

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP SẤY PHUN ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM BỘT NHÀU

STUDY ON THE EFFECT OF SPRAY DRYING METHOD ON THE QUALITY OF NONI POWDER

Cao Thị Ngọc Ánh, Mạc Thị Hà Thanh

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; caongocanh26@gmail.com; mththanh@dut.udn.vn

Tóm tắt - Cây nhàu (*Morinda citrifolia* L.) được biết đến là thảo dược quý bởi tất cả các bộ phận của cây như vỏ cây, rễ cây, lá cây, quả,... đều được sử dụng để chữa bệnh trong dân gian. Trong đó, quả nhàu được sử dụng nhiều nhất do chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học có giá trị. Mục đích của nghiên cứu nhằm khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến chất lượng, hoạt tính kháng oxy hóa và hoạt tính kháng khuẩn của bột nhàu nhằm lựa chọn nhiệt độ sấy thích hợp để sấy nhàu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp sấy phun ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 5 giây tạo ra sản phẩm bột nhàu có giá trị dinh dưỡng, hàm lượng vitamin C, polyphenol tổng số và hoạt tính sinh học (kháng oxy hóa, kháng khuẩn tốt).

Từ khóa - Bột nhàu; phương pháp sấy; sấy phun; hoạt tính sinh học

1. Đặt vấn đề

Cây nhàu có tên khoa học là *Morinda citrifolia* L., thuộc họ cà phê. Cây thường mọc ở vùng nhiệt đới và ôn đới, trong đó có các tỉnh phía Nam của Việt Nam [1]. Tất cả các bộ phận của cây nhàu như rễ, thân, lá, hoa và quả được các nhà khoa học quan tâm trong những năm gần đây do tác dụng chữa bệnh tuyệt vời của chúng. Đặc biệt trong dân gian, quả nhàu thường được sử dụng như vị thuốc y học cổ truyền chữa bệnh táo bón, khó tiêu, điều hòa kinh nguyệt, hạ sốt, chữa ho, hen suyễn, viêm khớp, tiểu đường, ... do trong quả có chứa các hoạt chất thực vật có khả năng kháng khuẩn, kháng virus, kháng nấm, kháng ung thư [2, 16, 19]. Tuy nhiên, quả nhàu tươi rất khó bảo quản do vỏ mỏng và rất mềm khi chín, dễ bị hỏng trong quá trình vận chuyển và mất nhiều thời gian chế biến quả nhàu trước khi sử dụng. Chính vì vậy, hiện nay đã có nhiều loại thực phẩm chức năng, đồ uống bổ dưỡng được chiết xuất từ quả nhàu như nước ép nhàu, trà nhàu, viên nang, bột nhàu, ... [3, 4, 5, 6]. Trong đó, bột nhàu được người tiêu dùng ưa chuộng nhất do dễ vận chuyển, bảo quản, cách pha chế và sử dụng sản phẩm đơn giản [7]. Để tạo sản phẩm bột nhàu, một số công ty Việt Nam đã sử dụng phương pháp sản xuất truyền thống như: quả nhàu sau khi lựa chọn, phân loại được đem đi rửa sạch, cắt lát và phơi khô tự nhiên hoặc sấy bằng không khí nóng. Sau đó, lát nhàu khô được đưa vào máy nghiền thô và tiếp tục đi vào nghiền mịn, nghiền tinh để đảm bảo bột nhàu khô hoàn toàn và có thể hòa tan 60-80% vào nước [20, 21]. Hiện nay, sấy phun là công nghệ sấy phổ biến nhất được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm do ưu điểm tốc độ và thời gian sấy nhanh; đặc biệt, sấy phun thích hợp để sấy các loại dịch quả có chứa nhiều thành phần hoạt tính sinh học nhạy cảm với nhiệt độ như dịch quả nhàu. Cho đến nay tại Việt Nam chưa có công bố chính thức nào về quy trình sản xuất cũng như các phương pháp sấy và chỉ tiêu chất lượng sản phẩm bột nhàu. Vì vậy,

Abstract - Noni (*Morinda citrifolia* L.) is known as precious herbs because all parts of the plant such as bark, roots, leaves, fruits,... are used for health treatment in folk. Among them, the fruit is commonly used as it contains the most valuable bioactive compounds. The purpose of this study is to investigate the effects of drying temperature on the quality, antioxidant activity and antibacterial activity of noni powder using the method of spray drying in order to select the suitable drying temperature for noni drying process. The study results have indicated that the noni powder produced by spray drying at 160 degrees for 5 seconds retains its high nutritional composition, vitamin C and total polyphenol contents as well as biological activity.

Key words - Noni powder; drying method; spray drying; biological activity

nghiên cứu sản xuất sản phẩm bột nhàu bằng phương pháp sấy phun là khả thi và mang tính ứng dụng cao.

