

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ SẤY BỘT XỐP (FOAMING-MAT DRYING) SẢN XUẤT BỘT QUẢ NA

Phan Thế Duy^{1*}, Đinh Ngọc Quốc¹,

Võ Thị Hương Trâm¹, Lê Nguyễn Đoan Duy¹

¹Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Công Thương thành phố Hồ Chí Minh

*Email: duypt@huit.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu xác định các thông số và điều kiện sấy bột xốp để thu hồi bột quả na (*Annona squamosa* L.). Quả na giàu vitamin C, A, B6, magie, kali, đồng và chất xơ, nhưng do chứa nhiều nước nên khó bảo quản lâu. Trong nghiên cứu này, quá trình sấy bột xốp của thịt quả na được thực hiện bằng cách khảo sát tỉ lệ và chọn ra chất tạo bọt phù hợp trong các loại chất tạo bọt: Albumin, whey protein concentrain, soy protein isolate với tỉ lệ khảo sát 1,0 - 3,0%, khảo sát tỉ lệ và chọn ra chất ổn định bọt phù hợp trong các loại chất ổn định bọt: Carboxymethyl cellulose (CMC), gum arabic, maltodextrin, với tỉ lệ khảo sát 0,3 - 0,7%, quá trình đánh bọt kéo dài 6 - 14 phút. Với nồng độ chất khô hòa tan của dịch quả 7°Brix, sử dụng 2,0% albumin và 0,5% CMC trong 10 phút cho độ giãn nở bọt $95,76 \pm 0,43\%$, độ ổn định $97,67 \pm 0,24\%$ và mật độ $41,32 \pm 0,19$ g/mL. Quá trình sấy diễn ra ở 5 mức nhiệt độ (50 - 70°C), với độ dày bột 2 - 10 mm. Kết quả tốt nhất thu được khi sấy ở 60°C, độ dày bột 4 mm, cho bột có hàm lượng vitamin C $6,13 \pm 0,02$ mg/100 g, đường khử $48,29 \pm 0,10\%$ và thời gian sấy $240 \pm 4,08$ phút. Kết hợp giữa albumin 2,0% và CMC 0,5%, thời gian đánh bọt 10 phút, sấy ở 60°C tạo ra bột quả na có chất lượng cao. Nghiên cứu này giúp đa dạng hóa sản phẩm từ quả na, tiết kiệm chi phí và giữ nguyên giá trị dinh dưỡng.

Từ khóa: Quả na, *Annona squamosa*, đường khử, vitamin C, bột trái cây.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quả na, còn gọi là măng cầu ta hoặc táo đường, có tên khoa học *Annona squamosa* L., được trồng nhiều tại các tỉnh như: Tây Ninh, Sóc Trăng, Lạng Sơn. Đây là loại trái cây nhiệt đới thuộc họ Annonaceae, giàu dinh dưỡng [1]. Tuy nhiên, quả na chủ yếu được sử dụng ở dạng tươi, chứa hàm lượng nước cao nên thời gian bảo quản ngắn. Trong quá trình vận chuyển, quả thường không giữ được độ tươi, thậm chí dễ hư hỏng, thối rữa, làm giảm giá trị dinh dưỡng [2]. Hiện nay, sản phẩm dạng bột hòa tan xuất hiện phổ biến trên thị trường nhờ khả năng bảo quản lâu dài mà vẫn giữ nguyên giá trị dinh dưỡng. Bột có hàm lượng ẩm thấp nên bảo quản được ở nhiệt độ phòng, dễ sử dụng, đóng gói và vận chuyển. Các sản phẩm bột rất đa dạng như: Bột cà phê, bột trà hòa tan, bột rau củ quả... [3].

Tuy nhiên, các loại trái cây giàu đường như: Xoài, dưa, đu đủ rất khó sấy khô thành bột do đặc tính dính và dễ vón cục, làm quá trình sấy khô trở nên phức tạp. Sấy bằng không khí nóng truyền thống diễn ra chậm, làm thay đổi màu sắc và hương vị sản phẩm, ảnh hưởng đến chất lượng xuất khẩu. Các phương pháp sấy tiên tiến như sấy phun và sấy đông khô tạo ra bột chất lượng cao với độ ẩm thấp, dễ bảo quản và vận chuyển [4, 5]. Tuy nhiên, chi phí đầu tư cho thiết bị cao và tiêu tốn nhiều năng lượng nên khó áp dụng cho quy mô nhỏ. Hơn nữa, rau quả giàu đường chất nhạy cảm với nhiệt độ cao, dễ bị mất mùi vị, màu sắc và giá trị dinh dưỡng.

Kỹ thuật sấy bột xốp (foaming-mat drying) là giải pháp cho các thực phẩm dính, nhớt, có hàm lượng đường cao. Phương pháp này tạo bọt bằng cách kết hợp không khí với chất tạo bọt và chất ổn

định, giúp tăng diện tích bề mặt sấy, làm khô nhanh hơn và giữ dưỡng chất tốt. Bột được trải thành tấm mỏng, sấy khô đến khi đạt độ ẩm cần thiết và chuyển thành bột [6]. Nhiều thí nghiệm đã được thực hiện trên thảo xộp sấy về các sản phẩm như: Mít, khế, xoài Cho đến nay, chưa có công trình nào được đề xuất về việc tạo bột bột quả na và sau đó sấy khô trong một tấm thảo mỏng trong máy sấy đối lưu. Nghiên cứu hiện tại đã được thực hiện để khảo sát và thiết lập quy trình sản xuất bột quả na bằng công nghệ sấy bột xộp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu chính được chọn để thực hiện nghiên cứu là quả na (*Annona squamosa* L.) được thu mua tại chợ Sơn Kỳ, quận Tân Phú, thành phố Hồ Chí Minh, được làm sạch và bảo quản nơi khô ráo, thoáng mát. Quả na được làm sạch kỹ lưỡng để loại bỏ bụi bẩn trên mặt trước khi sấy khô. Độ ẩm ban đầu của quả na là 70 - 80% (wb). Các phụ gia hỗ trợ trong nghiên cứu: Soy protein isolate (Ruiqianjia - Trung Quốc, nồng độ protein 90%), albumin từ bột lòng trắng trứng (VMC Group - Việt Nam, nồng độ protein 75 - 85%), whey protein concentrate (Fonterra Limited - New Zealand, nồng độ protein 80%), carboxymethyl cellulose (CMC) (Nippon Paper Group - Nhật Bản, độ tinh khiết $\geq 99,0\%$), gum arabic (Bomei - Trung Quốc, độ tinh khiết $\geq 99,0\%$) và maltodextrin (QinHuangDao LiHua Starch Co.Ltd - Trung Quốc, độ tinh khiết 100%).

