



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.040

## KHẢO SÁT CÁC YẾU TỐ CHÍNH ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH TẠO BỘT RAU MÁ BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY VI SÓNG SỦI BỘT

Đỗ Minh Thư, Lê Huyền Quyên và Lê Sĩ Thiệp\*

Khoa Công nghệ Sinh Hóa – Thực phẩm, Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Lê Sĩ Thiệp (email: lsthien@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 28/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 10/11/2022

Ngày duyệt đăng: 10/11/2022

### Title:

Investigation of the process parameters for microwave-assisted foam-mat drying of *Centella asiatica* powder

### Từ khóa:

Sấy vi sóng, sấy sủi bọt, rau má

### Keywords:

Microwave drying, foam-mat drying, *Centella asiatica*

### ABSTRACT

Microwave-assisted foam-mat drying was carried out to produce *Centella asiatica* powder. Firstly, the effect of foaming agent (egg albumin) and stabilizer (carboxymethyl cellulose) concentration on the stability of *Centella asiatica* foam was studied. Secondly, the change of color of *Centella asiatica* powder at different foam layer thickness and microwave power was investigated. The results indicated that the foam mixture reached the most stable state when the ratio of foaming agent and foam stabilizer was within a specific range of values, here 15% egg albumin and 1.4% CMC (relative to the sample weight); The optimal powder color was obtained at a foam thickness of 4 mm and a microwave power of 130 W. The results of this study were a stepping-stone for optimizing the parameters in the process of producing *Centella asiatica* powder by using microwave-assisted foam-mat drying method.

### TÓM TẮT

Phương pháp sấy vi sóng sủi bọt được thực hiện để khảo sát ảnh hưởng của nồng độ chất tạo bọt (lòng trắng trứng) và chất ổn định (carboxymethyl cellulose - CMC) đến độ ổn định của lớp bọt rau má và ảnh hưởng của độ dày lớp bọt trải cùng với công suất vi sóng lên màu sắc bột rau má thành phẩm. Kết quả cho thấy hỗn hợp bọt đạt mức độ ổn định nhất khi tỷ lệ chất tạo bọt và chất ổn định bọt nằm trong một khoảng giá trị cụ thể mà ở đây là 15% lòng trắng trứng và 1,4% CMC (so với khối lượng mẫu); Màu sắc tối ưu của bột đạt được ở độ dày bọt trải dày 4 mm trên đĩa thủy tinh và được mang đi sấy trong lò vi sóng với công suất 130 W. Kết quả thí nghiệm là cơ sở bước đầu cho việc tối ưu hóa các thông số trong quá trình tạo bột rau má bằng phương pháp sấy vi sóng sủi bọt.

## 1. GIỚI THIỆU

Rau má (*Centella asiatica*) là loại rau có chứa nhiều chất chức năng tốt giúp giải độc, thanh nhiệt, lương huyết (Thu, 2004). Có thể dễ dàng tìm thấy rau má ở khắp mọi nơi. Ở miền Nam nước ta, rau má ngoài dùng làm rau ăn sống, chế biến thành các món canh hay luộc. Rau má còn được sử dụng để làm nước giải khát dưới dạng nước ép hay sinh tố

trương tự như các loại trái cây khác. Nước rau má có mùi vị thơm ngon, có tính hàn giúp làm mát và rất bổ dưỡng. Để đa dạng hóa sản phẩm, nâng cao tính tiện dụng và thuận tiện, người ta thường chọn chế biến rau má tươi thành dạng bột.

Các phương pháp sấy đã phát triển trong suốt lịch sử nghiên cứu khoa học và hầu hết các phương pháp được báo cáo đều đang được sử dụng. Thực