Mục đích của nghiên cứu này nhằm, đánh giá ảnh hưởng của điều kiện quá trình sấy phun (nhiệt độ sấy) đến độ ẩm và hiệu suất thu hồi sản phẩm, sự tồn thất hàm lượng polyphenol tổng số và hàm lượng vitamin C cũng như hoạt tính kháng oxy hóa, hoạt tính kháng khuẩn của dịch chiết quả nhàu sau khi sấy. Từ đó, lựa chọn được thông số công nghệ thích hợp cho quá trình sấy phun và mở ra một hướng đi mới trong việc chuyển giao công nghệ sản xuất bột nhàu làm đa dạng hóa sản phẩm, kéo dài thời gian bảo quản, tạo ra sản phẩm mới tiện dụng, dinh dưỡng và tốt cho sức khỏe.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Nguyên liệu chính - Quả nhàu

Quả nhàu tươi (*Morinda citrifolia* L.): Chọn quả chín mềm đồng đều, có màu vàng mỡ gà, không dập nát hay hư hỏng. Quả nhàu được thu mua tại thành phố Đà Nẵng.



Hình 1. Quả nhàu

2.1.2. Một số hóa chất

Hóa chất sử dụng: Na_2CO_3 , thuốc thử Follin- Ciocalteu, DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl), acid gallic được cung cấp bởi công ty Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA); methanol và hóa chất khác được mua tại Công ty Hóa chất Thành Trung (Đà Nẵng, Việt Nam).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Qua quá trình nghiên cứu tài liệu và khảo sát sơ bộ, đề xuất quy trình sản xuất bột nhàu bằng phương pháp sấy phun như sau:

Quả nhàu chín sau khi thu mua về, rửa sạch và tiến hành chần với nước nóng ở nhiệt độ 85°C trong thời gian 4 phút nhằm vô hoạt enzyme polyphenol oxydase gây sẫm màu nguyên liệu. Sau đó, nhàu được xay nhỏ (bổ sung nước với tỷ lệ nhàu: nước = 1:2 m/w) rồi đem ủ enzyme pectinase với tỷ lệ 0,2% trong 3 giờ. Dịch nhàu đem đi lọc để thu được dịch nhàu trong trước khi tiến hành cô quay chân không đến nồng độ chất khô 9%. Dịch nhàu sau cô đặc được phối trộn với maltodextrin (tỷ lệ 15% so với dịch nhàu) để tăng nồng độ chất khô, thuận lợi cho quá trình sấy phun [8, 9]. Quá trình sấy phun được thực hiện ở các nhiệt độ 140°C, 160°C và 180°C trong thời gian 5 giây tạo sản phẩm bột nhàu. Mỗi thí nghiệm được lặp lại ba lần.

Mục đích của thí nghiệm: lựa chọn nhiệt độ sấy phun thích hợp cho quá trình sấy nhàu hiệu quả và sản phẩm đạt chất lượng tốt. Các yếu tố theo dõi: ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến độ ẩm và hiệu suất thu hồi, tổn thất hàm lượng polyphenol tổng số và vitamin C, hoạt tính kháng oxy hóa, hoạt tính kháng khuẩn và so sánh với sản phẩm bột nhàu trên thị trường (được sản xuất tại Đà Nẵng, Việt Nam).

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Xác định hàm lượng ẩm bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi theo AOAC 934.01, 2000 [10].

- Xác định hàm lượng tro bằng phương pháp nung ở nhiệt độ 550°C trong 5-6h theo AOAC 923.03, 2000 [10].

- Xác định hàm lượng protein bằng phương pháp Kjeldahl theo AOAC, 2000 [10].

- Xác định hàm lượng đường tổng số bằng phương pháp phenol- acid sunfuric [11].

- Xác định hàm lượng acid bằng phương pháp chuẩn độ bằng NaOH 0,1N theo TCVN 5483-2007 [12].

- Xác định hàm lượng chất khô hòa tan bằng chiết quang kế cầm tay theo TCVN 7771:2007 [12].

- Xác định hàm lượng vitamin C bằng phương pháp chuẩn độ Iot theo TCVN 11168:2015 [12].

- Đo pH bằng máy đo pH Horiba 25-HS-H: dịch quả nhàu được đem đi đo pH tại nhiệt độ phòng theo TCVN 6492: 2011 [12].

- Xác định hàm lượng kim loại nặng theo AOAC 2015.01 [12]. 5 gam mẫu đem nung tạo thành tro trắng rồi bổ sung 20 ml dung dịch HCl 2%. Dung dịch sau đó tiến hành đo trên máy quang phổ hấp thụ nguyên tử ASS - NovAA (Analytik Jen, Đức) để xác định sự có mặt của kim loại nặng, số liệu được xử lý và hiển thị trên màn hình máy tính.

- Xác định hàm lượng polyphenol tổng số theo phương pháp so màu với thuốc thử Folin-Ciocalteu. Lấy mẫu đem đi trích li bằng ethanol 70% (1:10) ủ trong hai giờ để trong bóng tối, sau đó pha loãng (1:10) cho vào ống nghiệm, thêm vào 0,5 ml thuốc thử Folin- Ciocalteu, lắc đều. Sau ba phút thêm vào 2 ml dung dịch Na₂CO₃ 20%, lắc đều, ủ trong nước sôi 100°C trong một phút và làm lạnh nhanh, sau đó lắc đều và đo độ hấp thụ ở bước sóng 760 nm [13].