2.2. Phương pháp nghiên cứu và bố trí thí nghiệm

2.2.1. Nghiên cứu lựa chọn chất tạo bọt và chất ổn định

Quá trình tiền xử lý quả na bắt đầu bằng việc chần ở 80°C trong 2 phút để bất hoạt enzyme oxidase. Dịch quả ban đầu không tạo bọt tốt do nồng độ chất khô hòa tan cao (21 - 22°Brix). Sau đó, dịch được chuẩn hóa xuống 5 - 9°Brix để tối ưu chất lượng. Nghiên cứu khảo sát các chất tạo bọt

gồm: Albumin, whey protein concentrate và soy protein isolate với tỉ lệ cố định 2%, cùng các chất ổn định bột như: CMC, gum arabic và maltodextrin ở tỉ lệ 0,5%. Dịch quả được đánh bọt bằng máy đánh trứng cầm tay ở mức cao nhất trong 6 - 14 phút, với mục tiêu đạt độ giãn nở bọt tối ưu.

2.2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ chất tạo bọt và chất ổn định đến độ giãn nở, độ ổn định và mật độ bọt

Sau khi khảo sát và lựa chọn chất tạo bọt và chất ổn định. Tiếp tục khảo sát lần lượt tỉ lệ bổ sung chất tạo bọt với 3 mức khác nhau 1,0 - 3,0% và chất ổn định bột với 3 mức khảo sát 0,3 - 0,7%. Sử dụng máy đánh trứng cầm tay hoạt động ở mức cao nhất và đánh bọt trong khoảng thời gian 6 - 14 phút. Hàm mục tiêu là độ giãn nở, độ ổn định và mật độ của bọt.

2.2.3. Xác định các đặc tính của bọt

Khối lượng dịch nguyên liệu, albumin và CMC đã được tính toán và cho vào cốc định lượng. Việc tạo bọt được diễn ra ở 5 mức thời gian đánh bọt khác nhau 6 - 14 phút với hàm mục tiêu là độ giãn nở (Foam expansion - FE), độ ổn định (Foam stability - FS) và mật độ bọt (Foam density - FD) bằng cách sử dụng các công thức:

$$FE (\%) = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \quad (1)$$

$$FS (\%) = \frac{V_1}{V_2} \times 100 \quad (2)$$

$$FD \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{W}{V} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó: V_0 là thể tích ban đầu của dịch quả na trước khi tạo bọt (mL), V_1 là thể tích dịch quả na sau khi tạo bọt (mL), V_2 là thể tích bọt sau khi hao hụt ở thời gian 3 giờ (mL), W là khối lượng bọt (g), V là thể tích bọt (mL).

Độ giãn nở bọt được xác định bằng cách đo theo quy trình được đề cập bởi Ritesh Balaso

Watharkar và cs (2021) [5], biểu diễn được lượng không khí có trong dịch quả, được biểu thị phần trăm thể tích ban đầu của dịch quả trước khi tạo bọt (mL) và thể tích cuối cùng của dịch quả sau khi tạo bọt (mL). Độ ổn định bọt được xác định bởi Deepa và Mohapatra (2019) [2], ước tính gián tiếp bằng cách quan sát sự giảm thể tích của bọt trong ống đong nhựa 100 mL và để lắng trong vòng 3 giờ. Mật độ bọt được xác định theo Đỗ Minh Thư và cs (2023) [7], đo bằng cách cho 100 mL bọt vào ống đong thủy tinh 100 mL đã được cân trước. Khối lượng bọt tương ứng với thể tích sau mỗi lần đo.

2.2.4. Quy trình sấy bột xốp quả na

Dịch sau khi tạo bọt rải đều ra khay hình chữ nhật có diện tích $32 \times 23,8 \times 3,9$ cm và được sấy khô trong tủ sấy đối lưu. Quá trình sấy diễn ra với độ dày lớp bột trải đều ở các mức khảo sát là 2 - 10 mm và 5 mức nhiệt độ khảo sát là 50 - 70°C. Tiến hành sấy đến 3 lần với khối lượng không đổi liên tiếp của mẫu đã được ghi lại.

2.3. Phương pháp phân tích nguyên liệu và thành phẩm

2.3.1. Xác định hàm lượng vitamin C

Xác định hàm lượng vitamin C bằng phương pháp chuẩn độ Iod [8]. Dựa vào hàm lượng Iod bị khử bởi vitamin C có trong mẫu, suy ra hàm lượng vitamin C. Cân 5 g mẫu, nghiền nhỏ trong cối sứ với 5 mL dung dịch HCl 5%, nghiền kỹ, cho vào bình định mức rồi dẫn nước cất đến 50 mL. Lắc cho đồng nhất. Sau đó, lấy 20 mL dung dịch nghiền cho vào bình tam giác, chuẩn độ bằng dung dịch Iod 0,01 N có tinh bột làm chỉ thị màu cho đến màu xanh.

2.3.2. Xác định hàm lượng đường khử

Xác định hàm lượng đường khử bằng phương pháp DNS [9]. Cân 1 g bột quả na và hoà tan với 100 mL nước cất 1 lần. Sau đó, 0,6 mL mẫu dịch quả na đã chuẩn bị pha loãng được cho vào ống nghiệm thủy tinh có nắp. Tiếp theo, cho 2,4 mL nước cất và 1 mL dung dịch 3-amino-5-

nitroacylate (DNS, 100 mL dung dịch thuốc thử DNS chứa 1 g DNS, 20 mL dung dịch NaOH 2 N, 30 g sodium potassium tartrate và nước cất 1 lần) được cho vào ống nghiệm chứa mẫu dịch quả na đã pha loãng. Ống nghiệm được vận chặt nắp đậy và đun sôi trong 5 phút. Màu của phản ứng được đo ở bước sóng 540 nm bằng máy đo quang phổ (Jasco V-730, Nhật Bản).

