

TÍNH CHẤT CẤU TRÚC VÀ VI THỂ CỦA KEM BỌT KHÔNG TRỨNG/ SỮA TỪ NƯỚC NẤU ĐẬU GÀ

NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT

*Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh;
nguyenthiminhnguyet@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Hiện nay toàn cầu đang tích cực bảo vệ môi trường, trong đó các nhà khoa học đang cố gắng tìm ra các giải pháp để giảm gánh nặng cho ngành chăn nuôi bằng việc hướng đến sử dụng các nguồn protein có nguồn gốc thực vật. Việc nghiên cứu phát triển các sản phẩm thực phẩm có khả năng thay thế trứng/ sữa đang là hướng đi cấp thiết đáp ứng xu thế của hệ thống thực phẩm bền vững. Mục tiêu của nghiên cứu này tập trung vào khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc bọt của nước nấu đậu gà để ứng dụng trong chế biến các sản phẩm tráng miệng lạnh không trứng/ sữa/ chất béo. Để đạt mục tiêu trên nghiên cứu đã thực hiện các nội dung cụ thể sau: 1) Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến các tính chất cấu trúc của kem bọt bao gồm tỷ lệ đậu: nước, giá trị pH, hàm lượng muối ăn, và các chất nhũ hóa như đường, xanthan gum đến khả năng tạo bọt, độ bền bọt, khả năng kết hợp và giữ khí; 2) Khảo sát các tính chất vi thể của kem bọt gồm hình ảnh, kích thước, và các tính chất TPA (Test Profile Analysis) gồm độ cứng (Hardness), Adhesiveness, Cohesiveness, Springiness, Gumminess và Chewiness của kem bọt. Kết quả thu được cho thấy với tỷ lệ đậu: nước = 1:4 (w/w), dịch nấu đậu sau khi điều chỉnh về pH 4, bổ sung muối ăn (0,3%, w/v), xanthan gum (0,005%, w/v) đánh nổi bằng máy Panasonic- MK-GB1WRA với tốc độ 720 rpm trong thời gian 8 phút, bổ sung sucrose (70%, w/v) và đánh tiếp 5 phút nhận được kem bọt có thể dùng thay thế trứng /sữa trong các sản phẩm tráng miệng lạnh.

Từ khóa. Đậu gà, kem bọt, thay thế trứng, tính chất bọt, tráng miệng lạnh.

TEXTURAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF FOAM CREAM WITHOUT EGG/MILK BY WATER COOKING CHICKPEA

Abstract. Global efforts are now being made to reduce the burden on the livestock industry, and to make use of plant protein sources. Therefore, research and development of food products that can replace eggs / milk is a way to meet the trend of sustainable development. The objective of the study is to investigate the factors affecting on the foam structure of water cooking chickpea to be applied to the development of foaming cream in processing dessert products. Properties such as foam capacity, foam stability, overrun, viscosity and color indexes of water cooking chickpea and egg white as well as the effect of polysaccharides including sucrose and xanthan gum on textural properties of foam cream emulsion has been mentioned. The results show that the water cooking chickpea with adjusting to pH 4, adding table salt (0.3 %, w/v) and xanthan gum (0.005%, w/v) then whipping by Panasonic-MK-GB1WRA Mixer at 720 rpm for 8 minutes, finally adding sucrose (70%, w/v) and whipping for 5 minutes to collect the foam cream that can replace eggs/milk in cold dessert products.

Keywords. Chickpea, foam cream, foam properties, egg replacer, cold dessert products.

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Bọt thực phẩm là sự phân tán của bọt khí trong pha lỏng hoặc pha rắn liên tục, được ổn định bởi các chất hoạt động bề mặt [1]. Quá trình tạo bọt dẫn đến những thay đổi khác nhau về tính chất cấu trúc và lưu biến để tăng giá trị cảm quan cho sản phẩm thực phẩm. Đặc tính tạo bọt tuyệt vời của trứng là do sự

tương tác giữa các thành phần protein có trong lòng trắng trứng. Có nhiều loại phụ gia có thể ảnh hưởng đến tính chất vật lý và chức năng của lòng trắng trứng [2]. Cho đến nay, trứng được xem là nguyên liệu chủ yếu để tạo nên tính chất cấu trúc đặc trưng cho nhiều sản phẩm thực phẩm như các loại bánh nướng, các món tráng miệng, mì và mì ống [3]. Khả năng tạo bọt, tạo gel và tạo nhũ tương do tính hoạt động bề mặt cao của lòng trắng trứng đã được nghiên cứu và ứng dụng để tạo cấu trúc, độ xốp, và màu sắc cho nhiều loại bánh và các sản phẩm tráng miệng [4].

Trong những năm gần đây, con người đang hướng đến sự phát triển bền vững. Việc không hay hạn chế sử dụng các sản phẩm động vật, khả năng tự cung cấp thực phẩm cho địa phương là các xu thế hướng đến của các quốc gia trên toàn cầu. Xu thế lựa chọn thực phẩm của người tiêu dùng đã có sự dịch chuyển đáng kể sang các loại thực phẩm thuần chay- dùng để chỉ các sản phẩm thực phẩm không có nguồn gốc từ động vật. Xu thế này đang được quan tâm do nhiều lý do như: tốt cho sức khỏe, phù hợp với chế độ ăn cụ thể (dị ứng hay không dung nạp trứng/sữa), quan tâm và bảo vệ môi trường toàn cầu, giảm chi phí tiêu thụ thực phẩm [5]. Việc hướng đến các sản phẩm thay thế trứng, sữa đang tăng đáng kể ở nhiều nước công nghiệp. Theo ước tính các chất thay thế trứng như protein đậu sẽ đạt 34,8 triệu USD đến năm 2020 [6]. Do đó, việc tăng cường sử dụng protein thực vật là rất cần thiết để góp phần giảm áp lực cho ngành chăn nuôi thâm canh đã gây ra nhiều tác hại cho môi trường.