- Xác định hoạt tính kháng oxy thông qua khả năng bắt

gốc tự do DPPH theo phương pháp cải tiến của Nguyen và Eun [14]. IC₅₀ được định nghĩa là nồng độ tối thiểu ức chế 50% gốc tự do DPPH, đây là thông số quan trọng để đánh giá khả năng kháng oxy hóa. Mẫu được trích ly bằng metanol 70% trong 30 phút, lắc đều và ly tâm thu phần dịch rồi tiến hành pha loãng theo tỷ lệ nhất định rồi bổ sung dung dịch DPPH và ủ trong bóng tối 30 phút. Sau đó đo độ hấp thụ quang của các dung dịch tại bước sóng 517 nm.

- Xác định hiệu suất thu hồi sản phẩm bột nhàu (H) theo công thức:

$$H(\%) = \frac{ck2 \times 100}{ck1}$$

Trong đó:

ck1 (g): hàm lượng chất khô của dịch nhàu trước khi sấy,

ck2 (g): hàm lượng chất khô của bột nhàu sau khi sấy.

- Xác định sự tổn thất hàm lượng vitamin C hoặc polyphenol (TT) theo công thức:

$$TT(\%) = \frac{(m1 - m2) \times 100}{m1}$$

Trong đó:

m₁ (mg): hàm lượng polyphenol (hoặc vitamin C) của dịch nhàu trích ly từ 1gam chất khô nguyên liệu.

m₂ (mg): hàm lượng polyphenol (hoặc vitamin C) của dịch nhàu trích ly từ 1 gam chất khô sản phẩm.

2.4. Phương pháp thống kê và xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được tiến hành với ba lần lặp lại và xử lý trên phần mềm Microsoft Excel 2007 và phần mềm thống kê Minitab 16. Kết quả phân tích ANOVA với độ tin cậy 95%, so sánh sự khác biệt có ý nghĩa của các số liệu biểu diễn giá trị trung bình.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định thành phần hóa học của quả nhàu tươi

Quả nhàu tươi ban đầu được kiểm tra thành phần hóa học và thu được kết quả như Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của quả nhàu tươi

Thành phần	Hàm lượng
Nước (%)	82,360 ± 0,478
Chất khô hòa tan (°Bx)	6,733 ± 0,306
Vitamin C (mg%)	41,800 ± 2,200
Acid tổng số (g/l)	2,169 ± 0,163
Độ pH	4,142 ± 0,068
Đường tổng số (%)	3,990 ± 0,021
Protein (%)	0,500 ± 0,000
Tro (%)	0,805 ± 0,021
Polyphenol tổng số (mgGAE/ % chất khô)	7,146 ± 0,238

Độ ẩm vừa là chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến khả năng bảo quản, vừa là thành phần ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình sấy. Độ ẩm của nhàu tương đối cao khoảng 82,36% thích hợp cho quá trình sấy. Nhưng nếu quá cao, thời gian sấy kéo dài dẫn đến ảnh hưởng đến thành phần dinh dưỡng khác và gây tiêu tốn năng lượng. Vì vậy, cần lựa chọn chế độ sấy thích hợp để dễ dàng tách ẩm ra khỏi nguyên liệu mà

không gây ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

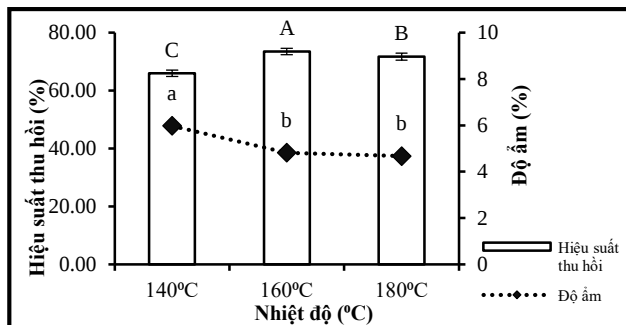
Hàm lượng acid tổng số trong quả nhàu là 2,169 g/l và tương ứng với giá trị pH khoảng 4,1; điều này cho thấy quả nhàu có vị chua khá gắt, trong quá trình chế biến cần có biện pháp xử lý nhằm cải thiện hương vị của sản phẩm.

Thành phần dinh dưỡng của quả nhàu như muối khoáng (thông qua xác định hàm lượng tro), đường tổng số và protein lần lượt chiếm tỷ lệ 0,8%; 3,99% và 0,5%. Tuy nhiên, nếu hàm lượng đường và protein quá cao thì độ nhớt nguyên liệu tăng, gây cản trở sự thoát ẩm của nguyên liệu; từ đó, quá trình sấy diễn ra khó khăn hơn.