2.3.3. Xác định độ hoà tan

Xác định độ hoà tan theo Eastman và Moore (1984) với một số hiệu chỉnh [10]. Cho 1 g mẫu hoà tan với 30 mL nước cất ở nhiệt độ thường trong ống ly tâm. Sau đó, lắc ống ly tâm trên máy vortex trong vòng 30 giây rồi ly tâm 5.000 vòng/phút trong 20 phút. Mỗi ống tiến hành ly tâm ba lần để loại bỏ hết phần nổi trên bề mặt ống. Sau đó, ngay lập tức đưa ống ly tâm vào tủ sấy và sấy ở 105°C đến khi nhiệt độ không đổi.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm khảo sát được lập ba lần, kết quả được trình bày ở dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Các số liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm Microsoft và số liệu thu được dùng phân tích phương sai (ANOVA) một yếu tố được thực hiện trên số liệu thu để kiểm định so sánh sự khác biệt theo Turkey's ở mức ý nghĩa $p < 0,05$ bằng phần mềm thống kê Minitab.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hoá lý nguyên liệu

Trước khi đưa vào nghiên cứu, nguyên liệu quả na tươi được phân tích một số thành phần hoá học và hoá lý cơ bản như: Độ ẩm, hàm lượng chất khô hoà tan, hàm lượng vitamin C, hàm lượng đường khử, màu sắc. Kết quả được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hoá lý cơ bản của nguyên liệu quả na

Thành phần	Hàm lượng
Độ ẩm (%)	$76,74 \pm 1,53$
Nồng độ chất khô hoà tan (°Brix)	$22,33 \pm 0,47$
Hàm lượng đường khử (%)	$57,13 \pm 0,03$
Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)	$39,52 \pm 0,06$

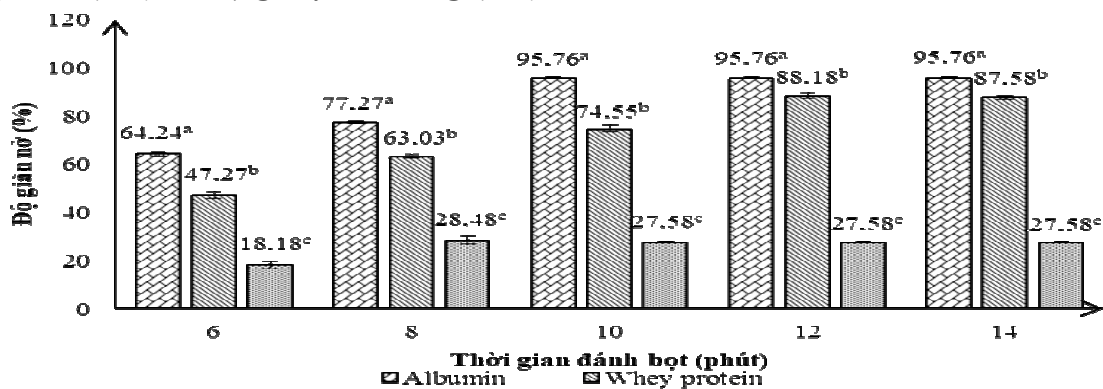
Nguyên liệu được xử lý và làm sạch, lấy thịt quả để xác định thành phần hoá lý của nguyên liệu. Kết quả thành phần hoá lý được trình bày ở bảng 1. Quả na có hàm lượng đường cao, màu trắng, thơm nhẹ, hàm lượng vitamin C cao, rất thích hợp để sản xuất ra sản phẩm bột trà hoà tan.

3.2. Ảnh hưởng của các chất tạo bọt và thời gian đánh bọt quá trình tạo bọt

Ở thí nghiệm này, các chất tạo bọt được khảo sát là albumin, whey protein concentrate và soy protein isolate với tỷ lệ bổ sung là 2,0%, sử dụng CMC làm chất ổn định với tỷ lệ bổ sung là 0,5%. Giá trị hàm mục tiêu là độ giãn nở để lựa chọn được chất tạo bọt. Sử dụng máy đánh trứng tạo bọt

các mẫu thử nghiệm với thời gian lần lượt từ 6 đến 14 phút và ghi nhận kết quả như hình 1.

Từ kết quả hình 1 thấy, các chất tạo bọt có sự khác biệt với nhau khá rõ rệt với hàm mục tiêu là độ giãn nở (FE). FE của chất tạo bọt là albumin có xu hướng tăng và dao động từ 64,24 - 95,76% và không thay đổi ở thời gian đánh bọt 10 phút. FE của chất tạo bọt là whey protein có xu hướng tăng dao động từ 47,27 - 87,58%. FE của chất tạo bọt là soy protein isolate có xu hướng tăng, dao động từ 18,18 - 28,48% và lại giảm xuống 27,58% ở thời gian đánh bọt 10 phút. Chứng tỏ rằng, chất tạo bọt là albumin có FE cao hơn so với 2 chất tạo bọt còn lại là whey protein và soy protein isolate. Điều này tương tự với kết quả của Chen và Chi (2012) [11].



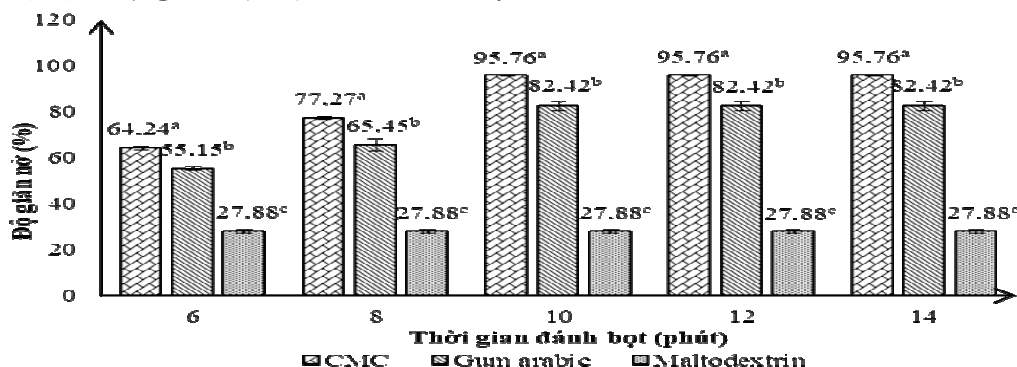
Hình 1. Ảnh hưởng các chất tạo bọt và thời gian đánh bọt đến độ giãn nở bọt

