

NGHIÊN CỨU TẠO BỘT BETACYANIN TỪ CŨ DÈN (*Beta vulgaris*) BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY PHUN VÀ ỨNG DỤNG VÀO SẢN PHẨM BÁNH BÔNG LAN

Đỗ Thị Hiền*, Huỳnh Phan Phương Trang

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: hiendt@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 27/7/2024; Ngày nhận bài sửa: 26/11/2024; Ngày chấp nhận đăng: 10/3/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo bột betacyanin (trích ly từ củ dền - chất tạo màu cho thực phẩm, có khả năng kháng oxy hóa) và thử nghiệm ứng dụng vào bánh bông lan. Quá trình tạo bột betacyanin được thực hiện bằng kỹ thuật sấy phun với các yếu tố khảo sát: các loại chất mang maltodextrin (MD), gum arabic (GA), MD+GA với nồng độ 15, 20, 25% w/v, nhiệt độ sấy phun 145, 155, 165, 175°C, tốc độ nhập liệu 4, 5, 6, 7 mL/phút. Bột betacyanin được ứng dụng thử nghiệm vào bánh bông lan với tỷ lệ bột mì và bột betacyanin 95:05, 90:10, 85:15, 80:20 w/w. Kết quả nghiên cứu cho thấy MD ở nồng độ 20% w/v, nhiệt độ sấy phun 155°C, tốc độ nhập liệu 5 mL/phút cho hiệu suất thu hồi, hàm lượng betacyanin và khả năng kháng oxy hóa đạt giá trị cao nhất lần lượt là 79,400%, 63,587 mg/g và 83,443%. Chụp SEM bột betacyanin cho thấy có khả năng tạo hạt hình cầu với số lượng lớn và tương đối đồng đều về kích thước. Chạy phổ FTIR của bột betacyanin có sự xuất hiện 4 đỉnh hấp thụ đặc trưng của betacyanin đó là: 3362,53; 1634,03; 1384,38; 1024,32 cm^{-1} tương ứng với các nhóm chức -OH, C=O, C=C và vòng thơm. Bánh bông lan có bổ sung betacyanin được đánh giá cảm quan bằng phương pháp so hàng thị hiếu tỷ lệ bổ sung 90:10 w/w là tốt nhất. Nghiên cứu tạo bột betacyanin thành công và có thể ứng dụng vào các sản phẩm khác.

Từ khóa: Betacyanin, bánh bông lan, maltodextrin, gum arabic, sấy phun.

1. MỞ ĐẦU

Củ dền (*Beta vulgaris*) là rễ của một loại rau dền phình to ra tạo thành củ, ở Việt Nam trồng chủ yếu ở Đà Lạt. Bên cạnh lợi ích về mặt dinh dưỡng, trong củ dền còn chứa thành phần betalain là một chất màu tự nhiên có màu từ đỏ đến tím. Chúng bao gồm 2 nhóm chính là betacyanin (màu đỏ tím) và betaxanthin (màu vàng cam) chúng kết hợp với các gốc tự do giúp ngăn chặn quá trình oxy hóa và gốc tự do của các phân tử sinh học [1, 2]. Betalain có khả năng kháng khuẩn, kháng vi rút và có khả năng kháng oxy hóa cao. Betalain có khả năng hòa tan trong nước tốt, được liên minh châu Âu chứng nhận là phụ gia thực phẩm tạo màu tốt và được dán nhãn E162 [3, 4]. Tuy nhiên, trong quá trình chế biến và bảo quản, chất màu betacyanin sẽ dần bị phân hủy. Sự ổn định của hợp chất màu betacyanin bị ảnh hưởng rất lớn bởi nhiệt, oxy, ánh sáng, pH và độ ẩm [5]. Do vậy, việc vi bao tạo sản phẩm dạng bột hạn chế sự tác động của các yếu tố môi trường và giúp bảo quản tốt hơn [6].

Sấy phun là một trong các kỹ thuật được sử dụng phổ biến có thể sử dụng với quy mô công nghiệp tạo sản phẩm dạng bột. Khi bổ sung chất mang vào trong quá trình sấy nó được coi là vật liệu bảo vệ cho chất cần sấy. Gum arabic, dextrose, đường, tinh bột, gelatin, methyl cellulose và hỗn hợp của chúng đã được sử dụng làm chất mang và chất phủ để sấy phun hương liệu và màu sắc. Một số nghiên cứu liên quan cũng sử dụng kỹ thuật sấy phun và chất mang maltodextrin (MD) cho hiệu quả cao khi sấy phun bột quả thanh long [7], sấy phun nước ép từ quả acai (*Euterpe oleracea Mart.*) [8] và chi phí cũng rẻ hơn các vật liệu khác. Janiszewska thừa nhận rằng ngoài sử dụng chất mang MD còn sử dụng kết hợp gum Arabic [9].

Đã có một số nghiên cứu về sấy phun betacyanin như từ hạt mồng tơi [10], củ dền [11] và thanh long ruột đỏ [12] cũng cho các kết quả khả thi với chất trợ sấy MD. Bên cạnh đó, cũng có nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ sấy phun ở 120, 140 và 160 °C [13]. Tuy nhiên, bước nhảy khoảng nhiệt

độ này quá rộng, chưa khảo sát các vật liệu làm chất mang và tỷ lệ chất mang. Các nghiên cứu trên đa phần mới chỉ tạo ra dạng bột màu chưa có nghiên cứu ứng dụng cụ thể vào sản phẩm nào. Do đó, nghiên cứu này đã được thực hiện với mục đích kéo dài thời gian bảo quản, giữ được hoạt tính tốt và tạo ra sản phẩm mới ứng dụng làm chất màu bổ sung vào thực phẩm hoặc nước giải khát dinh dưỡng.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Củ dền được mua tại siêu thị Aeon Tân Phú, TP.HCM (nguồn gốc Đa Thiện, Đà Lạt, Lâm Đồng, đạt tiêu chuẩn VietGAP), khoảng 4-5 củ/kg.