Thành phần dinh dưỡng được quan tâm nhiều nhất trong quả nhàu là vitamin C và polyphenol. Đặc biệt, hàm lượng vitamin C trong quả nhàu chiếm tỷ lệ khá cao (khoảng 41,8 mg%); cao hơn 1,24 lần so với kết quả trong nghiên cứu của tác giả Phan Thị Xuân Mai (2008) và xấp xỉ với các loại quả như bưởi, cam, lê, dứa, ... [5]. Bên cạnh đó, hàm lượng polyphenol chiếm khoảng 7,15 g GAE/% chất khô. Kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy, trong quả nhàu có chứa các thành phần với hoạt tính chống oxy hóa mạnh mẽ giúp cơ thể con người loại bỏ một số ion thừa, ngăn chặn một số bệnh liên quan và có tác dụng tốt cho sức khỏe [15]. Tuy nhiên, chúng dễ bị tổn thất khi sấy ở nhiệt độ cao; vì vậy, trong quá trình sản xuất bột nhàu cần phải lựa chọn chế độ sấy thích hợp nhằm giữ lại được hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học ở mức cao nhất có thể.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến độ ẩm và hiệu suất thu hồi sản phẩm bột nhàu

Độ ẩm và hiệu suất thu hồi bột nhàu tương ứng với nhiệt độ sấy phun được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến độ ẩm và hiệu suất thu hồi sản phẩm bột nhàu

(A, B, C và a, b, c: biểu diễn sự khác biệt có ý nghĩa về hiệu suất thu hồi và độ ẩm của sản phẩm khi sấy phun ở nhiệt độ khác nhau với độ tin cậy 95%)

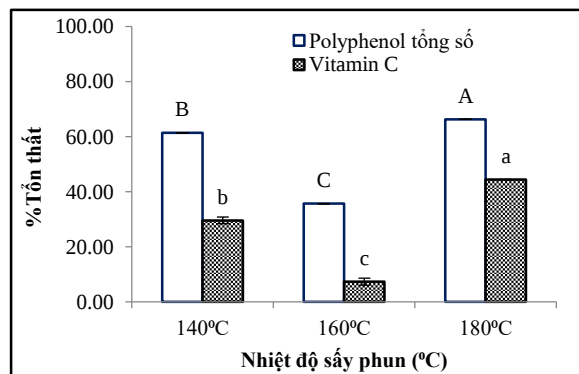
Dựa vào Hình 2 cho thấy, với thời gian sấy 5 giây, khi nhiệt độ sấy phun càng cao thì độ ẩm sản phẩm càng thấp, độ ẩm của bột nhàu thấp nhất khoảng 4,67% ở nhiệt độ 180°C và độ ẩm cao nhất là 5,88% ở nhiệt độ 140°C. Khi tăng nhiệt độ sấy phun lên 160°C, độ ẩm giảm 1,2 lần so với độ ẩm sản phẩm khi sấy ở 140°C. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng lên 180°C thì độ ẩm giảm rất chậm và không có khác biệt về mặt thống kê với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$. Bên cạnh đó, hiệu suất thu hồi sản phẩm bột nhàu tăng 7,49% khi tăng nhiệt độ từ 140°C lên 160°C và giảm khoảng 1,74% khi tăng nhiệt độ lên 180°C. Hiệu suất thu hồi sản phẩm bột nhàu cao nhất khi sấy phun ở nhiệt độ 160°C với giá trị 73,52% và thấp nhất khi sấy ở 140°C với giá trị 66,03%.

Nhiệt độ không khí sấy quá thấp hay quá cao đều ảnh hưởng đến sản phẩm bột nhàu. Khi nhiệt độ sấy thấp ($\leq 140^\circ\text{C}$) độ ẩm không khí cao, chênh lệch ẩm giữa nguyên liệu và tác nhân sấy thấp làm cho ẩm từ bề mặt nguyên liệu bốc hơi chậm, dẫn đến sự khuếch tán ẩm bên trong ra khỏi bề mặt với tốc độ chậm. Hạt nguyên liệu sấy cần một thời gian dài để bốc hơi đến khi hạt đủ nhẹ mới có thể hút qua cyclone để thu hồi sản phẩm. Do đó, thời gian lưu của hạt nguyên liệu trong buồng sấy kéo dài. Ngoài ra, hàm lượng ẩm trong nguyên liệu cao làm cho sản phẩm có độ dính cao, dẫn đến nguy cơ nghẹt đầu phun và bột bám nhiều trên thành thiết bị làm giảm hiệu suất thu hồi của sản phẩm. Ngược lại, khi tăng nhiệt độ sấy, nguyên liệu được đốt nóng nhanh, chênh lệch độ ẩm giữa nguyên liệu và không khí nóng cao, làm tăng tốc độ dịch chuyển ẩm từ bên trong nguyên liệu ra bề mặt và từ bề mặt ra môi trường. Do đó, độ ẩm trong nguyên liệu giảm nhanh. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng quá cao ($\geq 180^\circ\text{C}$) ẩm trong nguyên liệu bốc hơi nhiều, ẩm chỉ còn lại với lượng rất ít dưới dạng liên kết bền vững, gây khó khăn trong việc thoát ẩm, vì vậy độ ẩm giảm không đáng kể. Đồng thời, nhiệt độ cao gây ảnh hưởng đến các thành phần mẫn cảm với nhiệt độ, chúng có thể bị cháy một phần và bám lên thành thiết bị, giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm [16]. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả D. Krishnaiah (2015) về mối quan hệ giữa độ ẩm và nhiệt độ sấy phun dịch nhàu [17].