phẩm dạng lỏng có thể được sấy khô theo nhiều cách và sấy sủi bọt đang là một trong những phương pháp được các nghiên cứu hướng đến gần đây (Qadri, Srivastava, et al., 2020) nếu so với các phương pháp sấy thông thường khác. Sấy sủi bọt là phương pháp sử dụng chất lỏng được đánh bông lên tạo thành một lớp bọt ổn định và có khả năng tồn tại một thời gian dài trong không khí (Yüksel, 2021). Người ta thường thêm vào chất lỏng các chất tạo bọt như sữa, casein, protein đậu nành, gelatin và lòng trắng trứng (với thành phần chủ yếu là albumin) (Varhan et al., 2019). Để ổn định bọt được tạo ra, những polysaccharide cao phân tử như carboxymethyl cellulose (CMC), glycerol monostearate (GMS), xanthan gum, arabic gum,... được sử dụng, với đặc tính kỵ nước nên chúng có thể gia cố vách bọt và làm ổn định cấu trúc lớp bọt (Sangamithra et al., 2015). Ngoài ra, lớp bọt giúp tăng diện tích bề mặt sấy do sự kết hợp với không khí bên trong lớp bọt, từ đó làm tăng tốc độ sấy (Qadri, Osama, et al., 2020). Thêm vào đó, sự hoàn nguyên lại trạng thái ban đầu và cấu trúc của bột sản xuất bằng phương pháp sấy sủi bọt cũng tốt hơn khi so với các phương pháp khác như sấy thùng quay hay sấy phun do cấu trúc tổ ong của lớp bọt (Yüksel, 2021).

Trên thế giới đã có một số công trình nghiên cứu về kết hợp vi sóng và phương pháp sấy sủi bọt để sấy một sản phẩm như: ôi (Qadri & Srivastava, 2017), cà chua (Qadri, 2022; Qadri & Srivastava, 2014), lý chua đen (Zheng et al., 2011), việt quất (R. Gao et al., 2022), bột yoghurt (Yüksel, 2021) và đu đủ (Kandasamy et al., 2014),... Tuy nhiên gần như chưa có nhà nghiên cứu nào báo cáo kết quả áp dụng kỹ thuật này để sấy và chế tạo bột từ rau má. Do đó, mục đích chính của nghiên cứu này là khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo bột rau má bằng phương pháp sấy vi sóng sủi bọt như: nồng độ chất tạo bọt, công suất và độ dày lớp bọt.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên liệu

Rau má trồng tại các vườn lân cận khu vực các chợ An Hoà, thành phố Cần Thơ và vừa được thu hái trong ngày. Khi thu mua rau má phải là rau còn tươi, vừa thu hoạch trong ngày. Để đảm bảo cho các thí nghiệm không quá khác biệt trong các lần lặp, rau má khi mua phải có thân mọng nước và màu xanh vừa phải (không quá đậm để tránh rau quá già, hay quá nhạt chứng tỏ rau còn non), tránh bị lệch màu giữa các lần mua. Ngoài ra kích thước rau má phải tương đương nhau khi được chọn (không dùng kích thước quá to hay quá nhỏ) để đảm bảo độ tuổi của chúng là tương đồng nhau. Như vậy sau khi xay

và lọc bã, màu sắc của mẫu nước rau má dùng cho thí nghiệm sẽ không quá khác biệt giữa các lần lặp.

Lòng trắng trứng là thành phần tạo bọt không thể thiếu trong quy trình sản xuất, lòng trắng trứng được lấy từ trứng gà công nghiệp tươi của Công ty Cổ phần Chăn nuôi Việt Nam được mua tại các siêu thị khu vực phường An Hoà, thành phố Cần Thơ. Chọn mua trứng có thông tin trên bao bì được in rõ ràng và đầy đủ; ngày sản xuất gần nhất và dùng sản phẩm trong thời hạn sử dụng. Sau khi mua trứng được bảo quản trong ngăn mát tủ lạnh. Khi sử dụng, tách lấy lòng trắng trứng sao cho không để vỡ lòng đỏ trứng lẫn vào. Thành phần hóa học của nguyên liệu rau má được trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1. Thành phần hóa học của nguyên liệu rau má**

Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Hàm lượng (*)
Hàm lượng nước	%	88,08 ± 0,17
Hàm lượng vitamin C	mg%	33,00 ± 2,20
Hàm lượng đường tổng	%	1,53 ± 0,01
Hàm lượng đường khử	%	0,82 ± 0,01

Ghi chú: (\*) giá trị trung bình của 3 lần lặp lại.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy rau má có hàm lượng nước cao 88,08% là môi trường thuận lợi để các loài vi sinh vật phát triển và thời gian làm khô sẽ kéo dài. Hàm lượng vitamin C trong nguyên liệu là 33 mg% chiếm tỷ lệ rất thấp nên không tạo vị và cũng dễ thất thoát trong quá trình chế biến. Hàm lượng đường tổng số 1,53% với 0,82% là đường khử, lượng đường thấp nên vị ngọt của nguyên liệu trong khoảng khó để cảm nhận được, tuy nhiên trong quá trình chế biến cần chú ý công suất và thời gian vi sóng, tránh dẫn đến phản ứng maillard gây ảnh hưởng đến màu sắc sản phẩm.