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

3.3. Ảnh hưởng của các chất ổn định và thời gian đánh đến quá trình tạo bọt

Ở thí nghiệm này, các chất ổn định được khảo sát là CMC, gum arabic, maltodextrin với tỷ lệ bổ sung là 0,5%, sử dụng chất tạo bọt là albumin với tỷ

lệ bổ sung là 2%. Giá trị hàm mục tiêu là độ giãn nở bọt (Foam expansion - FE) để lựa chọn được chất ổn định. Sử dụng máy đánh trứng tạo bọt các mẫu thử nghiệm với thời gian tăng từ 6 - 14 phút và kết quả được ghi nhận ở hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng các chất ổn định và thời gian đánh bọt đến độ giãn nở bọt

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Hình 2 cho thấy, các chất ổn định bột có sự khác biệt với nhau rõ rệt với hàm mục tiêu là độ giãn nở của bột. FE của chất ổn định bột là CMC có xu hướng tăng, dao động từ 64,24 - 95,76% và không thay đổi ở thời gian đánh bột 10 phút. FE của chất ổn định bột là gum arabic có xu hướng tăng dao động từ 55,15 - 82,42% và không thay đổi ở thời gian đánh bột 10 phút. FE của chất ổn định bột là maltodextrin thì không thay đổi theo thời

gian đánh bột với giá trị là 27,88%. Có thể kết luận rằng, chất ổn định bột là CMC có FE cao hơn so với 2 chất ổn định bột còn lại là gum arabic và maltodextrin.

3.4. Ảnh hưởng nồng độ chất khô hòa tan trong dịch quả và thời gian đánh bột đến quá trình tạo bột

Bảng 2. Ảnh hưởng nồng độ chất khô hòa tan trong dịch quả và thời gian đánh bột đến độ giãn nở bột

Nồng độ chất khô hòa tan (°Brix)	Thời gian đánh bột (phút)				
	6	8	10	12	14
5	77,88 ± 0,86 ^{aC}	84,24 ± 2,27 ^{aB}	97,27 ± 1,48 ^{aB}	97,27 ± 1,48 ^{aA}	97,27 ± 1,48 ^{aA}
6	71,82 ± 1,29 ^{bC}	81,52 ± 1,13 ^{abB}	96,36 ± 0,74 ^{aA}	96,36 ± 0,74 ^{aA}	96,36 ± 0,74 ^{aA}
7	64,24 ± 0,86 ^{cC}	81,82 ± 0,74 ^{bcB}	95,76 ± 0,43 ^{aA}	95,76 ± 0,43 ^{aA}	95,76 ± 0,43 ^{aA}
8	65,45 ± 1,48 ^{cC}	73,94 ± 2,39 ^{cB}	82,73 ± 1,48 ^{bA}	82,73 ± 1,48 ^{bA}	82,73 ± 1,48 ^{bA}
9	36,97 ± 0,86 ^{dC}	60,30 ± 1,71 ^{dB}	69,39 ± 1,13 ^{cA}	69,39 ± 1,13 ^{cA}	69,39 ± 1,13 ^{cA}

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

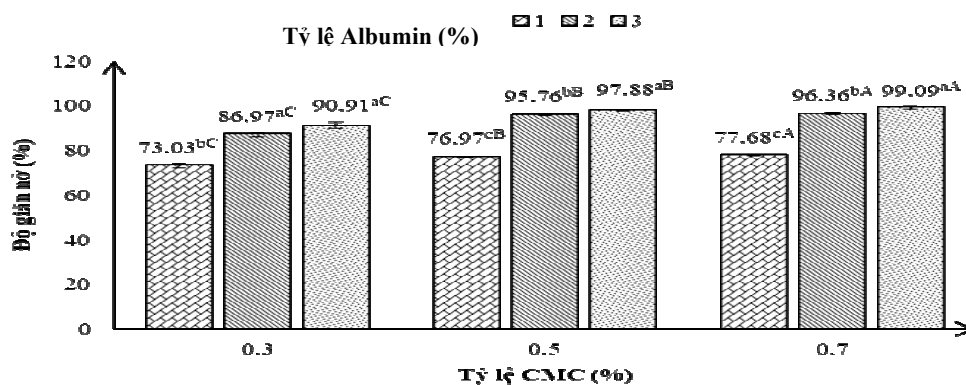
Sự thay đổi độ giãn nở bột (FE) ở các nồng độ chất khô hoàn tan trong dịch quả và thời gian đánh bột khác nhau được trình bày trong bảng 2. FE tăng khi nồng độ dịch giảm và thời gian đánh bột tăng, nhưng sau 10 phút, bột không giãn nở thêm. Dịch quả na ở 9°Brix có giá trị FE thấp nhất ($69,39 \pm 1,13\%$) sau 10 phút đánh bột, điều này là do nồng độ chất khô hòa tan cao cản trở quá trình tạo bột. Khi giảm nồng độ chất khô hòa tan xuống 5 - 7°Brix, FE tăng nhưng không đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Tuy nhiên, nồng độ 5 và 6°Brix có

độ ẩm của lớp bột cao hơn, kéo dài thời gian sấy. Do đó, nồng độ 7°Brix và thời gian đánh bột 10 phút là tối ưu với FE đạt $95,76 \pm 0,43\%$.