Kết luận: khi sấy phun dịch nhàu ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 5 giây, sản phẩm bột nhàu thu được có độ ẩm khoảng 4,82% tương ứng với hiệu suất thu hồi sản phẩm cao nhất là 73,52%.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến sự tổn thất hàm lượng polyphenol và vitamin C của bột nhàu

Vitamin C và polyphenol là hai thành phần quan trọng có trong quả nhàu bởi tác dụng sinh học tốt đối với sức khỏe con người như hoạt tính kháng oxy hóa, chống ung thư, kháng viêm... [14]. Vì vậy, nghiên cứu này tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến sự tổn thất hàm lượng vitamin C và polyphenol tổng số, sự tổn thất đó được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến tổn thất polyphenol và vitamin C của bột nhàu sấy ở nhiệt độ khác nhau (Các chữ cái A, B, C và a, b, c: biểu diễn sự khác biệt về tổn thất hàm lượng polyphenol và vitamin C từ các mẫu bột nhàu sấy ở các nhiệt độ khác nhau với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$)

Phân tích dữ liệu từ đồ thị Hình 3 nhận thấy, hàm lượng polyphenol tổng số và vitamin C sau khi sấy phun tổn thất khá nhiều so với dịch nhàu trước khi sấy và khi sấy ở mỗi nhiệt độ

khác nhau thì sự tổn thất là khác nhau. Khi tăng nhiệt độ sấy từ 140°C lên 160°C tổn thất vitamin C và polyphenol có xu hướng giảm, cụ thể là giảm 25,69% đối với polyphenol và 22,22% đối với vitamin C. Tổn thất polyphenol và vitamin C ít nhất khi sấy ở nhiệt độ 160°C. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ sấy lên 180°C, tổn thất hai thành phần này lại tăng rõ rệt gấp 1,85 lần và 6 lần tương ứng là polyphenol tổng số và vitamin C so với sản phẩm khi sấy phun ở 160°C.

Điều này được giải thích như sau: Vitamin C và polyphenol là hai thành phần chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Vitamin C là một trong những vitamin tan trong nước do đó trong quá trình sấy, chúng theo nước khuếch tán ra bên ngoài và gây tổn thất. Đồng thời, vitamin C rất nhạy cảm với nhiệt độ. Nhiệt độ sấy cao, tốc độ phản ứng oxy hóa vitamin C diễn ra mãnh liệt dẫn đến sự phân hủy mạnh mẽ. Ngược lại, khi nhiệt độ sấy phun thấp hơn 140°C nhưng với thời gian sấy 5 giây (do yêu cầu công nghệ sấy phun ở nhiệt độ cao trong thời gian cực ngắn nhằm đảm bảo yêu cầu chất lượng sản phẩm) không đủ để làm khô hạt nguyên liệu; vì vậy, hàm ẩm cao tạo điều kiện tăng phản ứng oxy hóa giữa hạt nguyên liệu và không khí trong buồng sấy dẫn đến vitamin C dễ dàng bị oxy hóa chuyển thành dehydro-L-Ascorbic acid làm mất đặc tính của vitamin C.

Tương tự với polyphenol, khi nhiệt độ sấy quá cao tác động vào và làm yếu các liên kết trong cấu trúc phân tử, tạo điều kiện cho phản ứng oxy hóa diễn ra mạnh mẽ, kết quả gây tổn thất hàm lượng polyphenol. Đối với sấy phun dịch nhàu ở nhiệt độ thấp 140°C, độ ẩm của bột nhàu còn cao, sự oxy hóa cũng diễn ra nhanh, vì vậy hàm lượng polyphenol tổng số bị thất thoát trong quá trình thu hồi bột.

Kết luận, sấy phun dịch nhàu ở 160°C trong thời gian 5 giây cho sản phẩm bột nhàu với sự tổn thất hàm lượng vitamin C và polyphenol tổng số thấp nhất.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến khả năng kháng oxy hóa của bột nhàu

Khả năng khử gốc gốc tự do có thể được sử dụng để đánh giá tiềm năng của hoạt tính kháng oxy hóa và xác định thông qua độ hấp thụ tại bước sóng 760 nm; độ hấp thụ càng cao thì khả năng kháng oxy hóa càng tốt. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun đến khả năng kháng oxy hóa của dịch trích ly từ bột nhàu được thể hiện Bảng 2. Khi tăng nồng độ chất trích ly của tất cả các mẫu thì khả năng kháng oxy hóa cũng tăng theo. Tuy nhiên, sự thay đổi khả năng kháng oxy hóa của các mẫu sấy ở các nhiệt độ khác nhau là khác nhau.