Các loại đậu khô (đậu xanh, đậu lăng, đậu ngự, đậu gà...) được sản xuất ở nhiều châu lục trên thế giới: Bắc Mỹ đặc biệt là Canada, các nước khu vực ở châu Á và Trung Đông. Nhập khẩu các loại hạt khô thường xảy ra ở các quốc gia đông dân như Ấn Độ, Trung Quốc [7]. Đã có nghiên cứu về thành phần và các hợp chất có hoạt tính sinh học trong các loại đậu khô được nấu chín [8]. Xét ở góc độ dinh dưỡng, sự kết hợp đúng đắn của các nguồn protein thực vật có thể cung cấp đủ lượng axit amin thiết yếu cho nhu cầu sức khỏe của con người. Bên cạnh đó, nguồn protein này cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra các tính chất chức năng cho lĩnh vực chế biến thực phẩm thông qua các khả năng nhũ hóa, tạo bọt, tạo gel và tạo bột nhào [9].

Đậu gà- tên gọi ở Việt Nam- (còn gọi là Chickpea) ngày càng được đánh giá cao do giàu dinh dưỡng và có khả năng ứng dụng cao trong chế biến thực phẩm [10]. Thuật ngữ Aquafaba - một chất lỏng nhớt được chiết xuất từ bất kỳ loại đậu đóng hộp hoặc chất lỏng chiết được từ quá trình nấu đậu khô, được xem như một chất tạo bọt để thay thế lòng trắng trứng [11]. Aquafaba có nhiều đặc tính chức năng như tạo bọt, nhũ hóa, khả năng cố kết và làm đặc... Do đó, nó trở thành đối tượng được lựa chọn phổ biến để thay thế sữa và trứng trong công thức làm bánh và các sản phẩm tráng miệng lạnh không có trứng/sữa. Các tính chất chức năng của aquafaba rất khác nhau, tùy thuộc vào loại đặc điểm hạt (kiểu gen), thành phần và phương pháp nấu như thời gian, nhiệt độ, áp suất [12].

Các sản phẩm công nghiệp từ các loại hạt khô thường là các sản phẩm đóng hộp trong dung dịch đặc nhớt hoặc nước muối. Các sản phẩm đậu đóng hộp này đã được chứng minh là chất bọt tốt, chất ổn định hệ nhũ tương, và có thể hoạt động như một chất làm đặc. Aquafaba đóng hộp đã được công bố là có thể được sử dụng để thay thế protein trứng và sữa [13].

Xu thế gần đây đối với thực phẩm có nguồn gốc thực vật là tập trung vào nghiên cứu các chất tạo bọt thay thế để thay thế lòng trắng trứng, chẳng hạn như nước nấu đậu [14]. Aquafaba từ đồ hộp đậu gà được xem là loại có khả năng thay thế tốt trứng trong các loại bánh không trứng [11]. Cho đến nay đã có hai công bố tổng quan về aquafaba [12, 13] nhưng hầu hết đều đề cập đến dịch đậu đậu gà đóng hộp thương mại.

Người tiêu dùng Việt chưa có thói quen sử dụng đậu đóng hộp do nhiều nguyên nhân, có lẽ do Việt Nam là quốc gia có khả năng tự sản xuất nhiều loại hạt đậu khô, và là quốc gia có truyền thống ẩm thực sử dụng thức ăn tự chế biến tại gia đình. Phần lớn đậu khô được chế biến ở dạng ngâm trong nước, sau đó luộc hay nấu hầm. Nước nấu đậu có thể dùng làm súp nhưng cũng có thể bị thải bỏ đi. Với mục đích tận dụng nguồn nước nấu đậu, đáp ứng xu thế của hệ thống thực phẩm bền vững, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phát triển sản phẩm có tính chất kem bọt dùng tráng miệng lạnh hay trang trí bánh kem không chất béo/ sữa/ trứng từ nước nấu đậu gà. Biện pháp thu nhận và bảo quản dịch đậu, ảnh hưởng của pH (điều chỉnh bằng acid citric) và muối ăn đến các tính chất của bọt như khả năng tạo bọt, độ bền bọt, khả năng kết hợp và giữ khí, độ nhớt và tính chất cấu trúc thông qua giá trị độ cứng của bọt đã được khảo sát. Ảnh hưởng của nồng độ sucrose và xanthan gum đến tính chất cấu trúc của sản phẩm kem bọt cũng đã

được ghi nhận. Hơn nữa sản phẩm kem bột thu được từ nghiên cứu này cũng đã qua so sánh với kem bột từ trứng thông qua các tính chất cấu trúc và vi thể của bột.

2 NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên liệu

Nguyên liệu: Đậu gà (Desi chickpea) do cửa hàng thực phẩm dưỡng sinh Chân Nguyên, địa chỉ số 96 Võ Thị Sáu, phường Tân Định, Quận 1, Tp. Hồ Chí Minh cung cấp. Acid citric- $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ có độ tinh khiết 100%, sản phẩm của Real Food, đóng chai khối lượng 454g (1 Lb.) dùng để hiệu chỉnh pH của dịch đậu. Xanthan gum sản phẩm của Real Food, đóng chai khối lượng 170g (6 Oz). Muối biển là sản phẩm của công ty Visalco. Đường tinh luyện của công ty đường Biên Hòa. Trứng gà là trứng gà nâu *Isa Brown*, size M của công ty Ba Huân sản xuất từ 3-5 ngày in trên bao bì.

2.2 Phương pháp

Chuẩn bị dịch đậu. Đậu gà khô (hình 1-a) ngâm 8-10 giờ, vớt để ráo. Nấu đậu với các tỷ lệ đậu: nước = 1:3, 1:4 và 1:5 (w/w) cho vào nồi inox đun 45 phút. Đậy kín nắp để nguội ở nhiệt độ phòng $29 \pm 1^\circ C$, lọc thu phần chất lỏng nhớt có giá trị pH ban đầu 6,5- 6,6 cho vào các túi zip kích thước 5 x 7 cm và bảo quản ở nhiệt độ $-4^\circ C$ để phục vụ cho nghiên cứu. Phần đậu đã luộc chín được dùng trong một nghiên cứu khác.