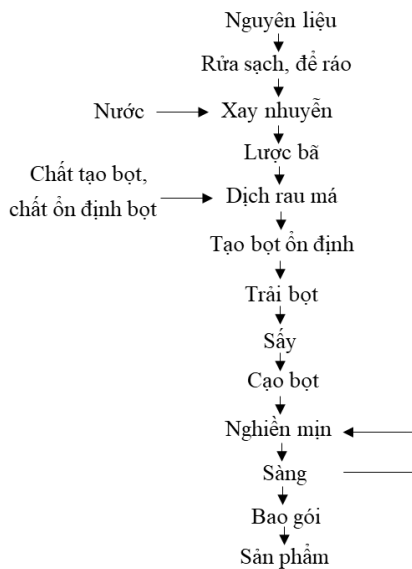
### 2.2. Phương pháp chuẩn bị và sấy bột rau má

Quy trình thí nghiệm tổng quát được thể hiện trong Hình 1. Cụ thể, Rau má mua về được mang đi rửa trong bồn nước nhiều lần với nước sạch, giúp loại bỏ những tạp chất, bụi bẩn, một phần vi sinh vật và hóa chất nông nghiệp còn đọng trên bề mặt lá. Ngoài ra, trong quá trình rửa nhiều loại rau dại, có dại lẫn trong rau má cũng được lựa bỏ.

Sau khi đã rửa sạch rau má, cần để ráo tự nhiên hoặc vẩy khô nước trước khi thực hiện các công đoạn tiếp theo để hạn chế sai số về khối lượng do nước rửa còn bám trên lá. Rau má đã để ráo được mang đi cân định lượng bằng cân phân tích (KD – TBED, Kendy, Trung Quốc) sau đó dùng kéo cắt nhỏ rồi cho vào máy xay (HR2041/10, Philips, Trung Quốc), đây là bước hỗ trợ hiệu quả cho quá trình xay nhuyễn. Tiến hành xay rau má ở tỷ lệ rau

má với nước là 1: 1/2 (theo khối lượng) đến khi thấy hỗn hợp nhuyễn đồng nhất không còn những mẩu lá to.

Hỗn hợp sau khi xay nhuyễn có cấu trúc đặc không thể tạo bột, vì vậy được mang đi lọc qua rây lọc vào cốc để loại bỏ phần bã chứa nhiều xơ. Bột rau má được tạo ra bằng cách trộn chất tạo bột là lòng trắng trứng (LTT) và chất ổn định CMC với dịch rau má vừa thu được bằng máy đánh trứng (HR3705/20, Philips, Trung Quốc). Tỷ lệ LTT và CMC được sử dụng như bảng 2.



Hình 1. Quy trình thí nghiệm

Bảng 2. Tỷ lệ CMC và lòng trắng trứng

CMC (%)	Lòng trắng trứng (%)*
1,4	10
1,4	15
1,4	20
1,2	10
1,2	15
1,2	20
1,6	10
1,6	15
1,6	20

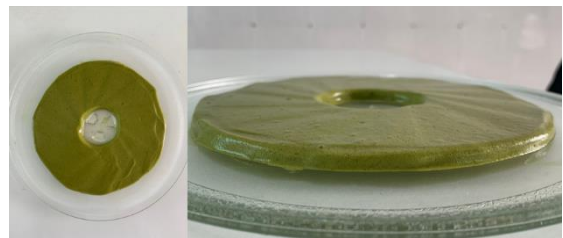
\* %: Khối lượng chất tạo bột/khối lượng dịch rau má

