thực phẩm - Xác định hàm lượng chì, cadimi, đồng, sắt và kẽm - Phương pháp đo phổ hấp thụ nguyên tử sau khi tro hóa khô.

[23]. AOAC. (1999). Official method 999.10. lead, cadmium, zinc, copper, and iron in foods: Atomic absorption spectrophotometry after microwave digestion.

[24]. ISO 4833-1. (2013). Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal Method for the enumeration of microorganisms-colony-count technique at 30°C. *International Organization for Standardization*.

[25]. Ha, T. D., Cao, T. H., Tran, Y. D. T., & Mạc, T. V. (2024). Bioactivity-maximized herbal tea formulation from banana leaf and other Musa acuminata AAA by-products using D-optimal mixture design. *Applied Food Research, 4*(2): 100593.

26. ISO 21527-2. (2008). Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 2. *International Organization for Standardization*.

[27]. Hu, Y., Jia, Y., Li, Z., Wang, Z., Wei, T., Bi, F., Wang, Y., Qin, Y., Khan, A., Liu, Y., *et al.* (2025). Impact of different proportions of purple rice and chanterelles powder on physicochemical, sensory, and starch digestibility properties in wheat bread. *Foods*, *14*, 1343.

[28]. Zhuang, X. *et al.* (2025). Steam explosion enhances the property of powder, instant solubility, and diffusivity of superfine ground tea powder. *Foods*, *14*(8): 1345.

[29]. Wickramaarachchi, L. A., Rajawardana, D. U., Gunasekara, M. M. N. P., Herath H. M. T., & Jayasinghe, M. A. (2024). Development and evaluation of physico-chemical, sensorial, and shelf- life of grain-milk beverages. *J. Cereal Sci., 116*: 103875.

[30]. Trần Duy Khang và Nguyễn Minh Chánh (2023). Nghiên cứu quy trình sản xuất sữa hạt mít. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế phát triển, Trường Đại học Nam Cần Thơ, 17*: 73 - 80.

STUDY ON THE EFFECTS OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE QUALITY OF MILLET MILK

Tran Y Doan Trang[1], Nguyen Thi Linh[2], Ha Thi Dung[2]

[1]Institute of Technology - HaUI, Hanoi University of Industry

[2]Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry

Abstract

This study aimed to investigate the influence of technological parameters on the quality of millet milk products. Factors considered included soaking time (2-8 hours), grain/water ratio (1/5-1/25 g/ml), milling time (10-30 minutes), heating temperature (65-90°C), heating time (5-25 minutes), pasteurization at 85°C for 10 minutes, and added sugar syrup ratio (2.5-10.0%). Millet milk was evaluated using indicators of soluble solids, dry matter, homogeneity, color, and sensory characteristics. The results showed that suitable technological parameters included a soaking time of 4 hours, a grain/water ratio of 1/15 g/ml, a milling time of 15 minutes, heating at 85°C for 15 minutes, addition of 7.5% sugar syrup, and pasteurization at 85°C for 10 minutes. Millet milk produced under optimal conditions has a nutritional content equivalent to other plant-based milks on the market and meets microbiological standards. This research result will provide an essential foundation for the industrial-scale production of millet milk, thereby increasing nutritional value and diversifying beverage products made from various grains.

Keywords: *Millet, nut milk, emulsion stability, sensory properties, beverage.*

Ngày nhận bài: 12/01/2026

Ngày chuyển phản biện: 30/1/2026

Ngày thông qua phản biện: 23/6/2026

Ngày duyệt đăng: 10/9/2026