3.5. Ảnh hưởng tỷ lệ bổ sung chất tạo bột và chất ổn định đến quá trình tạo bột

3.5.1. Ảnh hưởng tỷ lệ bổ sung chất tạo bột và chất ổn định đến độ giãn nở bột

Sự thay đổi độ giãn nở của bột ở các tỷ lệ chất tạo bột và chất ổn định khác nhau được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng tỷ lệ chất tạo bột và chất ổn định đến độ giãn nở bột

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

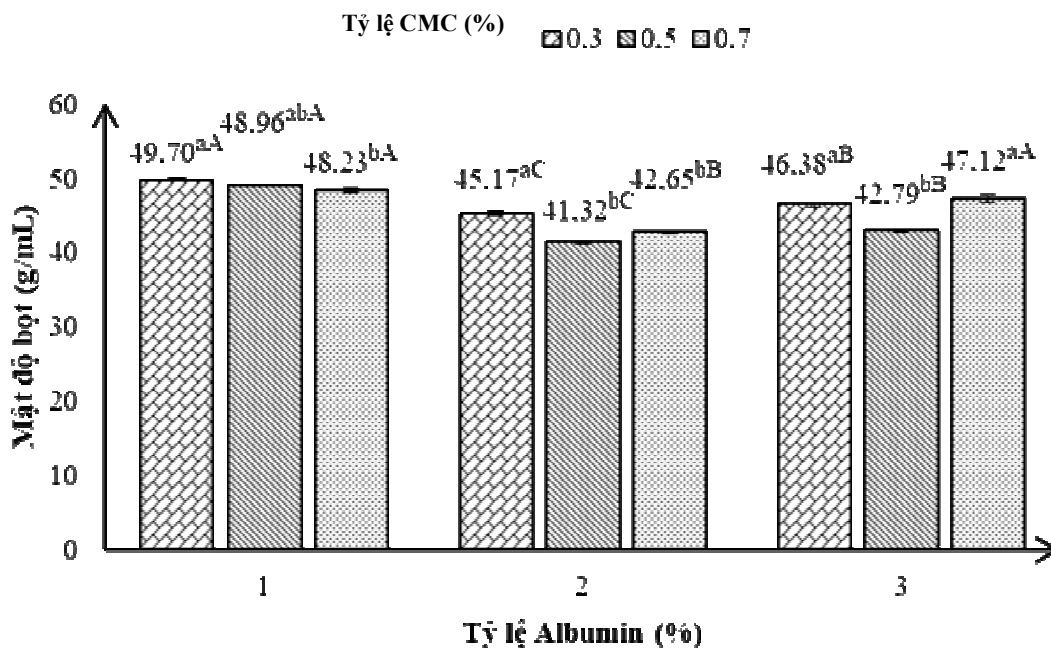
FE có chiều hướng tăng lên khi tăng nồng độ khi tăng chất ổn định bột là CMC (albumin và chất tạo bột là albumin và cũng tăng độ giãn nở CMC là kết quả lựa chọn ở những thí nghiệm

trên). FE tăng dao động từ 73,03 - 99,09% và tăng không đáng kể với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ ở tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 2,0% và 3,0%, chất ổn định là 0,5% và 0,7%, có thể giải thích rằng, do lượng CMC bổ sung quá cao làm độ nhớt của hỗn hợp tăng vượt mức cho phép nên gây cản trở cho quá trình tạo bọt [12]. Độ giãn nở thấp nhất là khi tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 1% và chất ổn định là 0,3% và cao nhất khi tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 3,0% và chất ổn định là 0,7%. Kết quả này có sự tương đồng với kết quả nghiên cứu của Ung Minh Anh Thư và

cs (2022) [4]. Do đó, với tỷ lệ chất tạo bọt là 2,0% và chất ổn định bọt 0,5% cho ra bọt tốt nhất và tiết kiệm được nguồn nguyên liệu với giá trị giãn nở là $95,76 \pm 0,43\%$.

3.5.2. Ảnh hưởng tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt và chất ổn định đến mật độ bọt

Mật độ bọt (Foam density – FD) là thông số quan trọng trong việc đánh giá quá trình đánh bông. Mật độ bọt càng thấp, bong bóng bọt càng mở rộng và bọt càng tốt.



Hình 4. Ảnh hưởng tỷ lệ chất tạo bọt và chất ổn định đến mật độ bọt

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

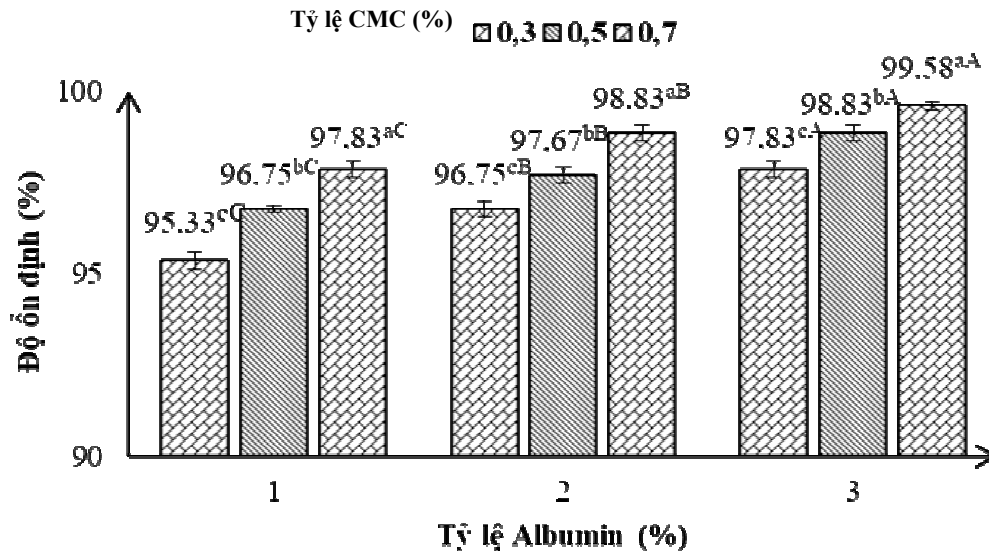
Với điều kiện thí nghiệm được thiết kế thì thu được giá trị FD dao động từ 41,32 - 49,70 g/mL. Giá trị FD cao nhất ở tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 1,0% và chất ổn định là 0,3%. Giá trị mật độ bọt thấp nhất ở tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 2,0% và chất ổn định là 0,5%. Theo mong muốn, FD càng thấp thì càng tốt, vì thế FD thấp thu được là $41,32 \pm 0,19$ g/mL với tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt là 2,0% và chất ổn định là 0,5%.