Những tỷ lệ này được dùng để khảo sát sự ổn định của lớp bột được tạo ra bằng cách cho mẫu bột rau má vào một ống đong 50 ml và để ở nhiệt độ phòng trong 3 giờ. Cách mỗi 30 phút thể tích mất đi của lớp bột được ghi nhận. Độ ổn định được tính bằng công thức:

$$\text{Độ ổn định} = \frac{V_{30}}{V_0} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó:  $V_{30}$  là thể tích ghi nhận sau mỗi 30 phút và  $V_0$  là thể tích ban đầu của bột rau má

Lớp bột được trải trực tiếp lên đĩa thủy tinh của lò vi sóng dân dụng (R-G222VN-S, Sharp, Trung Quốc) theo hình tròn đồng tâm với đĩa với độ dày lớp bột được khảo sát là: 2, 4 và 6 mm ở các mức công suất vi sóng 130, 260 và 440 W. Một khoảng trống có đường kính khoảng 4 cm ở phần trung tâm của đĩa không được trải bột vào vì phần này chịu tác động vi sóng cao dễ cháy khét. Bột được trải trên đĩa thủy tinh theo như minh họa ở Hình 2.



Hình 2. Hình thức bột được trải trên đĩa thủy tinh

Bột rau má sau khi sấy xong được đem nghiền thủ công bằng tay và sàng với kích thước lỗ là 106 µm, để thu được sản phẩm bột rau má có kích thước hạt mịn đồng nhất. Sản phẩm bột thành phẩm được bao gói và bảo quản bằng túi PE nhằm sử dụng cho những phân tích về màu sắc sản phẩm bằng máy so màu (sph870, Colorlite, Đức). Thang màu được thể hiện bằng  $L^*$ ,  $a^*$ , và  $b^*$  sử dụng không gian màu CIELAB. Trong đó  $L^*$  chỉ thị độ sáng hoặc tối và có giá trị từ 0 - 100,  $a^*$  đại diện cho màu đỏ (+) và màu xanh lá cây (-) và  $b^*$  thể hiện màu vàng (+) và xanh (-).

Số liệu thu thập được phân tích bằng phương pháp ANOVA ( $p \leq 0,05$ ) trong phần mềm Minitab 21.0 (Minitab, LLC, Mỹ). Tất cả các thí nghiệm được lặp lại ba lần.

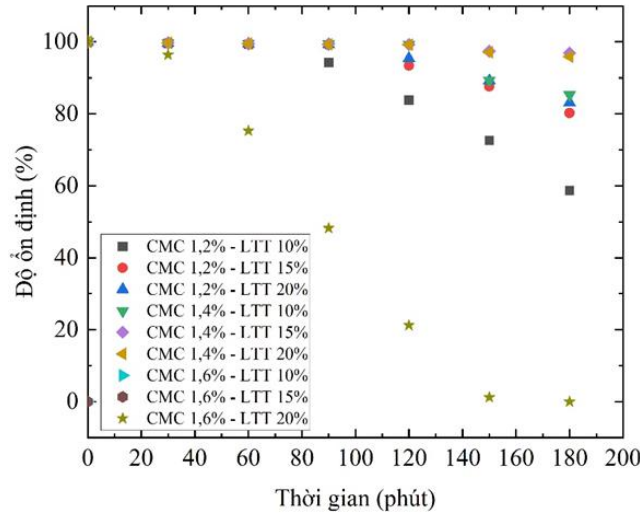
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ chất tạo và ổn định bột đến độ ổn định của bột rau má

Độ ổn định của bột là một trong những yếu tố quan trọng của quá trình sấy sủi bột vì nó có thể làm đẩy nhanh tốc độ của quá trình sấy và tăng độ rỗng của bột thành phẩm (Abbasi & Azizpour, 2016). Kết quả thí nghiệm về độ bền của bột rau má được thể hiện ở hình 3. Nhìn chung ở cùng một tỷ lệ CMC, khi tỷ lệ lòng trắng trứng tăng thì độ ổn định của bột

rau má tăng. Kết quả này có sự tương đồng với những nghiên cứu trước đây (Kanha et al., 2020; Tekgül, 2021; Yüksel, 2021). Theo nhiều kết quả đã được báo cáo (Karim & Wai, 1999; Vernon-Carter

et al., 2001; Thakur et al., 2003), sức căng bề mặt lỏng-lỏng và lỏng-rắn sẽ giảm do sự hấp phụ của chất tạo bọt tại bề mặt của bọt vì thế dẫn tới việc bọt sẽ bền hơn.