Ethanol (99,5%, Trung Quốc), Methanol (99,85%, Trung Quốc), DPPH (SigmaAldrich Pty. Ltd), Maltodextrin DE20 bột mịn, độ ẩm 6-7%, Himedia (Ấn Độ), gum Arabic (Ấn Độ).

2.2. Phương pháp chuẩn bị nguyên liệu

Củ dền sau khi được mua về rửa sạch, gọt vỏ, tiến hành cắt lát mỏng, phơi trực tiếp dưới nắng khoảng 6 giờ. Sau đó sấy (tủ sấy Memmert – Đức) ở nhiệt độ 60- 65 °C trong khoảng 8-10 giờ cho đến khi độ ẩm < 10% thì kết thúc quá trình sấy, đem đi xay, rây qua kích thước lỗ 0,3 mm. Phần bột mịn qua rây được bỏ vào các túi hút chân không, bảo quản lạnh (0-4 °C) để giảm thiểu oxy hóa, dùng cho toàn bộ các thí nghiệm.

2.3. Phương pháp trích ly

Trích ly betacyanin được thực hiện theo [13] với 1 vài cải tiến nhỏ. Cân 5g bột củ dền cho vào bình tam giác 250 mL, ngâm chiết trong 100 mL ethanol 20%. Sau đó, cho vào lắc 80 vòng/phút trong 50 phút bằng máy lắc ổn nhiệt (LWB-211D- Hàn Quốc) với nhiệt độ 40 °C, duy trì tỷ lệ 1/20 giữa nguyên liệu/dung môi. Mẫu được đưa về nhiệt độ phòng và lọc bằng bơm chân không (Rocker 300- Đài Loan) để thu dịch (hàm lượng chất khô 3±0,02 °Bx), sau đó cô quay (BUCHI I 300 Pro -Thụy Sĩ) ở 60 °C tốc độ quay 50 vòng/phút, cô quay cho đến khi dịch chiết sệt lại (hàm lượng chất khô khoảng 58,15±0,06%). Mẫu được bảo quản trong tủ lạnh để tiến hành các thí nghiệm.

2.4. Phương pháp xác định hiệu suất thu hồi [14]

Phương pháp xác định hiệu suất thu hồi sản phẩm: Hiệu suất thu hồi được xác định theo phương pháp phần trăm khối lượng. Tính phần trăm tổng lượng chất khô trong sản phẩm so với tổng lượng chất khô trong dịch nhập liệu.

Công thức tính hiệu suất thu hồi:

$$H\% = \frac{m_{sp}}{m_{nl}} \times 100$$

Trong đó; H: Hiệu suất thu hồi sản phẩm (%), m_{sp} : Tổng lượng chất khô trong sản phẩm (g), m_{nl} : Tổng lượng chất khô trong dịch nhập liệu (g).

2.5. Phương pháp xác định độ ẩm

Xác định độ ẩm bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi theo TCVN 9741:2013.

2.6. Phương pháp xác định hàm lượng betacyanin [15]

Cân chính xác khoảng 1-2g bột sấy phun, thêm 25 mL nước cất, để ở nhiệt độ phòng. Lọc lấy dịch chiết, cho dịch chiết vào bình định mức thể tích 50 mL, thêm nước cất đến vạch. Tiến hành đo độ hấp thụ của mẫu tại bước sóng 538 nm (UV-Vis Jenway 7305), cuvet 1cm, sử dụng nước cất làm mẫu trắng. Hàm lượng betacyanin tính theo công thức sau:

$$BC \text{ (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Trong đó:

BC (betacyanin content): Hàm lượng betacyanin trong dịch trích ly (mg/L)

DF: hệ số pha loãng; MW: khối lượng phân tử của betacyanin = 550 g/mol

l: bề dày cuvet (1 cm); ϵ : là hệ số hấp thụ betacyanin trong nước ($\epsilon = 60,000 \text{ L/mol.cm}$)

1000: là hệ số chuyển đổi từ gam sang miligam.

A: Độ hấp thụ của mẫu khảo sát

2.7. Phương pháp đánh giá hoạt tính chống oxy hóa [16]

Cân 0,008g DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazine) cho vào cốc 250 mL, bổ sung 200 mL methanol thu được DPPH 40 $\mu\text{g/mL}$ (bảo quản tránh ánh sáng, ở 4 °C). Lấy 2 mL mẫu cho vào ống nghiệm và bổ sung 2 mL dung dịch DPPH 40 $\mu\text{g/mL}$. Hút 2 mL methanol cho vào ống nghiệm sau đó bổ sung thêm 2 mL dung dịch DPPH 40 $\mu\text{g/mL}$ (mẫu đối chứng). Các mẫu ủ trong 30 phút, sau đó đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 517 nm. Phân trăm bắt gốc tự do được xác định theo công thức:

$$I (\%) = 100 \times \frac{(A_0 - A_1)}{A_0}$$

Trong đó I (%): tỷ lệ khử gốc tự do của mẫu được ở $\lambda = 517 \text{ nm}$, A_0 : Độ hấp thụ của DPPH, A_1 : Độ hấp thụ của mẫu khảo sát, mẫu trắng là dung dịch methanol

2.8. Phương pháp đánh giá cảm quan

Đánh giá cảm quan bằng phương pháp so hàng theo tiêu chuẩn ISO 8587 (2006) để xác định sự khác biệt về thứ hạng ưa thích các sản phẩm. Đầu tiên, người thử được cung cấp đồng thời 4 mẫu bánh bông lan với tỷ lệ lần lượt bổ sung bột sấy phun (5, 10, 15, 20%). Các mẫu được mã hóa bằng số ngẫu nhiên có 3 chữ số. Sau đó, người thử được yêu cầu thử nếm mẫu theo thứ tự cho sẵn từ trái sang phải và sắp xếp vị trí các mẫu theo mức độ ưa thích. Mức độ ưa thích có thể được quy ước theo chiều tăng dần hoặc giảm dần. Sử dụng phương pháp kiểm định Friedman cho phép thử so hàng thị hiệu:

$$F = \frac{12}{j.p.(p+1)} (R_i^2 + \dots + R_p^2) - 3.j.(p+1)$$

Trong đó: j: số người thử, p: số sản phẩm, R_i : tổng hạng mẫu thử ($i = 0, 1, 2, \dots, p$).