3.5.3. Ảnh hưởng tỷ lệ bổ sung chất tạo bọt và chất ổn định đến độ ổn định bọt

Độ ổn định của bọt FS (Foam Stability - FS) là khả năng giữ bọt (khả năng duy trì chiều cao - thể tích bọt) theo thời gian. Kết quả hình 5 cho thấy, khi chất ổn định bọt bổ sung càng nhiều thì độ ổn định (FS) càng tốt. FS có giá trị cao nhất là $99,58 \pm 0,12\%$ và thấp nhất là $95,33 \pm 0,24\%$. Nhìn chung, tỷ lệ chất ổn định càng cao thì bọt càng ổn định tốt. Nguyên nhân có thể được giải thích, do CMC là một polysaccharide cao phân tử nên nó có tính kỵ nước, điều này làm tăng cường độ bền của vách bọt và ổn định cấu trúc lớp bọt [12]. Bên cạnh đó, khi tăng nồng độ CMC thì độ ổn định bọt sau 3 giờ

sẽ tăng lên, dao động từ 95,33 - 99,58%. Việc sử dụng đồng thời chất tạo bọt và chất ổn định bọt tạo thành lớp bề mặt dày đặc xung quanh bọt (bong

bóng) làm giảm sức căng bề mặt và tính không ổn định của bong bóng [13].



Hình 5. Ảnh hưởng tỷ lệ chất tạo bọt và chất ổn định đến độ ổn định bọt

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Khi tăng nồng độ CMC từ 0,3 - 0,7% trong cùng nồng độ albumin thì độ ổn định của bọt sẽ gia tăng vì CMC có tác dụng làm ổn định hệ bọt do tăng độ nhớt của dịch lỏng, giảm vận tốc thoát hơi nước giúp ổn định cấu trúc hệ bọt. Kết hợp với CMC là 0,5% và 0,7% thì độ ổn định của bọt tương đối cao giúp giữ cấu trúc trong quá trình sấy khô.

3.6. Đặc tính sấy khô bột quả na

3.6.1. Ảnh hưởng độ dày lớp bọt đến chỉ số hoà tan, hàm lượng vitamin C và hàm lượng đường khử

Trong quá trình sấy thịt quả, một số phản ứng lý hóa, hóa sinh xảy ra trong nguyên liệu làm ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm. Những biến đổi đó có thể là các phản ứng tạo màu melanoidin, phản ứng oxy hóa, phân hủy vitamin, đặc biệt là vitamin C khi gặp nhiệt độ cao.

Bảng 3 cho thấy, việc lựa chọn độ dày bọt thấm trước khi sấy có ảnh hưởng lớn đến chất

lượng bột quả na. Đối với quả na chứa hàm lượng vitamin C lớn, thì việc lựa chọn độ dày bọt thấm sấy ảnh hưởng rất quan trọng. Ở hàm lượng vitamin C, độ dày bọt tăng dần thì giá trị vitamin C giảm dần. Đối với hàm lượng đường khử thì giảm dần khi tăng độ dày bọt xốp, nguyên nhân này có thể do khi độ dày thấm bọt xốp cao, thời gian sấy nhiều dẫn đến hiện tượng caramel hoá và làm mất đi một phần hàm lượng dinh dưỡng [7]. Còn với độ hoà tan thì dao động từ 68,49 - 72,76%. Khi độ dày bọt thấm ở 2 mm thì hàm lượng vitamin C có giá trị là $6,57 \pm 0,04$ mg/100 g và hàm lượng đường khử là $47,55 \pm 0,09\%$, độ hoà tan là $72,76 \pm 0,06\%$ giảm dần khi độ dày bọt thấm là 10 mm thì hàm lượng vitamin C chỉ còn $2,78 \pm 0,21$ mg/100 g và giá trị đường khử giảm còn $46,03 \pm 0,20\%$, độ hoà tan giảm còn $68,49 \pm 0,14\%$. Ngoài ra, trong quá trình sấy cấu trúc bọt có thể bị sụp đổ nếu sấy ở độ dày lớn trong thời gian dài, điều đó gây khó khăn trong việc thoát ẩm trong cấu trúc bọt.

Bảng 3. Ảnh hưởng độ dày bột đến chỉ số hoà tan hàm lượng vitamin C và hàm lượng đường khử

STT	Độ dày bột (mm)	Chỉ số hoà tan (%)	Đường khử (%)	Vitamin C (mg/100 g)
1	2	72,76 ± 0,06 ^a	47,55 ± 0,09 ^b	6,57 ± 0,04 ^a
2	4	71,31 ± 0,15 ^b	48,29 ± 0,10 ^a	6,13 ± 0,02 ^a
3	6	70,99 ± 0,27 ^b	48,29 ± 0,13 ^a	4,37 ± 0,01 ^b
4	8	69,69 ± 0,13 ^c	47,36 ± 0,09 ^b	3,64 ± 0,22 ^c
5	10	68,49 ± 0,14 ^d	46,03 ± 0,20 ^c	2,78 ± 0,21 ^d

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

3.6.2. Ảnh hưởng độ dày lớp bột đến thời gian sấy và hiệu suất thu hồi

Bảng 4. Ảnh hưởng độ dày đến thời gian sấy và độ hoà tan

STT	Độ dày bột (mm)	Hiệu suất thu hồi (%)	Thời gian sấy (phút)
1	2	52,73 ± 0,21 ^{ab}	234 ± 1,41 ^b
2	4	56,30 ± 0,19 ^a	240 ± 4,08 ^b
3	6	55,58 ± 0,11 ^a	246 ± 4,55 ^b
4	8	55,31 ± 0,38 ^{ab}	260 ± 2,16 ^a
5	10	51,91 ± 0,22 ^b	272 ± 4,32 ^a

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Độ dày lớp bột đã ảnh hưởng đến chất lượng bột quả na. Từ kết quả bảng 4 cho thấy, thời gian sấy bột dao động từ 234 - 272 phút và hiệu suất thu hồi có giá trị dao động từ 51,91 ± 0,22% đến 56,30 ± 0,19%. Khi độ dày ở 2 mm, thời gian sấy diễn ra ngắn ở thời gian 234 ± 1,41 phút. Tuy nhiên, khi độ dày ở 10 mm, thời gian sấy diễn ra khá lâu và kéo dài ở thời gian 272 ± 4,32 phút và ở độ dày 4 mm thì thời gian sấy diễn ra ở thời gian 240 ± 4,08 phút. Chỉ số hoà tan ở bảng 4 cho thấy, ở độ dày 4 mm đạt giá trị cao nhất 56,30 ± 0,19% và đạt giá trị thấp nhất ở độ dày 10 mm với 51,91 ± 0,22%.