**Hình 3. Độ ổn định của bọt rau má ở những nồng độ LTT và CMC khác nhau**

Ở một khía cạnh khác, việc tăng nồng độ CMC (từ 1,2% lên 1,4%) khi ở cùng một tỷ lệ lòng trắng trứng cũng làm tăng độ ổn định của bọt. 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 (Sangamithra et al., 2015). Tuy nhiên, khi tỷ lệ CMC tăng lên 1,6% thì độ ổn định của bọt rau má không tồn tại do không có lớp bọt hình thành (tương ứng với tỷ lệ lòng trắng trứng là 10% và 15%) hoặc có lớp bọt tạo thành nhưng không ổn định, rất nhanh bị tách nước (tương ứng với tỷ lệ lòng trắng trứng 20%). Nguyên nhân có thể được giải thích 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 (Kanha et al., 2020).

Giữa cặp CMC 1,4% – LTT 15% và CMC 1,4% – LTT 20%, cho giá trị độ ổn định như nhau nhưng tỷ lệ CMC 1,4% – LTT 15% được chọn để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo do nó có tỷ lệ phụ gia thấp hơn (15% LTT thay vì 20% LTT).

**3.2. Ảnh hưởng của công suất sấy và độ dày bọt trái đến màu sắc sản phẩm**

Việc xác định thông số tối ưu cho độ dày lớp bọt trái và công suất sấy là rất cần thiết. Khối lượng mẫu và công suất vi sóng đều có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình sấy (Gao, 2010). Vì gia nhiệt vi sóng là một quá trình gia nhiệt thể tích, nhiệt được sinh ra chủ yếu từ bên trong vật liệu. Bên cạnh đó, ở các độ

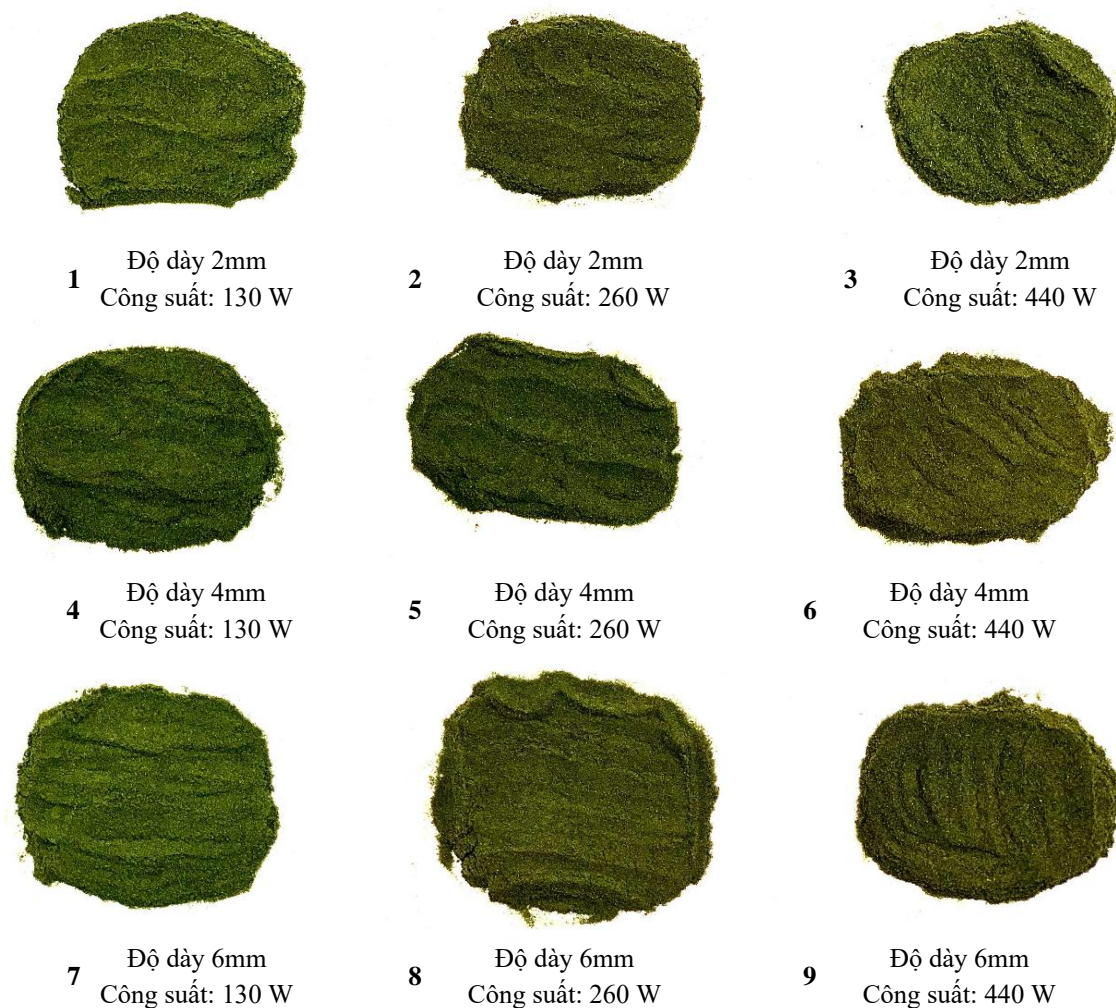
dày bọt trái khác nhau sẽ tương ứng với khối lượng cũng như thể tích bọt khác nhau, từ đó có ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian sấy. Ngoài ra, công suất vi sóng cũng là yếu tố có tác động rất lớn đến quá trình sấy cả về thời gian lẫn chất lượng sản phẩm bọt. Do đó cần thực hiện khảo sát cả hai yếu tố trên để xác định được thông số phù hợp mang lại sản phẩm đạt chất lượng tốt nhất.