Bảng 2. Khả năng bắt gốc tự do DPPH của bột nhàu theo tỷ lệ pha loãng

Tỷ lệ pha loãng	Tỷ lệ % bắt gốc tự do DPPH		
	Nhiệt độ sấy phun		
	140°C	160°C	180°C
1/20	24,359 ^d ± 2,221	33,333 ^d ± 3,846	2,564 ^d ± 5,873
1/10	37,180 ^c ± 3,846	44,872 ^c ± 2,221	10,255 ^c ± 2,221
1/5	51,280 ^b ± 2,221	58,974 ^b ± 3,846	29,487 ^b ± 3,846
1/2,5	82,051 ^a ± 2,221	89,744 ^a ± 3,846	57,691 ^a ± 3,846

(Các chữ cái a, b, c, d biểu diễn sự khác nhau theo từng cột về hoạt tính bắt gốc tự do của các dịch chiết từ mẫu bột sấy tại các nhiệt độ khác nhau với mức ý nghĩa $\alpha=0,05$)

Khả năng kháng oxy hóa cũng như hiệu quả ức chế gốc tự do của các dịch chiết từ bột nhàu sấy phun tại các nhiệt độ khác nhau được xác định dựa vào giá trị IC₅₀ (khả năng ức chế 50% gốc tự do) và so sánh với mẫu nhàu tươi. Giá trị IC₅₀ của các dịch chiết được tính dựa vào phương trình hồi quy và được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị IC₅₀ của từng mẫu bột tại các nhiệt độ sấy phun

Dịch chiết	Phương trình hồi quy	IC ₅₀ (tỷ lệ pha loãng)	IC ₅₀ (mg/ml)
Nhàu tươi	$Y=132,0x+31,66$ ($R^2=0,989$)	0,139	2,778 ^d ± 0,051
Bột sấy ở 140°C, $\tau=5s$	$Y=159,6x+18,78$ ($R^2=0,993$)	0,196	3,912 ^b ± 0,093
Bột sấy ở 160°C, $\tau=5s$	$Y=157,1x+27,25$ ($R^2=0,996$)	0,145	2,896 ^c ± 0,032
Bột sấy ở 180°C, $\tau=5s$	$Y=158,3x-4,682$ ($R^2=0,995$)	0,345	6,908 ^a ± 0,044

(Các chữ cái a, b, c, d: biểu diễn sự khác biệt về khả năng bắt gốc tự do IC₅₀ của dịch chiết từ quả nhàu tươi và từ các mẫu bột nhàu sấy ở các nhiệt độ khác nhau với mức ý nghĩa $\alpha=0,05$)

Giá trị IC₅₀ cho biết nồng độ mà tại đó mẫu có khả năng ức chế 50% gốc tự do của DPPH. Giá trị IC₅₀ càng nhỏ, mẫu được khảo sát có khả năng ức chế gốc tự do càng mạnh. Dựa vào số liệu bảng trên cho thấy, các mẫu bột sấy phun ở các nhiệt độ khác nhau đều có khả năng kháng oxy hóa và khả năng này đều yếu hơn so với mẫu nhàu tươi ban đầu. Trong các dịch chiết của mẫu bột nhàu sấy phun, bột nhàu sấy ở nhiệt độ 160°C có hoạt tính kháng oxy hóa cao nhất là 2,896 mg/ml và thấp nhất khi sấy ở nhiệt độ 180°C với giá trị 96,908 mg/ml. Kết quả nghiên cứu này có sự khác biệt so với nghiên cứu của nhóm tác giả D. Krishnaiah khi sấy phun dịch nhàu tại nhiệt độ 140°C khả năng ức chế gốc tự do là tốt nhất [17]. Điều này có thể là do nhóm tác giả đã thực hiện phương pháp trích ly dịch nhàu bằng ethyl acetate và sử dụng chất mang carrageenan trong quá trình sấy phun thay vì sử dụng enzyme pectinase và chất mang maltodextrin như trong thí nghiệm này. Vì vậy, đây là cơ sở cho những nghiên cứu tiếp theo để lựa chọn phương pháp sản xuất bột nhàu cho hoạt tính kháng oxy hóa tốt nhất.

Hoạt tính kháng oxy hóa của bột nhàu sấy phun là do nhóm hydroxyl có trong các hợp chất polyphenol, flavanoid, và một số hợp chất khác có trong quả nhàu. Quá trình chế biến qua nhiều công đoạn và đặc biệt là quá trình sấy, dưới tác dụng của nhiệt độ các hợp chất có hoạt tính sinh học dễ dàng bị thất thoát, vì vậy khả năng kháng oxy hóa của bột nhàu yếu hơn so với quả tươi ban đầu. Bên cạnh đó, mẫu bột sấy phun tại nhiệt độ 160°C có hàm lượng polyphenol cao nhất với giá trị 4,418 mgGAE/% chất khô nên hoạt tính kháng oxy hóa cao hơn so với các mẫu bột sấy ở nhiệt độ khác. Khi nhiệt độ sấy thấp khoảng 140°C, mặc dù nhiệt độ thấp nhưng với thời gian là 5 giây chưa đủ để làm khô hạt nguyên liệu, độ ẩm của bột cao, tạo điều kiện cho phản ứng oxy hóa vitamin C và polyphenol diễn ra mạnh mẽ gây tổn thất lớn dẫn đến hoạt tính kháng oxy hóa giảm. Đồng thời khi sấy ở nhiệt độ càng cao trên 180°C, các liên kết trong cấu trúc của hợp chất này dưới tác dụng của nhiệt độ trở nên kém bền, dễ dàng bị phân hủy. Do đó, tổn thất của các hợp chất này rất lớn dẫn đến hoạt tính kháng oxy hóa thấp hơn bột nhàu sấy ở 160°C.