3.6.3. Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến chỉ số hoà tan, hàm lượng vitamin C và hàm lượng đường

Bảng 5. Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến hàm lượng vitamin C và hàm lượng đường khử

STT	Nhiệt độ (°C)	Chỉ số hoà tan (%)	Đường khử (%)	Vitamin C (mg/100 g)
1	50	68,60 ± 0,28 ^d	47,48 ± 0,06 ^b	4,06 ± 0,21 ^c
2	55	69,39 ± 0,09 ^c	48,48 ± 0,03 ^a	5,40 ± 0,22 ^b
3	60	71,31 ± 0,16 ^b	48,29 ± 0,10 ^a	6,13 ± 0,02 ^a
4	65	71,49 ± 0,04 ^b	47,70 ± 0,06 ^b	3,78 ± 0,21 ^c
5	70	72,51 ± 0,21 ^a	46,42 ± 0,07 ^c	1,61 ± 0,20 ^d

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Việc chọn nhiệt độ sấy không chỉ dựa vào khả năng bay hơi nước mà còn phải giữ được dinh dưỡng, đặc biệt là vitamin C - chất rất nhạy cảm với nhiệt độ. Bảng 5 cho thấy, sấy ở 60°C giữ hàm lượng vitamin C cao nhất ($6,13 \pm 0,02$ mg/100 g). Ở nhiệt độ thấp (50 - 55°C), thời gian sấy lâu làm vitamin C bị oxy hóa. Khi nhiệt độ tăng, hàm lượng đường khử giảm do phản ứng caramel hóa. Vitamin C giảm đáng kể khi nhiệt độ và độ dày bột tăng. Ví dụ, ở 70°C và độ dày bột 4 mm, vitamin C chỉ còn $1,61 \pm 0,20$ mg/100 g. Tương tự, sấy ở 60°C với độ dày bột 10 mm vitamin C giảm xuống $2,78 \pm 0,21$ mg/100 g. Nhiệt độ 60°C và độ dày bột 4 mm cho kết quả tốt nhất, giữ được $6,13 \pm 0,02$ mg/100 g vitamin C. Kết quả tương tự được tìm thấy trong nghiên cứu về sấy khô màng bột cà chua của Muratore và cs (2008) [14]. Chỉ số hoà tan dao động từ $68,60 \pm 0,28\%$ đến $72,51 \pm 0,21\%$. Khi tăng nhiệt độ lên 70°C thì độ hoà tan có giá trị $72,51 \pm 0,21\%$, nhưng ở nhiệt độ 50°C thì độ hoà tan giảm còn $68,60 \pm 0,28\%$.

3.6.4. Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến thời gian sấy, hiệu suất thu hồi

Nhiệt độ sấy ảnh hưởng đến chất lượng bột quả na với hàm mục tiêu là thời gian sấy. Từ kết quả ở bảng 6 cho thấy, thời gian sấy bột dao động từ $223 \pm 4,08$ đến $368 \pm 3,74$ phút và hiệu suất thu hồi dao động từ $55,93 \pm 0,67\%$ đến $56,78 \pm 1,41\%$. Khi nhiệt độ sấy 70°C, thời gian sấy sẽ rút ngắn đi ở $223 \pm 4,08$ phút. Khi nhiệt độ sấy 50°C, thời gian sấy kéo dài đến $368 \pm 3,74$ phút. Hiệu suất thu hồi khá thấp và không thay đổi với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Kết luận rằng, nhiệt độ sấy chỉ ảnh hưởng đến thời gian sấy và không ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Về ảnh hưởng của các điều kiện sấy (nhiệt độ và độ dày bột), trong cùng một độ dày bột, khi tăng nhiệt độ sấy thì thời gian sấy sẽ giảm do tốc

độ làm nóng bột và khả năng xâm nhập nhiệt nhanh, làm tăng tốc độ truyền khối, dẫn đến bột làm khô nhanh hơn. Khi độ dày tăng lên thì thời gian sấy cũng tăng lên ở tất cả các mức nhiệt độ, điều này có thể là do diện tích bề mặt hầu như không đổi trong suốt quá trình sấy trong khi độ dày màng bột tăng lên làm giảm tốc độ di chuyển ẩm từ các lớp bên trong ra các lớp bên ngoài dẫn đến sự thoát ẩm kém. Xu hướng tăng thời gian sấy với sự gia tăng độ dày cũng được báo cáo đối với bột nho đen [15].

Bảng 6. Ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến thời gian sấy và hiệu suất thu hồi

STT	Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất thu hồi (%)	Thời gian sấy (phút)
1	50	$55,93 \pm 0,67^a$	$368 \pm 3,74^a$
2	55	$54,57 \pm 1,07^a$	$283 \pm 2,16^b$
3	60	$56,30 \pm 0,65^a$	$240 \pm 4,08^c$
4	65	$56,78 \pm 1,41^a$	$227 \pm 6,68^{cd}$
5	70	$56,61 \pm 0,80^a$	$223 \pm 4,08^d$