2.9. Khảo sát vật liệu làm chất mang

Cân 5g dịch betacyanin đã cô quay chân không hòa tan với 50 mL nước cất, bổ sung lần lượt các chất mang MD, GA, MD + GA (tỷ lệ 1:1) để đạt nồng độ 20% w/v. Sau đó đồng hóa (IKA RW 20 digital, Đức), tốc độ 6000 vòng/phút trong 2 phút. Tiến hành sấy phun (SD-06, LabPlant UK Ltd., North Yorkshire, UK) ở nhiệt độ 155°C, tốc độ nhập liệu 5 mL/phút. Thu hồi bột sau đó tiến hành đo hiệu suất thu hồi, độ ẩm, hàm lượng betacyanin và khả năng kháng oxy hóa.

2.10. Khảo sát nồng độ chất mang

Cân 5 g dịch cô quay hòa tan với 50 mL nước cất, bổ sung chất mang tối ưu từ thí nghiệm trên với nồng độ lần lượt 15, 20, 25 %w/v. Thu hồi bột sau đó tiến hành tương tự như trên.

2.11. Khảo sát nhiệt độ sấy

Cân 5 g dịch cô quay hòa tan với 50 mL nước cất, bổ sung chất mang, nồng độ chất mang tối ưu từ thí nghiệm trên. Sau đó đem đi đồng hóa ở tốc độ 6000 vòng/phút trong 2 phút. Tiến hành sấy phun ở nhiệt độ 145, 155, 165, 175 °C, tốc độ nhập liệu 5 mL/phút. Thu hồi bột sau đó tiến hành tương tự như trên.

2.12. Khảo sát tốc độ nhập liệu

Cân 5 g dịch cô quay hòa tan với 50 mL nước cất, bổ sung chất mang, nồng độ chất mang, nhiệt độ tối ưu từ các thí nghiệm trên. Sau đó đem đi đồng hóa ở tốc độ 6000 vòng/phút trong 2 phút. Tiến hành sấy phun ở tốc độ nhập liệu 4,5,6,7 mL/phút. Thu hồi bột sau đó tiến hành tương tự như trên.

2.13. Ứng dụng của bột betacyanin vào sản xuất bánh bông lan

Bột betacyanin sau khi sấy phun được dùng để làm bánh bằng cách thay thế bột mì bằng các tỷ lệ bột sau sấy phun khác nhau: 95:05 (S1), 90:10 (S2), 85:15 (S3), 80:20 (S4). Sau đó được trộn kỹ với các thành phần khác (đường, bột nở, trứng, sữa không đường, bơ lạc). Thời gian phối trộn khoảng 15 phút. Sau đó tiến hành rót vào khuôn và nướng ở 160 °C trong 20 phút. Bánh sau khi nướng để nguội tiến

hành phân tích hàm lượng betacyanin có trong bánh và đánh giá cảm quan. Quy trình làm bánh bông lan được thực hiện như sau: Nguyên liệu → Chuẩn bị → Nhào trộn → Rót khuôn → Nướng → Làm nguội → Sản phẩm → Bao gói.

2.14. Đánh giá độ ổn định của cao chiết, chạy phổ hồng ngoại FTIR

Chạy phổ FTIR nhằm đánh giá sự hiện diện của betacyanin bột sấy phun.

Nhằm định tính sự hiện diện của betacyanin trong bột sấy phun, thực hiện chạy Máy quang phổ Thermo Nicolet 6700 FTIR, hoạt động ở vùng IR giữa ($400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$), với chế độ phản xạ toàn phần suy giảm (ATR). Phần thực nghiệm này do Viện Công nghệ Hóa học (1A đường TL29, phường Thạnh Lộc, Q.12, TP.HCM) thực hiện chạy phổ FTIR.

2.15. Xác định khả năng tạo hạt và đặc điểm hình thái hạt bằng kỹ thuật chụp SEM

Hình thái của hạt bột sấy phun được đánh giá bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM). Bột được gắn vào keo carbon 2 mặt, được phủ Platinum 3–5 mA trong chân không và được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét SEM (JSM – 7401F, Jeol, Tokyo, Nhật Bản) được vận hành với 10 kV ở độ phóng đại $1000\times$ và $5000\times$. Phần thực nghiệm này do Trung tâm Phân tích Quốc tế, Trường Đại học Công Thương TP.HCM (93 Tân Quý, Tân Quý, phường Tân Sơn Nhì, Q. Tân Phú, TP.HCM) thực hiện chụp ảnh SEM.

2.16. Phương pháp xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm bố trí lặp lại 3 lần. Số liệu thu nhận được phân tích bằng ANOVA trên Statgraphics Centurion XVIII với mức ý nghĩa $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát vật liệu làm chất mang

Thí nghiệm tiến hành khảo sát ảnh hưởng của các loại chất mang MD, GA, MD+GA (tỷ lệ 1:1) với nồng độ 20% w/v. Kết quả khảo sát được trình bày ở Bảng 1

Bảng 1. Ảnh hưởng của vật liệu chất mang đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột

Loại vật liệu	Chỉ tiêu theo dõi	Hiệu suất thu hồi (%)	Độ ẩm (%)	Hàm lượng betacyanin (mg/g)	Khả năng kháng oxy hóa (%)
MD		$79,910 \pm 0,890^a$	$5,060 \pm 0,046^b$	$60,293 \pm 0,281^a$	$82,212 \pm 1,117^a$
GA		$47,700 \pm 0,436^c$	$5,410 \pm 0,101^a$	$44,867 \pm 0,403^c$	$66,703 \pm 3,163^c$
MD+GA		$70,710 \pm 1,400^b$	$5,280 \pm 0,066^a$	$48,740 \pm 0,898^b$	$69,037 \pm 0,262^b$