Kết quả thí nghiệm cho thấy độ dày bọt trái và công suất vi sóng có ảnh hưởng rất rõ ràng đến sự biến đổi màu sắc của bọt rau má. Cụ thể kết quả khảo sát của thí nghiệm này được trình bày trong Bảng 3.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của độ dày bọt trái và công suất sấy đến màu sắc sản phẩm**

Độ dày (mm)	Công suất sấy (w)	Màu sắc		
		L*	a*	b*
2	130	40,727 <sup>a</sup>	-4,037 <sup>g</sup>	21,507 <sup>a</sup>
2	260	37,423 <sup>b</sup>	-2,467 <sup>e</sup>	19,540 <sup>b</sup>
2	440	35,850 <sup>d</sup>	-1,890 <sup>d</sup>	16,927 <sup>d</sup>
4	130	36,943 <sup>c</sup>	-4,813 <sup>h</sup>	17,370 <sup>c</sup>
4	260	34,140 <sup>f</sup>	-2,893 <sup>f</sup>	14,320 <sup>e</sup>
4	440	31,490 <sup>h</sup>	-1,203 <sup>c</sup>	13,550 <sup>f</sup>
6	130	35,557 <sup>e</sup>	-1,983 <sup>d</sup>	17,037 <sup>d</sup>
6	260	33,547 <sup>g</sup>	-0,880 <sup>b</sup>	14,323 <sup>e</sup>
6	440	31,127 <sup>i</sup>	-0,557 <sup>a</sup>	13,400 <sup>f</sup>
		P=0,000	P=0,000	P=0,000

Ghi chú: (\*) Số liệu trong bảng là kết quả trung bình của 3 lần lặp lại, các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa ở mức ý nghĩa 5%.



**Hình 4. Màu sắc sản phẩm bột rau má sấy ở các độ dày và công suất khác nhau**

Màu sắc (độ sáng  $L^*$ , độ xanh  $a^*$  và độ vàng  $b^*$ ) của sản phẩm có sự khác biệt ý nghĩa ở các độ dày và công suất vi sóng (Hình 4).

Qua hình ảnh kết quả khảo sát được đánh số thứ tự từ 1-9 cho thấy, ở cùng một độ dày bột trái nhưng công suất sấy khác nhau sẽ cho ra sản phẩm có màu sắc khác nhau rõ rệt. Tương tự khi xét theo công suất vi sóng, sấy cùng một công suất vi sóng cho mẫu có độ dày bột khác nhau, màu sắc sản phẩm sau khi sấy cũng sẽ khác nhau.