Ghi chú: Các giá trị có chỉ số mũ khác nhau thể hiện sự khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả thu được, độ ổn định bột đạt được giá trị tốt nhất trong 3 giờ khi nồng độ chất khô hoà tan của dịch quả ở 7°Brix cùng với sự hỗ trợ 2,0% Albumin và 0,5% CMC trong thời gian đánh bột 10 phút. Quá trình sấy bột bằng không khí nóng ở độ dày 4 mm và sấy ở nhiệt độ 60°C trong thời gian $240 \pm 4,08$ phút giúp mang lại hiệu suất thu hồi tốt là $56,30 \pm 0,65\%$, bột thu được có màu sắc đẹp, mịn và vẫn giữ được các chất dinh dưỡng. Bột quả na thành phẩm có độ ẩm là $6,26 \pm 0,39\%$, hàm lượng đường khử $48,29 \pm 0,10\%$ và giữ được hàm lượng vitamin C là $6,13 \pm 0,02$ mg/100 g với độ hòa tan $71,31 \pm 0,16\%$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Tại Huân và Nguyễn Minh Hiền (2019). Optimization of alcoholic fermentation of custard apple juice by *Saccharomyces cerevisiae* using response surface methodology. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển, Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh*, 18(5), 70 - 78.
2. Deepa, K. & Mohapatra, M. (2019). Foam-mat drying characteristics of custard apple pulp. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 8(4), 89 - 95.
3. Trần Xuân Hiên, Lê Thị Thúy Hằng, Lê Thị Thúy Loan và Nguyễn Tấn Hùng (2023). Nghiên cứu ứng dụng phương pháp sấy bột chế biến sản phẩm bột từ trái dưa lưới (*Cucumis melo* L.). *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, 12(2), 87 - 96.
4. Ung Minh Anh Thư, Nguyễn, Châu Thị Thúy Nguyên và Nguyễn Tấn Hùng (2022). Nghiên cứu quy trình sản xuất bột mít hoà tan bằng kỹ thuật sấy bột xốp. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, 18(3 + 4), 26 - 36.
5. Watharkar, R. B., Chakraborty, S., Srivastav, P. P. & Srivastava, B. (2021). Foaming and foam mat drying characteristics of ripe banana [*Musa balbisiana* (BB)] pulp. *Journal of Food Process Engineering*, 44(8), 1 - 16, e13726.
6. Kadam, D. M. & Balasubramanian, S. (2011). Foam mat drying of tomato juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 488 - 495.
7. Đỗ Minh Thư, Lê Huyền Quyên và Lê Sĩ Thiện (2023). Khảo sát các yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình tạo bột rau má bằng phương pháp sấy vi sóng sủi bọt. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59, 155 - 161.
8. Nhan Minh Trí và Diệp Kim Quyên (2014). Ảnh hưởng thành phần nguyên liệu đến cấu trúc, hàm lượng anthocyanin và vitamin C của kẹo dẻo dâu tây. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, (Chuyên đề Nông nghiệp), 50 - 60.
9. Tran, T. T. T., Nguyen, T. V. A., Le, N. T. D., Nguyen, D. H. V. & Trinh, T. P. L. (2024). Production of essential oils and sugar-rich hydrolysate from betel leaves (*Piper betle*). *The Journal of Agriculture and Development*, 23(1), 64 - 75.
10. Eastman, J. E. & Moore C. O. (1984). Cold-water-soluble granular starch for gelled food composition. *U.S. Patent* 4,465,702, p. 1 - 8.
11. Chen, C. H. E. N. & Chi, Y. J. (2012). Antioxidant, ACE inhibitory activities and functional properties of egg white protein hydrolysate. *Journal of Food Biochemistry*, 36(4), 383 - 394.
12. Sangamithra, A., Sivakumar, V., Kannan, K. & John, S. G. (2015). Foam-mat drying of muskmelon. *International Journal of Food Engineering*, 11(1), 127 - 137.
13. Sharma, B. R., Naresh, L., Dhuldhoya, N. C., Merchant, S. U. & Merchant, U. C. (2006). An overview on pectins. *Times Food Processing Journal*, 23(2), 44 - 51.
14. Muratore, G., Rizzo, V., Licciardello, F. & Maccarone, E. (2008). Partial dehydration of cherry tomato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chemistry*, 111(4), 887 - 891.
15. Zheng, X. Z., Liu, C. H. & Zhou, H. (2011). Optimization of parameters for microwave-assisted foam mat drying of blackcurrant pulp. *Drying Technology*, 29(2), 230 - 238.

RESEARCH AND DEVELOPMENT (FOAMING-MAT DRYING) TECHNOLOGY TO PRODUCTION CUSTARD APPLE (*Annona squamosa* L.) POWDER**Phan The Duy¹, Dinh Ngoc Quoc¹, Vo Thi Huong Tram¹, Le Nguyen Doan Duy¹**¹ *Faculty of Food Technology, Ho Chi Minh city University of Industry and Trade***Summary**

The study aimed to determine the parameters and conditions of the foam drying method to recover custard apple pulp. Custard apple (*Annona squamosa* L.) is a nutritious fruit containing lots of vitamin C, vitamin A, vitamin B6, magnesium, potassium, copper and lots of fiber. However, custard apples are often used fresh and contain high water content, so the storage time is short. In this study, the foaming-mat drying process of custard apple pulp was carried out by investigating the ratio and selecting suitable foaming agents among albumin, whey protein concentrate and soy protein isolate at ratios of 1.0 - 3.0%. Additionally, the ratio and selection of suitable foam stabilizers among carboxymethyl cellulose (CMC), gum arabic and maltodextrin were evaluated at levels of 0.3 - 0.7% with whipping times varying from 6 to 14 minutes. The drying process is carried out in an oven at 5 different drying temperatures from 50 - 70°C with a 2 - 10 mm foam thickness. The study produced foam results with foam expansion ($95.76 \pm 0.43\%$), foam stability ($97.6 \pm 70.24\%$), foam density (41.32 ± 0.19 g/mL) found to be 2% albumin and 0.5% CMC was foamed for 10 minutes. On the other hand, the foam film is dried at a temperature of 60°C and 4 mm thick, helping to recover powder with the best nutritional content; vitamin C content is 6.13 ± 0.02 mg/100 g, reducing sugar content is 6.13 ± 0.02 mg/100 g times the drying time of the foam tray 240 ± 4.08 minutes. Among all the parameters studied, the combination of 2.0% Albumin foaming agent and 0.5% CMC stabilizer with a 10 minutes beating time of 4 mm foam layer thickness and drying at 60°C resulted in powder. The results of this research help diversify products from custard apples with new drying methods that help save costs and retain nutrients from custard apple flesh.

Keywords: *Custard apple, Annona squamosa, reducing sugar, vitamin C, fruit powder.***Ngày nhận bài:** 4/8/2024**Ngày chuyển phản biện:** 4/11/2024**Ngày thông qua phản biện:** 18/11/2024**Ngày duyệt đăng:** 30/12/2024