Kết luận, sấy phun dịch nhàu ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 5 giây, sản phẩm bột nhàu thu được có hoạt tính kháng oxy hóa tốt nhất. Điều này tương đồng với kết quả của tác giả G. Caliskan và S. N. Dirim [18] cho thấy, thông số tối ưu là 160°C, sản phẩm thu được có hàm lượng phenolic tổng số và hoạt tính kháng oxy hóa DPPH ít bị biến đổi.

Sau các kết quả nghiên cứu tại các Mục 3.2, 3.3, 3.4 đã lựa chọn được nhiệt độ thích hợp cho quá trình sấy phun là 160°C trong thời gian 5 giây.

3.5. Xác định khả năng kháng khuẩn của bột nhàu

Sau khi lựa chọn nhiệt độ sấy phun thích hợp cho sản phẩm bột nhàu là 160°C, nhóm tác giả tiến hành đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của bột nhàu được sản xuất quy mô phòng thí nghiệm so với bột nhàu trên thị trường nhằm khẳng định các hoạt tính sinh học có trong bột nhàu. Từ đó, đề xuất việc sản xuất bột nhàu như dạng thực phẩm chức năng nhằm cải thiện và nâng cao sức khỏe cho từng nhóm đối tượng người tiêu dùng. Khả năng kháng hai loài vi khuẩn đặc trưng *E.coli* và *Bacillus subtilis* của bột nhàu được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả đo đường kính vòng vô khuẩn

Đường kính vô khuẩn	<i>E.coli</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Nhàu tươi	6,300 ^A ± 0,141	5,900 ^a ± 0,141
Bột nhàu sấy phun	4,500 ^B ± 0,141	3,500 ^b ± 0,141
Bột nhàu sấy đối lưu	2,650 ^C ± 0,071	2,200 ^c ± 0,000
Bột nhàu thị trường	0,500 ^D ± 0,000	0,550 ^d ± 0,071

(Các chữ cái A, B, C, D và a, b, c, d biểu diễn sự khác biệt về đường kính vòng vô khuẩn *E.coli* và *Bacillus subtilis* với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$)

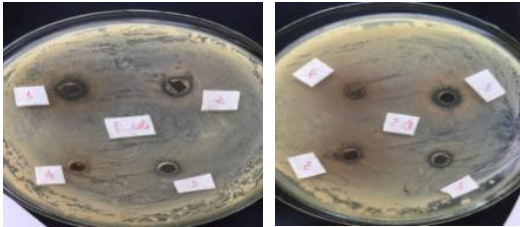
Qua kết quả phân tích ở Bảng 4 cho thấy, tất cả dịch chiết từ nhàu tươi và các mẫu bột nhàu đều có hoạt tính kháng hai chủng vi khuẩn *E.coli* và *Bacillus subtilis* thể hiện qua việc xuất hiện vòng tròn vô khuẩn xung quanh lỗ thạch có chứa dịch chiết (Hình 4). Với cùng một nồng độ 100mg/ml, dịch chiết từ nhàu tươi có đường kính vòng vô khuẩn *E.coli* lớn nhất, lớn hơn so với đường kính vòng vô khuẩn của dịch chiết từ bột nhàu sấy phun, bột nhàu sấy đối lưu và bột nhàu thị trường lần lượt là 1,4 lần; 2,4 lần và 13 lần. Tương tự, đường kính vòng vô khuẩn *Bacillus subtilis* của dịch chiết từ nhàu tươi lớn hơn so với đường kính vòng vô khuẩn của dịch chiết từ bột nhàu sấy phun, bột nhàu sấy đối lưu và bột nhàu thị trường tương ứng là 1,7 lần; 2,7 lần và 11 lần.

Bên cạnh hoạt tính kháng oxy hóa, hoạt tính kháng khuẩn còn là một trong những tác dụng sinh học rất quan trọng có trong quả nhàu. Tác dụng này có liên quan chặt chẽ tới một số hợp chất có hoạt tính sinh học, đặc biệt là các hợp chất polyphenol như scopoletin, phytochemical,... có khả năng hình thành cơ chế tự vệ đối với các vết thương do vi khuẩn *E.coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus*,... tạo nên. Bên cạnh đó, các chất này còn có khả năng kiểm soát sự phát triển của vi khuẩn hoặc tiêu diệt vi khuẩn bằng cách tác động chuyên biệt lên một giai đoạn chuyển hóa cần thiết của vi khuẩn. Quả nhàu tươi có hàm lượng polyphenol khoảng 7,14 mg GAE/ % chất khô cao hơn so với các bột nhàu, vì vậy khả năng kháng khuẩn tốt nhất.

Bột nhàu sấy phun có hàm lượng polyphenol tổng cao,

khả năng kháng oxy hóa và khả năng kháng khuẩn tốt hơn sản phẩm bột nhàu sấy đối lưu và bột nhàu trên thị trường. Sự khác biệt này có thể bị ảnh hưởng bởi chất lượng nguyên liệu đầu vào, phương pháp bảo quản nguyên liệu và công nghệ chế biến. Quá trình sấy phun diễn ra rất nhanh đến mức chưa kịp đốt nóng nguyên liệu lên quá giới hạn cho phép, sản phẩm thu được có thành phần polyphenol tồn thất ít hơn so với phương pháp sấy đối lưu. Vì vậy, hoạt tính kháng khuẩn của bột nhàu sấy phun tốt hơn so với sấy đối lưu.