Chuẩn bị bột đậu và khảo sát ảnh hưởng của pH, muối ăn đến bột. Dịch đậu đông lạnh được rã đông ở nhiệt độ phòng cho đến khi tan. Cho 100 ml dịch đậu vào tô (nhiệt độ trung bình của dịch đậu khi đánh bột $26 \pm 1^\circ C$), hiệu chỉnh pH, bổ sung muối ăn rồi tiến hành đánh tạo bột bằng máy đánh trứng Panasonic- MK-GB1WRA cấp độ 5 (trung ứng 720 ± 1 rpm) trong thời gian 10 phút.

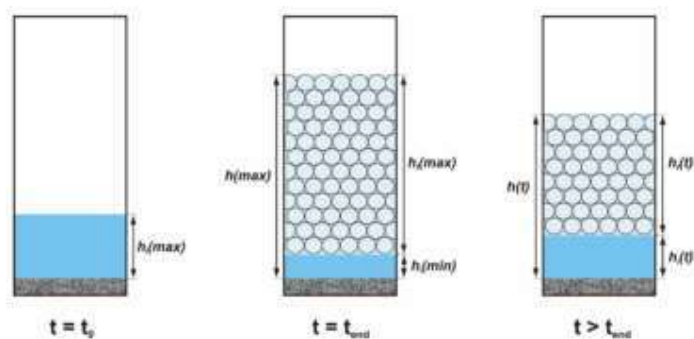
Trình tự chế biến các sản phẩm kem bột. Trong khảo sát này, bột khi trộn với đường và chất ổn định xanthan gum gọi là kem bột. Kem bột đậu lần lượt được qua khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đường sucrose (60, 70 và 80%, w/v) và nồng độ xanthan gum (0,004, 0,005 và 0,006 %, w/v) theo nguyên tắc cố định nồng độ thích hợp của khảo sát trước để tiến hành thí nghiệm tiếp theo. Bổ sung bột matcha 1% (w/v) vào dịch đậu đã hiệu chỉnh pH, bổ sung muối ăn, xanthan gum và đánh đều 8 phút, tiếp tục bổ sung sucrose và đánh thêm 5 phút thu được kem bột matcha.

Phương pháp xác định đặc tính cấu trúc của bột và kem bột. Cấu trúc bột đậu được khảo sát theo phương pháp của Rahmati N.F. & Tehrani M.M. (2014) có hiệu chỉnh. Dịch đậu gà sau khi được đánh tạo bột /hay kem bột để ổn định 1 phút. Cho bột/ kem bột lấp đầy vào khuôn hình trụ có đường kính $\varnothing 60$ mm, cao 30mm, dùng thước thẳng gạt bằng bề mặt khuôn sao cho chiều cao của bột ngang bằng với chiều cao khuôn. Sử dụng phân tích TPA trên thiết bị (TA-XT Plus, The Brookfield CT3 Texture Analyzer, US) với đầu dò hình trụ TA4/1000 có đường kính 38,1mm và cao 20mm. Vận tốc đầu dò là 1 mm/s với lực nén 50% biến dạng so với ban đầu, nén 2 lần, lực nén 5 g, tốc độ trước thử nghiệm 2,0 mm/s. Đặc tính cấu trúc của bột được biểu diễn qua giá trị Hardness. Với khảo sát trên kem bột khai báo vận tốc đầu dò là 5mm/s và ghi nhận các giá trị hardness, adhesiveness, cohesiveness and gumminess [15].

Khả năng tạo bột (FC) và độ bền bột (FS) [16]. 100ml dịch đậu, sau khi đánh thì bột được chuyển nhanh tay và nhẹ nhàng vào ống đong dung tích 500 ml. Thể tích bột (h_f max) được ghi nhận. Tổng thời gian kể từ khi bắt đầu chuyển bột vào ống đong đến khi ghi kết quả không quá 2 phút. Tiếp tục để yên tĩnh trong thời gian 30 phút, ghi nhận kết quả thể tích bột (h_f t) và thể tích dịch đậu (h_i) thời điểm này.

$FC (\%) = [(Thế\ tích\ sau\ khi\ đánh - Thế\ tích\ trước\ khi\ đánh) / Thế\ tích\ trước\ khi\ đánh] \times 100$

$FS (\%) = (Thế\ tích\ bột\ để\ sau\ 30\ phút / Thế\ tích\ bột\ ngay\ sau\ khi\ đánh) \times 100$



Hình 1: Hình ảnh mô tả bọt ngay sau khi đánh và để ổn định sau 30 phút

Khả năng kết hợp và giữ khí. Xác định thông qua mức độ tràn ngập Overrun theo công thức sau [17]:

$$\% \text{Overrun} = \frac{(m \text{ dịch lỏng trước khi đánh kem}) - (m \text{ kem của cùn thể tích dịch lỏng}) \times 100}{(m \text{ kem của cùn thể tích dịch lỏng})}$$

Xác định thông số màu sắc của kem bột. Sử dụng không gian màu Hunter, với các thông số màu (L^* , a^* và b^*) được đo bằng Minolta CR410 với thang màu chuẩn có các giá trị $x=0,3169$; $y=0,3239$; $Y=86,0$. Mẫu bột được cho vào cuvet Minotab, đo 3 mẫu, mỗi mẫu đo 8 vị trí với quay 45 độ cho mỗi mẫu. Chỉ số trắng (Whiteness Index, WI) được tính bằng công thức được đưa ra bởi Mohamad et al. (2015) [18]:

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

Chụp hình bọt và xác định đường kính trung bình của bọt. Quan sát bọt bằng kính hiển vi huỳnh quang Model Olympus BX 53. Chụp hình bọt camera với ống kính 4x10. Sử dụng công cụ thước của phần mềm xác định đường kính của 30 bóng bọt đại diện để xác định kích thước trung bình của bọt.