Đối với giá trị biểu thị độ sáng  $L^*$  (Bảng 3), dễ dàng thấy được khi tăng công suất vi sóng với những mẫu được trái ở cùng một độ dày thì kết quả bột thành phẩm thu được sẽ có màu tối dần. Điều này là do ở các mức công suất càng cao, năng lượng sản sinh càng nhiều, thúc đẩy quá trình sinh nhiệt tăng theo. Mặc khác trong thành phần nguyên liệu rau má

có chứa một hàm lượng đường nhất định, khi gặp nhiệt độ cao sẽ làm xuất hiện phản ứng maillard gây nên hiện tượng sậm đi của bột (Starowicz & Zieliński, 2019). Theo giả thuyết đó, độ dày bột trái dày hơn sẽ cần nhiều thời gian sấy hơn, kéo theo độ sáng của bột giảm dần do ảnh hưởng của nhiệt độ cao trong thời gian dài. Từ đó, cũng có thể giải thích vì sao độ sáng đạt mức ý nghĩa cao nhất ở mẫu 1 và thấp nhất mẫu 9 có độ dày bột trái và công suất vi sóng cao nhất.

Xét giá trị biểu thị độ vàng  $b^*$  (Bảng 3) từ kết quả thống kê cho thấy, độ vàng  $b$  giảm dần mức ý nghĩa đối với những mẫu sấy ở các độ dày bột tăng dần dù công suất vi sóng là 130 W nhưng các mẫu 1,4,7 có mức ý nghĩa về giá trị  $b$  giảm dần. Điều này cũng xảy ra tương tự với các mẫu 2,5,8 ở công suất

260W và các mẫu 3,6,9 ở công suất 440W. Nguyên nhân được giải thích là do độ dày bột trái tỷ lệ thuận với thời gian sấy, độ dày càng lớn thời gian sấy càng lâu sẽ gây mất dần màu vàng vốn có của nguyên liệu (Weemaes et al., 1999).

Độ xanh  $a^*$  là thông số quan trọng quyết định màu sắc tối ưu nhất cho sản phẩm bột rau má, vì đây là màu sắc tự nhiên mang ý nghĩa đặc trưng và có ảnh hưởng quan trọng đến giá trị cảm quan của sản phẩm so với độ sáng  $L^*$  và độ vàng  $b^*$ . Theo như kết quả thống kê, độ xanh  $a^*$  tăng dần mức ý nghĩa về giá trị dương khi xét các mẫu có cùng độ dày bột trái nhưng công suất vi sóng tăng dần. Điều này chứng tỏ, màu xanh của bột nguyên liệu cũng giảm dần tương ứng. Nguyên nhân được giải thích tương tự như khi xét độ vàng (b), sự thoái hóa chất diệp lục trong rau má xảy ra do chịu tác động của nhiệt năng cao trong thời gian dài dẫn đến mất dần màu xanh vốn có của nguyên liệu (Weemaes et al., 1999).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abbasi, E., & Azizpour, M. (2016). Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 105–110.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.004>
- Gao, F. (2010). *Comparison of Microwave Drying and Conventional Drying of Coal (Master's thesis)*. Queen's University.
- Gao, R., Xue, L., Zhang, Y., Liu, Y., Shen, L., & Zheng, X. (2022). Production of blueberry pulp powder by microwave-assisted foam-mat drying: Effects of formulations of foaming agents on drying characteristics and physicochemical properties. *LWT*, 154, 112811.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112811>
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Maladhi, D. (2014). Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2526–2534.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-012-0812-y>
- Kanha, N., Regenstein, J. M., & Laokuldilok, T. (2020). Optimization of process parameters for foam mat drying of black rice bran anthocyanin and comparison with spray- and freeze-dried powders. *Drying Technology*, 40(3), 581–594.  
<https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1819824>
- Karim, A. A., & Wai, C. C. (1999). Characteristics of foam prepared from starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree by using methyl cellulose. *Food Hydrocolloids*, 13(3), 203–210.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00086-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00086-1)
- Qadri, O. S. (2022). Microwave drying of foamed tomato pulp: Optimization and mass transfer modelling. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9), e15954.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.15954>
- Qadri, O. S., Osama, K., & Srivastava, A. K. (2020). Foam mat drying of papaya using microwaves: Machine learning modeling. *Journal of Food Process Engineering*, 43(6).  
<https://doi.org/10.1111/jfpe.13394>
- Qadri, O. S., & Srivastava, A. K. (2017). Microwave-Assisted Foam Mat Drying of Guava Pulp: Drying Kinetics and Effect on Quality Attributes. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12295.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.12295>
- Qadri, O. S., Srivastava, A. K., & Yousuf, B. (2020). Trends in foam mat drying of foods: Special emphasis on hybrid foam mat drying technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1667–1676.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1588221>
- Sangamithra, A., Sivakumar, V., Kannan, K., & John, S. G. (2015). Foam-mat drying of muskmelon. *International Journal of Food Engineering*, 11(1), 127–137.  
<https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0139>
- Qadri, O. S., & Srivastava, A. K. (2014). Effect of microwave power on foam-mat drying of tomato pulp (Vol. 16, Issue 3). *International*