(các chữ cái khác nhau từ a-c trong cùng 1 cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$)

Từ kết quả thực nghiệm cho thấy rằng ở cùng nhiệt độ đầu vào nguyên liệu chất mang khác nhau sẽ ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất thu hồi cũng như chất lượng bột betacyanin thành phẩm (các kết quả này có sự khác biệt về mặt thống kê). Hiệu suất thu hồi cao nhất ($79,91 \pm 0,890\%$) khi sử dụng chất mang là MD và thấp nhất ($47,7 \pm 0,436\%$) khi sử dụng chất mang GA. Độ ẩm các mẫu sấy phun đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013. Hàm lượng betacyanin và hoạt tính kháng oxy hóa cao nhất với mẫu sử dụng chất mang MD: $60,293 \pm 0,281\text{ mg/g}$; $82,212 \pm 1,117\%$ và thấp nhất là mẫu sử dụng GA. Kết quả này chứng tỏ MD có khả năng bao gói tốt. Khi sử dụng GA, kết quả thấp nhất trong 3 loại chất mang. Điều này có thể do sử dụng GA, độ nhớt cao dẫn đến việc tạo ra các giọt thô với độ kết tụ cao nên hạn chế khả năng tạo hạt và bao gói. Đồng thời, trong cấu trúc hóa học của GA có nhiều phân nhánh với các nhóm ưa nước và do đó, có thể dễ dàng hấp thụ độ ẩm từ không khí xung quanh. Kết quả này tương đồng với [9], các tác giả khuyến nghị sắc tố củ dền thu được với MD làm chất màu thực phẩm tự nhiên cho thực phẩm. Độ ẩm của bột sấy phun đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013. Khả năng kháng oxy hóa của bột sấy phun bằng MD là $82,212 \pm 1,117\%$, kết quả này gần tương đồng với nghiên cứu quy trình

tạo bột màu betacyanin từ vỏ quả thanh long (*Hylocereus undatus*), khả năng kháng oxy hóa của bột sấy phun là 88,12% [12].

3.2. Khảo sát nồng độ chất mang

Nghiên cứu tiến hành khảo chất mang MD (tối ưu từ thí nghiệm trên) với các nồng độ khác nhau (15, 20, 25% w/v). Kết quả thu được ở Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ chất mang đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột

Chi tiêu theo đôi Nồng độ chất mang MD (%w/v)	Hiệu suất thu hồi (%)	Độ ẩm (%)	Hàm lượng betacyanin (mg/g)	Khả năng kháng oxy hóa (%)
15	77,600 ± 0,353 ^b	5,203 ± 0,351 ^a	58,870 ± 0,288 ^a	82,797 ± 0,306 ^a
20	78,000 ± 0,500 ^b	5,107 ± 0,021 ^b	53,713 ± 0,671 ^b	80,793 ± 0,105 ^b
25	79,040 ± 0,353 ^a	5,057 ± 0,050 ^b	41,016 ± 0,508 ^c	77,647 ± 0,752 ^c

(các chữ cái khác nhau từ a-c trong cùng 1 cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$)

Khi nồng độ MD thấp (15%w/v) tạo ít hạt, đồng thời bằm bột sấy phun bằm nhiều vào thành thiết bị, làm giảm khả năng thu hồi bột và hiệu suất thu hồi thấp (77,6±0,353%), nhưng hàm lượng betacyanin (58,870 ± 0,288 mg/g) cao hơn các mẫu còn lại. Khi tăng nồng độ MD thì quá trình sấy phun được thực hiện dễ dàng hơn, hiệu suất thu hồi tăng dần nhưng không đáng kể, hiệu suất cao nhất đạt được là 79,04±0,353% khi bổ sung MD (25% w/v), nhưng ngược lại hàm lượng betacyanin giảm xuống còn (41,016 ± 0,508 mg/g). Nguyên nhân do bổ sung chất mang nhiều trên cùng một lượng betacyanin trước khi sấy nên sau khi sấy hàm lượng sẽ giảm và hiệu suất thu hồi tăng. Kết quả này khá tương đồng với nghiên cứu khi tăng hàm lượng MD bổ sung vào dịch chiết từ hạt cây thù du (*Rhus typhina*) thì hàm lượng chất màu anthocyanin trong sản phẩm sấy giảm đi nhưng ngược lại, quá trình sấy phun diễn ra thuận lợi hơn và màu sắc bột sấy cũng trở nên tươi và sáng [17].

Tăng nồng độ chất mang MD từ 15-25% w/v thì bột betacyanin tạo thành có độ ẩm giảm từ 5,203±0,351% xuống còn 5,057±0,05% (đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013). Nguyên nhân làm cho độ ẩm của bột giảm là do tổng lượng chất rắn trong dịch chiết trước khi sấy tăng, làm giảm hàm lượng nước của bột dịch khi vào thiết bị sấy phun. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu khi tăng nồng độ MD thì độ ẩm của bột dưa hấu (*Citrullus lanatus*) giảm [18].

Khả năng kháng oxy hóa của bột sấy phun cũng giảm dần (82,797 ± 0,306% xuống 77,647 ± 0,752%) khi tăng nồng độ MD (15% lên 25 %w/v) nguyên nhân do hàm lượng betacyanin giảm. Kết quả cho thấy MD 20% (w/v) là nồng độ phù hợp để thu hồi bột hiệu quả, đảm bảo chất lượng (betacyanin, độ ẩm) và hiệu quả kinh tế trong sấy phun.