Xử lý số liệu thống kê. Số liệu biểu diễn ở dạng (Trung bình \pm độ lệch chuẩn) của 3 lần thực nghiệm, sử dụng công cụ LSD của phần mềm Statgraphics centurion XV để thống kê và so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

3 KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

3.1 Khảo sát tỷ lệ nước nấu thích hợp cho khả năng tạo bọt (FC) và độ bền bọt (FS)

Bảng 1: Khả năng tạo bọt và độ bền bọt theo các tỷ lệ nước nấu khác nhau

Số TN	Tỉ lệ đậu khô: nước (w/w)	FC (%)	FS (%)
1	1: 3	510,00 ^a \pm 17,30	81,17 ^a \pm 1,15
2	1: 4	610,67 ^b \pm 10,10	85,55 ^b \pm 1,18
3	1: 5	504,71 ^a \pm 20,0	82,10 ^a \pm 0,99

Các ký tự a, b khác nhau biểu diễn sự khác biệt (theo hàng) có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=0.05$.

Dữ liệu trình bày ở bảng 1 cho thấy ở tỷ lệ đậu nước 1:3 và 1:5 giá trị FC và FS đều thấp khác biệt có ý nghĩa so với tỷ lệ 1:4. Ở tỷ lệ 1:3, do lượng nước thấp làm ảnh hưởng đến quá trình trích ly, dung môi nước không đủ nên dịch nấu thu được rất ít và có màu tối. Cùng thời gian đun đậu là 45 phút khilượng nước thấp nồng độ chất trích ly được sẽ cao, nhưng do đậu nhanh chín, mềm và dễ bị vỡ nát khi tỷ lệ nước nấu quá thấp. Hiện tượng này tạo ra các hạt tinh bột phân tán trong nước nấu, phá vỡ màng bọt dẫn đến làm giảm FC và FS. Với tỷ lệ đậu nước 1: 5 dịch đậu thu được FC và FS kém hơn so với mức 1: 4 là do nồng độ các chất có khả năng tạo bọt phân bố trong dịch nấu thấp. Tỷ lệ đậu khô: nước = 1: 4 được xem là thích hợp để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo. Với tỷ lệ này, hiệu suất thu hồi dịch đậu ghi nhận được trung bình là 34 – 37% (tính theo lượng nước sử dụng). Hình ảnh đậu khô, đậu sau khi nấu và dịch đậu thu được ở tỷ lệ đậu: nước =1: 4 (w/w) (sau này gọi tắt là dịch đậu- DD) như mô tả ở hình 2.



Hình 2: Hình chụp mô tả a- hạt đậu khô, b- đậu qua nấu chín, c- DD thu nhận được

Bảng 2 cho thấy lòng trắng trứng (LT) có khả năng tạo bọt và độ bền bọt cao khác biệt so với DD. Khả năng tạo bọt đặc trưng của lòng trắng trứng đã được nghiên cứu nhiều, do đó việc tìm kiếm một chất có thể thay thế hoàn toàn trứng là khá khó khăn [4]. Trong đậu gà khô chứa nhiều protein hình cầu có khả năng tạo bọt như albumin 8-12%, globulins 53- 60% [9]. Hàm lượng protein của 6 giống đậu gà khác nhau đã công bố dao động từ 20,9% đến 25,27%, với albumin, globulin, prolamin và glutelin dao động theo trình tự lần lượt từ 8,39% đến 12,31%, 53,44% đến 60,29%, 3,12% đến 6,89% và 19,38% đến 24,40% [7]. Hơn nữa, trong đậu gà còn được ghi nhận có chứa nhóm chất saponins giàu hoạt tính sinh học và có khả năng tạo bọt [19]. Các thành phần này đã được trích ly và phân tán vào nước nấu giúp cho dịch đậu khi được đánh nổi sẽ có khả năng tạo ra nhiều bọt và độ bền bọt khá cao. Lượng nước sử dụng nấu đậu nếu cao sẽ làm loãng nồng độ các chất có khả năng tạo bọt. Ngoài ra, thông số độ nhớt biểu kiến của DD thấp hơn nhiều so với LT nên giá trị FC và FS của DD thấp hơn khi so với LT là hoàn toàn hợp lý.

Về màu sắc cho thấy các chỉ số ΔL^* của LT cao hơn so với DD và bọt của LT thiên về màu sáng. Chỉ số độ trắng WI của bọt tạo thành từ LT thấp khác biệt có ý nghĩa so với bọt từ DD. Hình chụp 1c- cho thấy thực tế màu của DD thiên về màu vàng nhưng giá trị Δb^* của DD cho biết màu DD thiên về xanh lá trong khi màu LT thiên về vàng. Giá trị Δa^* của DD cho biết màu DD thiên về đỏ hơn so với LT. Các thông số màu không thể giải thích rõ ràng trong không gian màu CIE $L^*a^*b^*$ mà chỉ giúp mô tả tất cả những màu mà mắt một người có khả năng cảm nhận, chúng được xem như là cơ sở minh họa để tham chiếu được màu DD và LT trong không gian màu CIE $L^*a^*b^*$ hay khi chuyển qua một không gian màu khác.

Bảng 2: Các tính chất vật lý của lòng trắng trứng gà và nước nấu đậu gà

Chỉ tiêu xác định	Lòng trắng trứng (LT)	Nước nấu đậu gà (DD)
Khả năng tạo bọt (FC, %)	684 ^b ± 5,29	620,67 ^a ± 9,02
Độ bền bọt (FS, %)	98,67 ^b ± 0,58	85,67 ^a ± 1,53
Khả năng kết hợp và giữ khí (OR, %)	117,71 ^a ± 1,22	110,87 ^a ± 1,11
Các chỉ số màu		
ΔL^*	89,29 ^b ± 0,26	87,61 ^a ± 2,35
Δa^*	-0,52 ^a ± 0,09	-1,07 ^b ± 0,06
Δb^*	10,54 ^b ± 2,35	4,66 ^a ± 0,21
Chỉ số trắng của bọt- WI	84,82 ^a ± 1,16	86,68 ^b ± 2,14
Độ nhớt (cP)	20,89 ^b ± 1,93	2,57 ^a ± 0,20

Các ký tự a, b khác nhau biểu diễn sự khác biệt (theo hàng) có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=0,05$.