## 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, kỹ thuật sấy vi sóng sử dụng bột đã được áp dụng thành công tạo ra bột rau má. Ảnh hưởng tỷ lệ lòng trắng trứng và CMC đến độ ổn định của lớp bột rau má và màu sắc của bột rau má ở những độ dày lớp bột trái cùng với công suất vi sóng khác nhau đã được khảo sát. Ở tỷ lệ CMC là 1,4% và lòng trắng trứng bằng 15% cho lớp bột có độ định cao. Độ sáng  $L$  tỷ lệ nghịch với công suất vi sóng trong khi bột rau má sẽ có khuynh hướng ngả vàng nhiều hơn nếu độ dày lớp trái tăng, màu xanh đặc trưng của rau má cũng mất dần khi công suất vi sóng tăng lên. Nghiên cứu này cung cấp một số thông tin bước đầu trong việc khảo sát đặc tính của bột rau má ở một số tỷ lệ phụ gia tạo và ổn định bột khác nhau cũng như những thông số về công suất và độ dày lớp bột được trải. Những phụ gia khác và các tính chất vật lý của bột như khối lượng riêng, độ trương nở, và độ tan có thể được thực hiện ở những nghiên cứu tiếp theo.

*Agricultural Engineering Journal*  
<http://www.cigrjournal.org>

- Starowicz, M., & Zieliński, H. (2019). How Maillard Reaction Influences Sensorial Properties (Color, Flavor and Texture) of Food Products? *Food Reviews International*, 35(8), 707–725.  
<https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600538>
- Tekgül, Y. (2021). Optimization of foaming process: Drying behaviour, physicochemical, and powder properties of hot air-assisted foam-mat dried nectarine. *International Journal of Food Engineering*, 17(10), 815–826.  
<https://doi.org/10.1515/ijfe-2021-0134>
- Thakur, R. K., Vial, Ch., & Djelveh, G. (2003). Influence of operating conditions and impeller design on the continuous manufacturing of food foams. *Journal of Food Engineering*, 60(1), 9–20. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00005-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00005-0)
- Thu, N. V. (2004). *Bài giảng Dược liệu* (2nd ed., Vol. 1). Trường Đại học Dược Hà Nội.
- Varhan, E., Elmas, F., & Koç, M. (2019). Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physicochemical properties of fig powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(4), e13022.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpe.13022>
- Vernon-Carter, E. J., Espinosa-Paredes, G., Beristain, C. I., & Romero-Tehuiztil, H. (2001). Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. *Food Research International*, 34(7), 587–598.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00076-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00076-X)
- Weemaes, C. A., Ooms, V., van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (1999). Kinetics of Chlorophyll Degradation and Color Loss in Heated Broccoli Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(6), 2404–2409.  
<https://doi.org/10.1021/jf980663o>
- Yüksel, A. N. (2021). Development of yoghurt powder using microwave-assisted foam-mat drying. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2834–2841.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-021-05035-2>
- 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.  
<https://doi.org/10.1080/07373937.2010.484112>