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun

MD được bổ sung ở mức 20% (w/v) khi khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu hồi và đặc tính của bột betacyanin được trình bày tại Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột

Chi tiêu theo đôi Nhiệt độ sấy (°C)	Hiệu suất thu hồi (%)	Độ ẩm (%)	Hàm lượng betacyanin (mg/g)	Khả năng kháng oxy hóa (%)
145	65,400 ± 0,346 ^b	6,383 ± 0,220 ^a	59,677 ± 0,641 ^b	81,887 ± 0,179 ^a
155	79,433 ± 1,789 ^a	5,097 ± 0,042 ^b	60,747 ± 0,378 ^a	83,106 ± 0,633 ^a
165	72,967 ± 0,462 ^a	5,033 ± 0,021 ^b	57,643 ± 0,323 ^c	76,51 ± 1,194 ^b
175	60,033 ± 0,808 ^c	5,023 ± 0,025 ^b	56,880 ± 0,750 ^c	70,263 ± 0,686 ^c

(các chữ cái khác nhau từ a-c trong cùng 1 cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$)

Khi nhiệt độ quá thấp hay quá cao đều bất lợi cho sản phẩm trong quá trình sấy phun. Khi tăng nhiệt độ không khí đầu vào từ 145-175 °C thì hiệu suất thu hồi, hàm lượng betacyanin, khả năng kháng oxy hóa sản phẩm tăng và đạt cao nhất $79,433 \pm 1,789\%$, $60,747 \pm 0,378$ mg/g, $83,106 \pm 0,633\%$ khi sấy 155 °C, sau đó giảm còn $60,033 \pm 0,808\%$, $56,880 \pm 0,750$ mg/g, $70,263 \pm 0,686\%$ khi sấy 175 °C. Tuy nhiên, với nhiệt độ sấy 145 °C độ ẩm >6% (không đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013), khi tăng nhiệt độ sấy 155-175°C độ ẩm <6% (đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013).

Điều này được giải thích là do nhiệt độ không khí đầu vào tăng làm tăng tốc độ truyền nhiệt, các phân tử nước bốc hơi một cách dễ dàng và triệt để hơn dẫn đến giảm độ ẩm sản phẩm sau khi sấy. Không khí đầu vào thấp thì độ ẩm các hạt vật liệu sấy vẫn còn khá cao, nên bám nhiều lên thành buồng sấy làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm, độ ẩm bột sau sấy cao. Do đó, khi tăng nhiệt độ không khí đầu vào, nhiệt độ cao làm lượng nước bốc hơi nhanh, các giọt dịch khi được phun ra từ đầu phun sẽ nhanh chóng được làm khô thành hạt bột, làm giảm khả năng bám dính của sản phẩm lên thành thiết bị, điều này mang lại hiệu suất thu hồi cao hơn, độ ẩm giảm. Khi tăng nhiệt độ sấy 165-175°C, ẩm của bột giảm đáng kể (5,03%) và hỗ trợ quá trình hình thành bột nhưng hàm lượng betacyanin giảm do tác động của nhiệt độ, sản phẩm chuyển sang màu nhạt dần. Nguyên nhân do nhiệt độ cao làm biến tính betacyanin và ảnh hưởng đến khả năng tạo màng, làm vỡ lớp màng, lõi vi bao sẽ tiếp xúc trực tiếp với nhiệt cũng làm giảm hàm lượng và khả năng oxy hóa. Ngược lại khi nhiệt độ quá thấp thì tạo màng kém dẫn đến hàm lượng và khả năng kháng oxy hóa thấp. Kết quả này phù hợp nghiên cứu khi sấy bột thanh long tăng nhiệt độ đầu vào từ 145°C đến 175°C làm tăng tốc độ truyền nhiệt, tăng tốc độ bốc hơi nước làm giảm độ ẩm sản phẩm sau khi sấy [7]. Một nghiên cứu khác, khi sấy phun bột chanh dây đã kết luận rằng tăng nhiệt độ không khí đầu vào từ 135-185 °C làm tăng hiệu suất thu hồi bột chanh dây (*Passiflora incarnate*) từ khoảng 54% đến 64% đồng thời hàm ẩm giảm từ mức 5,5% còn 4% [8]. Như vậy, nhiệt độ sấy phun 155 °C là phù hợp để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ dòng nhập liệu

Bảng 4. Ảnh hưởng của tốc độ nhập liệu đến hiệu suất thu hồi và chất lượng bột

Chỉ tiêu theo dõi Tốc độ nhập liệu (mL/phút)	Hiệu suất thu hồi (%)	Độ ẩm (%)	Hàm lượng betacyanin (mg/g)	Khả năng kháng oxy hóa (%)
4	$65,833 \pm 0,777^b$	$5,177 \pm 0,050^b$	$62,133 \pm 0,046^a$	$82,157 \pm 0,150^b$
5	$79,400 \pm 1,014^a$	$5,267 \pm 0,035^b$	$63,587 \pm 0,046^a$	$83,443 \pm 0,058^a$
6	$63,067 \pm 0,602^c$	$6,207 \pm 0,077^a$	$60,640 \pm 0,692^b$	$82,127 \pm 0,063^b$
7	$58,067 \pm 1,007^d$	$6,300 \pm 0,052^a$	$59,163 \pm 0,230^c$	$81,606 \pm 0,063^c$

(các chữ cái khác nhau từ a-c trong cùng 1 cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$)