Điều đáng ghi nhận của dữ liệu trình bày ở bảng 2 là khả năng kết hợp và giữ khí thông qua giá trị OR (%) của ĐĐ và LT không có sự khác biệt về mặt thống kê. Theo Ning Liu et al. (2019) trong quá trình tạo kem bọt khối lượng gia tăng của bọt sau khi đánh chủ yếu là không khí được kết hợp vào trong bọt [17]. Kết quả khảo sát này đã cho thấy lượng không khí được gắn kết vào bọt của ĐĐ và LT tương đương nhau. Đây có thể xem là cơ sở giải thích thỏa đáng về sự không khác biệt về khả năng kết hợp và giữ khí của ĐĐ và LT. Tuy nhiên để ĐĐ có thể thay thế LT cần phải có một số biện pháp kỹ thuật nhằm cải thiện các tính chất cấu trúc của bọt khi áp dụng vào trong chế biến thực phẩm.

3.2 Ảnh hưởng của pH và muối ăn đến tính chất cấu trúc của bọt

Giá trị pH ảnh hưởng đáng kể đến khả năng hydrat hóa của protein nên ảnh hưởng đến các tính chất chức năng của protein trong đó có tính chất bọt. Trong khoảng pH khảo sát (xem bảng 3), tại giá trị pH 4 các tính chất của bọt như khả năng tạo bọt, độ bền bọt và độ cứng (Hardness) đều cao khác biệt có ý nghĩa so với các giá trị pH khác. Protein đậu gà có giá trị pI 4,3 [20] nên có thể giải thích điều này như sau: tại pH thấp gần giá trị pI đẳng điện, các phân tử protein có xu hướng tập trung lại (sự tập trung đạt cực đại tại pI) và sau đó chúng được hấp phụ tại các bề mặt phân chia khí – lỏng làm tăng chiều dày của lớp màng protein, giúp bọt tạo ra có độ bền chắc cao. Giá trị pH 4 được chọn cố định để khảo sát các thí nghiệm ảnh hưởng của nồng độ muối ăn.

Bảng 3: Ảnh hưởng của pH và nồng độ muối ăn đến các tính chất của bọt

Chi tiêu xác định	ĐĐ	ĐĐ hiệu chỉnh pH			ĐĐ pH 4, thay đổi lượng muối ăn (% w/v)		
		3	4	5	0,2	0,3	0,4
FC (%)	610,67 ^C ±10,01	636 ^{Ab} ± 5,29	650,33 ^{Ca} ± 5,03	620,67 ^{Bb} ± 9,02	649,33 ^{Dab} ±11,02	671,33 ^{Fa} ± 8,33	643,33 ^{Db} ± 7,57
FS (%)	85,67 ^{AB} ±1,18	86,59 ^{BCb} ± 0,86	91,55 ^{Aa} ± 0,2	87,88 ^{Cb} ± 0,46	88,18 ^{BCb} ± 1,46	93,61 ^{Da} ± 0,48	88,07 ^{BCb} ± 0,72
Hardness (g)	23,16 ^{AB} ± 1,04	24,67 ^{ABb} ± 1,15	29,8 ^{Ca} ± 0,28	25,67 ^{Bb} ± 1,53	25,00 ^{ABb} ± 1,00	34,00 ^{Da} ± 3,20	22,00 ^{Ab} ± 2,00

Các ký tự A, B, C, và a, b, c lần lượt biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa (theo hàng) ở các pH khác nhau; và ở pH 4 có nồng độ muối khác nhau (theo hàng) ở mức thống kê $\alpha=0,05$.

Việc bổ sung muối ăn đồng nghĩa với bổ sung các tác nhân ion. Thành phần chính của muối ăn là NaCl và sự có mặt của các ion Na^+ , Cl^- đã góp phần cải thiện các tính chất bọt của protein. Khi nồng độ muối thấp, mạng lưới protein sẽ được mở rộng do sự dính thêm các ion đã được tạo ra do quá trình hydrat hóa của protein. Ngược lại, khi nồng độ muối cao, do nước và muối có phân cực cao hơn protein nên lực liên kết giữa muối và nước trở nên nổi trội hơn. Kết quả sẽ gây ra hiện tượng tách nước của protein. Ở nồng độ ion thích hợp sẽ tạo là lực tĩnh điện giữa protein và các ion Na^+ , Cl^- đủ lớn để hình thành nên bọt bền và có độ cứng cao. Quan sát số liệu trình bày ở bảng 3 cho thấy khả năng tạo bọt, độ bền bọt và độ cứng của bọt thu nhận được từ dịch đậu sau khi được hiệu chỉnh pH và bổ sung muối ăn tăng lên đáng kể (FC% = 671,33 ± 8,33% và FS% = 93,61 ± 0,48%), tương đương với tính chất bọt thu được từ lòng trắng trứng (FC% = 684 ± 5,29 và FS% = 98,67 ± 0,58 xem bảng 2). Bọt nhận được khi ĐĐ qua điều chỉnh pH 4 và nồng độ muối 0,3 % - gọi tắt là dịch đậu hiệu chỉnh (ĐĐHC)- ghi nhận được giá trị độ cứng Hardness cao khác biệt có ý nghĩa so với mẫu dịch đậu, tuy nhiên vẫn không thể so sánh với bọt của LT về độ cứng của bọt.

3.3 Ảnh hưởng của sucrose và xanthan gum đến tính chất cấu trúc của kem bọt

Do trong thành phần protein có chứa cả nhóm ưa nước và kỵ nước nên khi kết hợp các polysaccharids, các protein này đóng vai trò như là các chất hoạt động bề mặt thông qua các liên kết hydro, lực hút tĩnh điện và lực đẩy tĩnh điện trong hỗn hợp giữa hai polymer sinh học này. Sucrose bổ sung vào ngoài mục đích tạo vị ngọt cho sản phẩm tráng miệng, chúng cùng với xanthan gum còn có vai trò như là các chất hoạt động bề mặt tạo tính chất cấu trúc tốt và độ bền cao cho sản phẩm kem bọt. Giải thích điều này là do

đường, protein và xanthan gum kết hợp với nhau hình thành hệ nhũ tương đa lớp dầu/ nước [21], và các loại tương tác khác nhau được hình thành như liên kết hydro, lực hút tĩnh điện và lực đẩy tĩnh điện đã được hình thành trong hỗn hợp giữa các biopolymer protein- polysaccharides [22].

Mặt khác, xanthan là một gum anion đã được sử dụng rộng rãi do các đặc tính đặc biệt của nó như bền trong môi trường axit, kiềm cao và có khả năng làm tăng độ nhớt đáng kể [23] nên các tính chất của kem bọt được cải thiện rõ nét (xem bảng 4). Tóm lại, nồng độ sucrose và xanthan gum có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất của bọt, ở nồng độ thích hợp (sucrose 70% và xanthan gum 0,005%) hoàn toàn thích hợp để ổn định hệ bọt theo thời gian. Cho đến thời điểm này, chưa có công bố nào sử dụng đồng thời sucrose và xanthan gum vào chế biến sản phẩm nhũ tương từ nước nấu đậu. Song với kết quả thực nghiệm có thể khẳng định rằng việc sử dụng sucrose - xanthan gum có tiềm năng cao để cải thiện tính chất của kem bọt thu nhận được dịch đậu gà, có thể dùng chế biến các sản phẩm tráng miệng lạnh không sữa/trứng.

Bảng 4: Ảnh hưởng của hàm lượng đường sucrose và xanthan gum đến tính chất kem bọt (pH=4 và 0,3% muối ăn)

Chỉ tiêu xác định	DĐHC	Sucrose % (w/v)			70% sucrose, thay đổi xanthan gum (% w/v)		
		60	70	80	0,004	0,005	0,006
FC (%)	671,33± 8,33	669,33 ^b ±9,02	688,67 ^a ± 7,57	636,67 ^c ± 5,77	761,33 ^B ± 22,03	947,33 ^A ± 12,70	942,00 ^{aa} ± 7,21
FS (%)	93,61± 0,48	92,33 ^b ±1,15	96,00 ^a ± 0,00	90,33 ^b ± 1,15	98,67 ^B ± 0,51	100,00 ^A ± 0,00	100,00 ^{aa} ± 0,00
Hardness (g)	34,00± 3,20	27,83 ^b ±0,76	33,33 ^a ± 1,53	27,17 ^b ± 0,76	33,67 ^B ± 1,89	39,67 ^A ± 1,53	26,83 ^C ± 0,76
Adhesiveness (mJ)	-	0,73 ^{ab} ± 0,04	0,82 ^a ± 0,02	0,70 ^b ± 0,07	0,83 ^B ± 0,03	0,94 ^A ± 0,03	0,83 ^B ± 0,04
Cohesiveness	-	1,29 ^a ±0,10	1,49 ^a ± 0,14	1,33 ^a ± 0,10	1,20 ^B ± 0,12	1,42 ^{AB} ± 0,04	1,54 ^A ± 0,15
Springiness (mm)	-	2,52 ^{ab} ± 0,08	2,84 ^a ± 0,14	2,46 ^b ± 0,20	2,27 ^B ± 0,48	3,09 ^A ± 0,18	2,79 ^{AB} ± 0,18
Gumminess (g)	-	34,07 ^b ±0,81	44,53 ^a ± 1,47	34,73 ^b ± 2,06	42,27 ^A ± 2,84	48,87 ^A ± 3,17	43,07 ^A ± 1,72
Chewiness (mJ)	-	0,86 ^b ± 0,09	1,17 ^a ± 0,11	0,88 ^b ± 0,12	0,93 ^B ± 0,16	1,48 ^A ± 0,13	1,22 ^{AB} ± 0,16

Chú thích: (-) không xác định

Các ký tự a,b,c và A, B, C khác nhau lần lượt biểu diễn mức độ khác biệt (theo hàng) của các nồng độ sucrose khác nhau và khi cố định 70% sucrose, thay đổi xanthan gum có ý nghĩa thống kê với mức P-value <0,05.