Kết quả Bảng 4 cho thấy, tốc độ dòng nhập liệu ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi bột betacyanin sau sấy phun. Khi tăng tốc độ dòng từ 4-7 mL/phút thì hiệu suất thu hồi, hàm lượng betacyanin, khả năng kháng oxy hóa tăng đạt cao nhất $79,400 \pm 1,014\%$, $63,587 \pm 0,046$ mg/g, $83,443 \pm 0,058\%$ khi tốc độ dòng nhập liệu 5 mL/phút, sau đó giảm dần và thấp nhất $58,067 \pm 1,007\%$, $59,163 \pm 0,230$ mg/g, $81,606 \pm 0,063\%$, khi tốc độ dòng nhập liệu 7 mL/phút. Nguyên nhân khi tốc độ dòng 4 mL/phút, thời gian tiếp xúc với nhiệt độ quá lâu làm vỡ lớp màng, lõi vi bao tiếp xúc trực tiếp với nhiệt độ làm giảm hàm lượng betacyanin và giảm năng lực kháng oxy hóa. Với tốc độ dòng (5 mL/phút) thì vừa đủ để tiếp xúc tạo thành các hạt bột mịn, độ ẩm đạt yêu cầu và hiệu suất thu hồi cao. Ngược lại khi tốc độ nhập liệu 6 mL/phút và 7 mL/phút quá nhanh ảnh hưởng đến khả năng tạo màng, tạo màng kém không vi bao được betacyanin nên hàm lượng và khả năng kháng oxy hóa thấp. Kết quả tương đồng với nghiên cứu tạo chế phẩm màu tự nhiên betalain dạng bột và dạng sệt thu nhận từ củ dền (*Beta vulgaris*) [19].

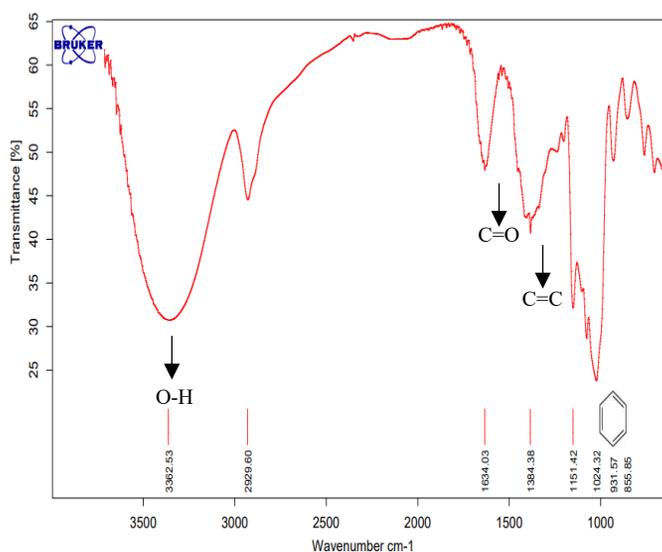
Độ ẩm tăng từ $5,177 \pm 0,050\%$ lên $6,300 \pm 0,052\%$. Với tốc độ nhập liệu 4-5 mL/phút độ ẩm <6% (đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013), khi tăng tốc độ dòng nhập liệu 6-7 mL/phút thì độ ẩm >6% (không đạt yêu cầu theo TCVN 9739:2013). Nguyên nhân khi tốc độ dòng ở 4 mL/phút thì dòng dịch đi qua ít và chậm nên thời gian tiếp xúc với nhiệt độ sấy lâu hơn do đó độ ẩm của bột thấp, ngược lại khi tốc độ dòng tăng thời gian dòng dịch đi qua nhanh nên khả năng tiếp xúc với nhiệt độ nhanh làm cho độ ẩm của bột tương đối cao.

3.5. Kết quả chạy phổ FTIR của mẫu bột betacyanin

Betacyanin thuộc nhóm dẫn xuất indole thơm, đặc trưng bởi mang các liên kết đôi liên hợp (C=C) và nhóm carbonyl (C=O), đồng thời gắn các nhóm hydroxyl (-OH) trên nhân thơm.

Bảng 5. Kết quả phân tích FTIR mẫu bột sấy phun và so sánh và bài báo đối chứng

Nhóm chức	Rodríguez-Félix và cộng sự, 2022	Sehajveer Kaur và cộng sự, 2021	Mẫu
-OH	3200 cm ⁻¹	3302 cm ⁻¹	3362,53 cm ⁻¹
C=O	1600 cm ⁻¹	1631 cm ⁻¹	1634,03 cm ⁻¹
C=C	1414 cm ⁻¹	1406 cm ⁻¹	1384,38 cm ⁻¹
	1000 cm ⁻¹	1050 cm ⁻¹	1024,32 cm ⁻¹



Hình 1. Kết quả FTIR của bột sấy phun
(Kết quả này do Viện Công nghệ hóa học Q.12, TP.HCM thực hiện)

Phổ FTIR có trục tung thể hiện cường độ hấp thụ của các mũi phổ, trục hoành là vị trí các mũi hấp thụ được biểu diễn dưới dạng số sóng (cm⁻¹).

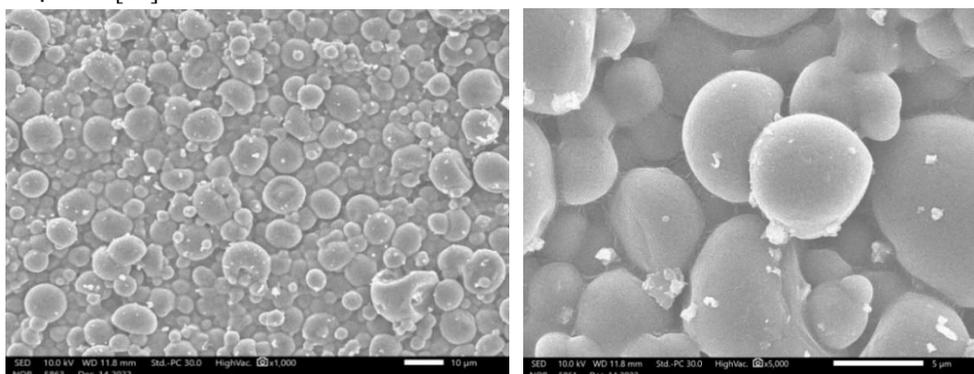
Sau khi phân tích phổ FTIR của bột sấy phun cho thấy được 4 đỉnh hấp thụ. Đỉnh 1 cho thấy bột sấy phun có liên kết -OH ở peak 3362,53 cm⁻¹ và đỉnh 2 nằm ở peak 1634,03 cm⁻¹ tương ứng với liên kết C=O, đỉnh 3 xuất hiện ở peak 1384,38 cm⁻¹ đại diện cho nhóm C=C, đỉnh cuối xuất hiện vòng thơm có khả năng hấp thụ ở peak 1024,32 cm⁻¹ tương ứng với cấu trúc của betacyanin. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu đặc tính hóa lý và cấu trúc betalain trích ly từ củ cải đường [20] và nghiên cứu các hợp chất hoạt tính sinh học, hoạt tính chống oxy hóa và khả năng giữ màu của bột củ cải đường (*Beta Vulgaris L* [21]. Như vậy trong bột sấy phun có betacyanin.