3.4 Cấu trúc vi thể và tính chất của kem bọt

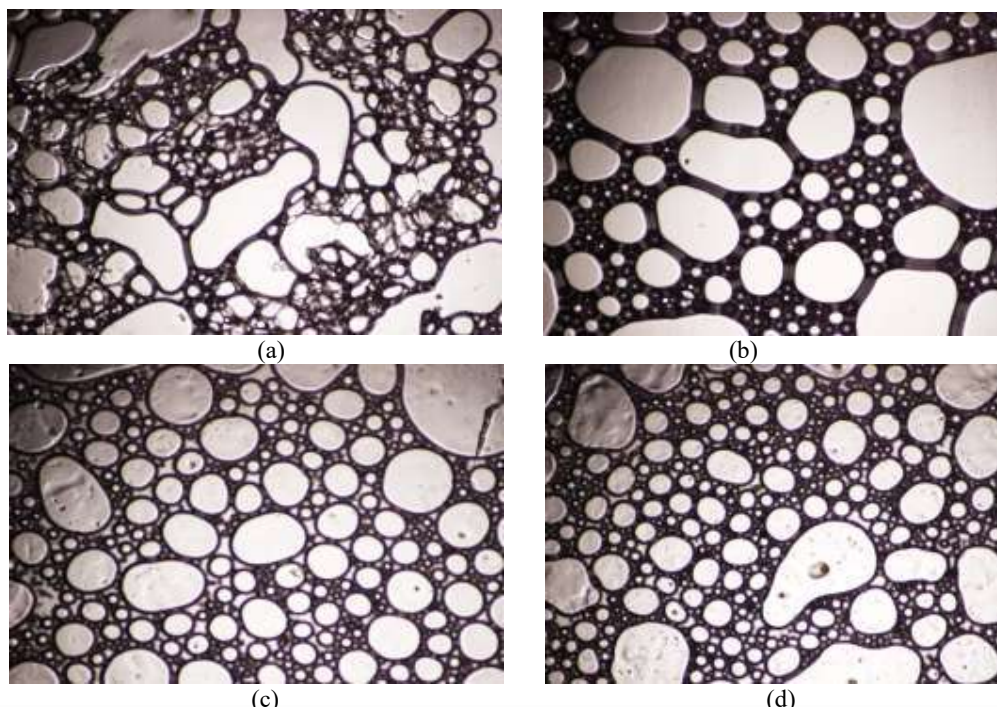
Nhìn hình 3a thấy rõ màng (thành) bọt LT dày, có đường biên phân cách rõ rệt hơn so với bọt được tạo ra từ DĐ (hình 3b). Bọt của DĐ có kích thước không đồng đều, nhiều bọt có kích thước lớn bất thường cho thấy có hiện tượng hợp nhất của bọt, nhiều bọt nhỏ kết hợp lại với nhau tạo thành bọt lớn hơn. Hình 3c và 3d cho thấy các bóng bọt của kem bọt có màng bọt rất rõ nét và bề mặt bọt đã được hóa rắn. Bọt tạo ra từ DĐ do các bóng khí phân tán trong pha lỏng liên tục. Với kem bọt, các bóng khí phân tán trong pha rắn liên tục và được ổn định bởi các chất hoạt động bề mặt [1]. N.F. Rahmati et al. (2018) đã thừa nhận rằng có sự hình thành hệ nhũ tương đa lớp dầu/ nước khi có sự tương tác của các biopolymer đường, protein và xanthan gum [21].

Bảng 5: Tính chất cấu trúc của các sản phẩm kem bột

Chỉ tiêu xác định	Kem bột LT	Kem bột ĐĐ	Kem bột từ ĐĐ bổ sung matcha
Hardness (g)	69,12 ^b ±6,29	39,67 ^a ±1,53	37,17 ^a ±1,26
Adhesiveness (mJ)	0,93 ^b ±0,26	0,94 ^b ±0,03	0,79 ^a ±0,02
Cohesiveness	1,11 ^a ±0,11	1,42 ^b ±0,04	1,34 ^b ±0,06
Springiness (mm)	1,46 ^a ±0,05	3,09 ^c ±0,18	2,59 ^b ±0,10
Gumminess (g)	70,53 ^b ±4,05	48,87 ^a ±3,17	43,4 ^a ±3,62
Chewiness (mJ)	1,02 ^a ±0,02	1,48 ^b ±0,13	0,97 ^a ±0,12
Đường kính trung bình bóng bột (μm)	177,16 ^a ± 78,54	277,96 ^b ± 132,72	250,24 ^b ±96,01

Các ký tự khác nhau biểu diễn sự khác biệt (theo hàng) có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=0,05$.

Đường kính trung bình kem LT nhỏ có ý nghĩa so với với kem bột từ ĐĐ (3c) và kem bột có bổ sung bột matcha (3d) với kích thước trung bình lần là (177,16^a ± 78,54 μm); (277,96^b ± 132,72 μm) và (250,24^b ± 96,01 μm). Số liệu này chứng tỏ LT bóng bột có kích thước nhỏ và màng bột dày nên bột bền và có tính chất cấu trúc nổi trội so với bóng bột từ ĐĐ. Ngoài ra, bóng bột từ LT có độ cứng (Hardness) và độ dẻo (Gumminess) cao khác biệt có ý nghĩa so với kem bột từ ĐĐ và đây là tính chất đặc trưng hiếm có của lòng trắng trứng. Kem bột từ LT không cần bổ sung xantham gum cũng như bất cứ điều chỉnh nào cũng cho thấy tính chất tự nhiên tuyệt vời của LT mà khoa học đã thừa nhận (như đã trình bày ở phần giới thiệu). Ngược lại, lực nhai (Chewiness) và độ đàn hồi (Springiness) của kem bột từ ĐĐ cao khác biệt so với LT có lẽ là do sự hiện diện của tương tác kép của sucrose –protein –xanthan gum. Không thể giải thích tất cả sự khác biệt này một cách rõ ràng, tuy nhiên dữ liệu trình bày ở bảng 5 đã mô tả tất cả các thuộc tính cấu trúc của kem thu được, là cơ sở minh họa cho khả năng cảm nhận của người tiêu dùng khi ăn các loại kem này.



Hình 3: Hình ảnh bột chụp từ kính hiển vi huỳnh quang

(a) bột từ LT; (b) bột từ ĐĐ; (c) kem bột từ ĐĐ; (d) kem bột từ ĐĐ có bổ sung matcha