3.6. Kết quả chụp SEM mẫu bột sấy phun

Sử dụng kính hiển vi điện tử quét SEM (JSM – 7401F, Jeol, Tokyo, Nhật Bản). Hình thái hạt được quan sát kiểm tra ở các độ phóng đại khác nhau bằng cách sử dụng SEM hoạt động ở điện áp 10 kV.

Kết quả chụp SEM bột sấy phun betacyanin có bổ sung vật liệu trợ sấy MD20 có khả năng tạo hạt với số lượng lớn, hình dạng của bột betacyanin thường có hình cầu, kích thước tương đối đồng đều, bề mặt hạt đa phần tròn, căng, số ít có các mặt lõm do sự co rút trong quá trình sấy khi tiếp xúc nhiệt, giúp hạn chế xu hướng kết dính các hạt bột vào nhau. Kết quả thu được phù hợp với các nghiên cứu về quy trình tạo bột màu betacyanin từ vỏ quả thanh long (*Hylocereus undatus*) [12] và từ hạt mồng tơi (*Basella rubra*) [10]. Ngoài ra, trong nghiên cứu sấy phun betacyanin tách chiết từ rau dền (*Amaranthus*) với

chất trợ sấy là maltodextrin (MD), việc sử dụng MD có chỉ số DE cao hơn cho thấy bề mặt bột đạt độ hoàn thiện hơn [11].



Hình 2. Kết quả chụp SEM của bột sấy phun x1.000 và x5.000
(Kết quả này do Trung tâm Phân tích Quốc tế, Trường Đại học Công Thương TP.HCM thực hiện)

3.7. Ứng dụng làm bánh

Khi bổ sung betacyanin với các lượng khác nhau cho kết quả khác nhau về hàm lượng và đánh giá cảm quan (Bảng 6).

Bảng 6. Kết quả hàm lượng betacyanin và đánh giá cảm quan bánh bông lan

Tỷ lệ bổ sung betacyanin (%)	Hàm lượng betacyanin (mg/g.10 ⁻¹)	Phân hạng	F _{test}	F _{tra bảng}
A (5%)	49,623±0,201 ^d	26 ^b	22,2	7,67
B (10%)	58,977±0,201 ^c	39 ^a		
C (15%)	64,970±0,560 ^b	23 ^b		
D (20%)	77,000±0,500 ^a	12 ^c		

Kết quả Bảng 6 cho thấy hàm lượng betacyanin tăng dần khi bổ sung lần lượt 5, 10, 15, 20% bột betacyanin vào bánh bông lan. Khi tỷ lệ bổ sung 20% hàm lượng betacyanin cao nhất vì bổ sung càng nhiều bột betacyanin thì thu được hàm lượng càng cao. Tuy nhiên, theo kết quả đánh giá cảm quan bằng phương pháp so hàng thị hiếu cho thấy khác biệt có ý nghĩa về mức độ ưa thích của người dùng về 4 mẫu thử. Mẫu B (bổ sung 10%) đạt tổng hạng cao nhất và được ưa thích hơn các mẫu còn lại. Bên cạnh đó, mẫu bổ sung 15-20% bột sấy phun thì bánh cứng và khô, mẫu bổ sung 5% thì màu hơi nhạt.



Hình 3. Bánh bông lan có bổ sung bột sấy phun betacyanin với các tỷ lệ khác nhau

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi của việc tạo bột betacyanin từ củ dền bằng phương pháp sấy phun với chất trợ sấy MD. Phổ FTIR của bột sấy phun xác nhận sự hiện diện của betacyanin, trong khi ảnh SEM cho thấy hạt bột có hình dạng và cấu trúc ổn định. Đồng thời, bột sấy phun cũng thể hiện khả năng kháng oxy hóa cao. Việc ứng dụng bột betacyanin vào sản xuất bánh bông lan không những mở ra triển vọng phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng mà còn góp phần tạo ra nguồn chất màu tự nhiên an toàn cho người tiêu dùng.

Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn sinh viên Dương Thị Tâm Như và Trần Thị Cẩm Duyên hỗ trợ quá trình thực hiện nghiên cứu. Đồng thời, xin gửi lời cảm ơn Trường Đại học Công Thương TP.HCM đã hỗ trợ trang thiết bị phục vụ thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. Delgado-Vargas, A. Jiménez, and Paredes-López, "Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability," *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 40, no. 3, pp. 173-289, 2000, <https://doi.org/10.1080/10408690091189257>.
- [2] F. C. Stintzing and R. Carle, "Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition," *Trends in food science & technology*, vol. 15, no. 1, pp. 19-38, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.004>.
- [3] Y. Cai, M. Sun, and W. Schliemann, "Chemical stability and colorant properties of betaxanthin pigments from *Celosia argentea*," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 49, no. 9, pp. 4429-4435, 2001, <https://doi.org/10.1021/jf0104735>.
- [4] K. Roy, S. Gullapalli, U. R. Chaudhuri, and R. Chakraborty, "The use of a natural colorant based on betalain in the manufacture of sweet products in India," *International journal of food science & technology*, vol. 39, no. 10, p. 1087, 2004, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00879.x>.
- [5] K. Woo, F. Ngou, L. Ngo, W. Soong, and P. Tang, "Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)," *American Journal of Food Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 140-148, 2011, <http://doi/10.3923/ajft.2011.140148>.
- [6] Y.-M. Wong and L.-F. Siow, "Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models," *Journal of Food Science And Technology*, vol. 52, pp. 3086-3092, 2015, <http://doi.org/10.1007/s13197-014-1362-2>.
- [7] N. L. Tze *et al.*, "Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant," *Food Science and Biotechnology*, vol. 21, pp. 675-682, 2012, <http://doi.org/10.1007/s10068-012-0088-z>.
- [8] R. V. Tonon, A. F. Baroni, C. Brabet, O. Gibert, D. Pallet, and M. D. Hubinger, "Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice," *Journal of food engineering*, vol. 94, no. 3-4, pp. 215-221, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.03.009>.
- [9] E. Janiszewska, "Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain," *Powder Technology*, vol. 264, pp. 190-196, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.05.032>.
- [10] S. S. Kumar and P. J. M. J. F. T. Giridhar, "Stabilization of bioactive betalain pigment from fruits of *Basella rubra* L. through maltodextrin encapsulation," *Madridge J Food Tech*, vol. 1, no. 1, pp. 66-70, 2016, <http://doi.org/10.18689/mjft-1000111>.
- [11] Y.-Z. Cai and H. Corke, "Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 65, no. 7, pp. 1248-1252, 2000, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>.
- [12] Đ. T. M. Linh, N. T. Q. Mai, T. H. Nghi, và H. T. Duyên, "Nghiên cứu quá trình tạo bột màu betacyanin thu nhận từ vỏ quả thanh long (*Hylocereus undatus*)," *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, vol. 17, no. 1, pp. 21-31, 2018.
- [13] H. T. N. Nhon and N. T. T. Hang, "Optimization of extraction of betalain from red beetroot (*Beta vulgaris* var. *rubra* [L.] Moq)," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 20, pp. 93-102, 2020.
- [14] V. P. P. Trang, Đ. T. Khê, và N. V. Hòa, "Nghiên cứu quá trình sấy phun dịch khô qua sau cô đặc," *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, vol. 23, no. 1, pp. 79-87, 2023, https://doi.org/10.62985/j.huit_ojs.vol23.no1.47.

- [15] K. Ravichandran *et al.*, "Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity," *Food research international*, vol. 50, no. 2, pp. 670-675, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.002>.
- [16] W. Brand-Williams and M.-E. Cuvelier, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *LWT-Food science and Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 25-30, 1995, [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- [17] G. Caliskan, "The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders," *Powder technology*, vol. 287, pp. 308-314, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.10.019>.
- [18] D. P. S. Oberoi and D. S. Sogi, "Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder," *Journal of food engineering*, vol. 165, pp. 172-178, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.06.024>.
- [19] N. T. T. Dương, H. T. Đạt, và H. T. N. Nhon, "Nghiên cứu tạo chế phẩm màu tự nhiên betalain dạng bột và dạng sệt thu nhận từ củ dền (*Beta vulgaris*)," *Tạp chí Công thương*, số 4, tháng 2/2021, tr.327-332.
- [20] F. Rodríguez-Félix *et al.*, "Physicochemical, structural, mechanical and antioxidant properties of zein films incorporated with no-ultrafiltered and ultrafiltered betalains extract from the beetroot (*Beta vulgaris*) bagasse with potential application as active food packaging," *Journal of Food Engineering*, vol. 334, p. 111153, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111153>.
- [21] S. Kaur, N. Kaur, P. Aggarwal, and K. Grover, "Bioactive compounds, antioxidant activity, and color retention of beetroot (*Beta vulgaris L.*) powder: Effect of steam blanching with refrigeration and storage," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 45, no. 3, p. e15247, 2021, <https://doi.org/10.1111/jfpp.15247>.

ABSTRACT

STUDY OF CREATING BETACYANIN POWDER FROM *Beta vulgaris* BY SPRAY DRYING METHOD AND APPLICATION IN CUSTARD PRODUCTS

Do Thi Hien*, Huynh Phan Phuong Trang
Ho Chi Minh City University of Industry and Trade
*Email: hiendt@huit.edu.vn

This study was conducted to investigate the factors affecting the process of betacyanin powder, which was extracted from *Beta vulgaris* - a food coloring agent with antioxidant properties, and its application in custard cakes. The process of betacyanin powder was carried out by using a spray drying technique. This study aimed to investigate the effects of maltodextrin (MD), gum arabic (GA), the combination of MD+GA at concentrations of 15, 20, and 25% (w/v) and the inlet air temperature of spray drying (145, 155, 165, and 175 °C), the feeding flow rates (4, 5, 6, and 7 mL/min). Betacyanin powder was applied to custard cakes with the ratios of wheat flour and betacyanin powder (95:05, 90:10, 85:15, and 80:20 w/w). The results showed that the highest values of recovery efficiency, the betacyanin content and the antioxidant capacity 79.400%, 63.587 mg/g and 83.443% were successfully obtained at MD concentration of 20% w/v, inlet air temperature of 155°C, and the feeding flow rate at 5mL/min. Under those conditions, the betacyanin powder was examined by scanning electron microscopy (SEM) and it is confirmed that the microparticles were present in large quantities, had spherical shapes, and were fairly uniform in size. Besides, when examined by FTIR spectroscopy of betacyanin powder showed the appearance of 4 typical absorbing peaks of betacyanin as 3362.53, 1634.03, 1384.38, and 1024.32 cm⁻¹ corresponding to the functional groups as -OH, C=O, C=C and aromatic rings. The custard cakes with betacyanin powder added were evaluated by the goods comparison method at the ratio of 90:10 w/w, which showed the best result. It could be concluded that betacyanin powder could be created successfully and its application to some food products could be studied more.

Keywords: Betacyanin, custard cake, maltodextrin, gum arabic, spray drying.