4 KẾT LUẬN

Công thức của sản phẩm kem bột mới đã được phát triển thành công bằng cách sử dụng nước nấu đậu gà kết hợp với các chất hỗ trợ kỹ thuật an toàn, đơn giản. Các đặc tính vật lý của dịch đậu gà và lòng trắng trứng đã được so sánh. Nước nấu đậu gà đã được minh chứng là một loại dịch tốt để thay thế lòng trắng trứng trong việc tạo ra kem bột. Nghiên cứu này đã góp phần giảm chi phí của sản phẩm thực phẩm bằng cách thay thế trứng bằng dịch nấu đậu trong các sản phẩm có sử dụng trứng/ sữa. Các kết quả thu nhận được có thể xem là cần thiết để hỗ trợ đổi mới công nghệ theo xu thế sử dụng nguồn protein từ các loại đậu khô để sản xuất các sản phẩm tráng miệng lạnh không trứng/sữa, góp phần giảm áp lực cho ngành chăn nuôi thâm canh và hướng đến bảo vệ môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. Campbell, A History of Aerated Foods, *Cereal Foods World*, 2009. 54(1): p. 8-14.
- [2] I. Cantat, et al. *Foams: Structure and Dynamics*. 2013: OUP Oxford.
- [3] Y. Hu, H. Liang, W. Xu, Y. Wang, Y. An, X. Yan, S. Ye, Q. Huang, J. Liu, B.Li., Synergistic Effects of Small Amounts of Konjac Glucomannan on Functional Properties of Egg White Protein, *Journal of Food Hydrocolloids*, 2016. 52: p. 213-220.
- [4] A. Ashwini, R. Jyotsna, and D. Indrani, Effect Of Hydrocolloids And Emulsifiers On The Rheological, Microstructural and Quality Characteristics of Eggless Cake. *Journal of Food Hydrocolloids*, 2009. 23(3): p. 700-707.
- [5] M. Janssen, C. Busch, Claudia, M. Rödiger, U. Hamm, Motives of Consumers Following a Vegan Diet and Their Attitudes towards Animal Agriculture. *Journal of Appetite*, 2016. 105: p. 643-651.
- [6] <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pea-protein-market-36916504.html>
- [7] F. Roy, J. Boye, and B. Simpson, Bioactive Proteins and Peptides in Pulse Crops: Pea, Chickpea and Lentil. *Journal of Food Research International*, 2010. 43(2): p. 432-442.
- [8] N. Kalogeropoulos, A. Chiou, M. Loannou, V.T. Karathanos, M. Hassapidou, N.K. Andrikopoulos, Nutritional Evaluation and Bioactive Microconstituents (Phytosterols, Tocopherols, Polyphenols, Triterpenic Acids) in Cooked Dry Legumes Usually Consumed in The Mediterranean Countries, *Journal of Food Chemistry*, 2010. 121(3): p. 682-690.
- [9] L. Day, Proteins from Land Plants—Potential Resources for Human Nutrition and Food Security, *Trends in Food Science & Technology*, 2013. 32(1): p. 25-42.
- [10] R. Rachwa, D., E. Nebesny, and G. Budryn, Chickpeas—Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015. 55(8): p. 1137-1145.
- [11] R. Mustafa, Y. He, Y.Y. Shim, M.JT. Reaney, Aquafaba, Wastewater From Chickpea Canning, Functions as An Egg Replacer in Sponge Cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 2018. 53(10): p. 2247-2255.
- [12] S.E. Stantiall, K.J. Dale, F.S. Calizo, L. Serventi, Application Of Pulses Cooking Water as Functional Ingredients: The Foaming and Gelling Abilities, *European Food Research and Technology*, 2018. 244(1): p. 97-104.
- [13] Y.Y. Shim, R. Mustafa, J. Shen, K. Ratanapariyanuch, M.JT. Reaney, Composition and Properties of Aquafaba: Water Recovered from Commercially Canned Chickpeas, *Journal of Visualized Experiments*, 2018(132): p. e56305.
- [14] C. Vidal-Valverde, J. Frías, and S. Valverde, Changes In The Carbohydrate Composition of Legumes after Soaking and Cooking, *Journal of the American Dietetic Association*, 1993. 93(5): p. 547-550.
- [15] A.J. Rosenthal, Texture Profile Analysis—How Important Are The Parameters? *Journal of Texture Studies*, 2010. 41(5): p. 672-684.

- [16] C. Bilke-Krause, T. Schörck, T. Winkler, Foam Behavior and Foam Stability of Aqueous Surfactant Solutions, Application Reports, KRUSS, 2011.
- [17] N. Liu, J.Cui, G.Li, D.Li, D.Chang, C.Li, X.Chen, The Application of High Purity Diacylglycerol Oil in Whipped Cream: Effect on The Emulsion Properties and Whipping Characteristics. CyTA-Journal of Food, 2019. 17(1): p. 60-68.
- [18] R. A Mohamad, F.S. Taip, S.M.M. Kamal, S.K. Bejo, Color And Volume Development of Cake Baking and Its Influence on Cake Qualities, Journal of Appl Sci Agric, 2015. 10: p. 63-68.
- [19] B. Singh, J.P.Singh, N. Singh, A. Kaur, Saponins in Pulses and Their Health Promoting Activities: A Review. Journal of Food Chemistry, 2017. 233: p. 540-549.
- [20] R. Sánchez-Vioque, A. Clemente, J.Vioque, J.Bautista, F. Millán, Protein Isolates From Chickpea (*Cicer Arietinum* L.): Chemical Composition, Functional Properties and Protein Characterization, Journal of Food Chemistry, 1999. 64(2): p. 237-243.
- [21] N.F. Rahmati, A. Koocheki, M. Varidi, R. Kadkhodae, Thermodynamic Compatibility and Interactions between Speckled Sugar Bean Protein and Xanthan Gum For Production of Multilayer O/W Emulsion, Journal of Food Science and Technology, 2018. 55(3): p. 1143-1153.
- [22] R.S. Lam and M.T. Nickerson, Food Proteins: A Review on Their Emulsifying Properties Using A Structure–Function Approach, Journal of Food Chemistry, 2013. 141(2): p. 975-984.
- [23] K. Shevkani, N Singh, Y. Chen, A. Kaur, L.Yu, Influence Of Xanthan Gum On Physical Characteristics of Sodium Caseinate Solutions and Emulsions, Journal of Food Hydrocolloids, 2013. 32(1): p. 123-129.

Ngày nhận bài: 21/08/2019

Ngày chấp nhận đăng: 22/11/2019