Với sản phẩm bột sấy nhàu đối lưu và bột nhàu sấy phun, do tác động của nhiệt độ trong quá trình sấy, hàm lượng polyphenol bị tồn thất khá nhiều. Vì vậy, hoạt tính kháng khuẩn giảm so với nhàu tươi. Bên cạnh đó, bột nhàu trên thị trường có hàm lượng polyphenol thấp hơn khoảng 3 lần so với bột nhàu sấy phun và bột nhàu sấy đối lưu. Mặc dù, sản xuất bột nhàu bằng phương pháp sấy tự nhiên tiết kiệm năng lượng nhưng do trong quá trình sản xuất không kiểm soát chặt chẽ được các thông số kỹ thuật của quá trình sấy và thời gian sấy kéo dài nên các hợp chất có hoạt tính sinh học dễ bị tồn thất dẫn đến hoạt tính kháng khuẩn yếu hơn so với bột nhàu sấy bằng phương pháp khác. Đồng thời, nguồn nguyên liệu đầu vào không đồng đều về chất lượng, không đảm bảo độ chín kỹ thuật đưa vào sản xuất nên hàm lượng các hợp chất trong bột nhàu thị trường cũng không cao.



Hình 4. Vòng kháng khuẩn *E.coli* (trái) và *Bacillus subtilis* (phải)

Kết luận: kết quả phân tích một lần nữa khẳng định, quả nhàu và bột nhàu có tác dụng kháng oxy hóa, kháng khuẩn, ức chế các vi sinh vật gây bệnh cho người. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Thị Thắm và cộng sự [19]; Võ Thị Mai Hương, Trần Trần Thanh Phong [20]. Kết quả nghiên cứu là một trong những cơ sở ban đầu cho những nghiên cứu sau này về ứng dụng sản xuất thuốc chữa bệnh chiết xuất từ quả nhàu và sản xuất các loại thực phẩm chức năng từ bột nhàu để cải thiện và nâng cao sức khỏe. Bên cạnh đó, với phương pháp sấy phun sản phẩm bột nhàu có hoạt tính sinh học khá tốt, có thể cạnh tranh với sản phẩm bột nhàu trên thị trường.

3.6. Một số chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm bột nhàu

Bột nhàu sấy phun và bột nhàu trên thị trường tiến hành xác định một số chỉ tiêu chất lượng như Bảng 5 và 6.

Bảng 5. Một số chỉ tiêu chất lượng sản phẩm bột nhàu

Chỉ tiêu	Bột nhàu sấy phun	Bột nhàu thị trường
Độ ẩm (%)	4,820 ± 0,016	6,737 ± 0,120
Độ hòa tan (%)	95,330 ± 1,154	31,333 ± 1,155
Tro (%)	3,190 ± 0,014	9,980 ± 0,086
Protein (%)	4,095 ± 0,049	7,980 ± 0,075
Đường tổng số (%)	9,945 ± 0,078	12,980 ± 1,298
Acid (g/l)	10,133 ± 1,070	1,570 ± 0,071
Vitamin C (mg%)	17,600 ± 1,270	6,600 ± 2,200

Bảng 6. Kết quả phân tích hàm lượng kim loại nặng trong bột nhàu

Chỉ tiêu kim loại	Bột nhàu sấy phun	Bột nhàu thị trường	Giới hạn cho phép (*)
As (mg/kg)	0,045 ± 0,040	0,010 ± 0,060	≤ 1
Cd (mg/kg)	0,001 ± 0,010	0,001 ± 0,020	≤ 0,1
Pb (mg/kg)	0,008 ± 0,016	0,010 ± 0,012	≤ 0,2

(*) Theo QCVN 8-1:2011/BYT (Quy chuẩn Quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm dành cho bột ngũ cốc)

Từ kết quả ở Bảng 5 và Bảng 6 cho thấy, chỉ tiêu kim loại nặng của sản phẩm bột nhàu sấy phun và sản phẩm bột trên thị trường đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn của Bộ Y tế. Tuy nhiên, bột sấy phun có độ hòa tan cao hơn nhiều so với bột nhàu trên thị trường. Điều này được giải thích như sau: Do sấy phun là phương pháp được thực hiện sau khi đã chiết dịch nhàu, các chất hòa tan và các chất có hoạt tính sinh học được giải phóng ra nhờ enzyme và loại bỏ được các thành phần xơ, bã,... Vì vậy, sản phẩm bột nhàu thu được từ phương pháp sấy phun có độ hòa tan cao hơn so với phương pháp phơi, sấy rồi đem đi nghiền thành bột. Đồng thời, trong quá trình sấy phun, thời gian tiếp xúc giữa nguyên liệu và tác nhân sấy không khí nóng rất ngắn (chỉ vài giây) nên các thành phần nhạy cảm với nhiệt độ như vitamin C, polyphenol,... ít bị tổn thất. Sản phẩm bột nhàu trên thị trường được sản xuất theo phương pháp phơi sấy tự nhiên, không kiểm soát nghiêm ngặt các điều kiện kỹ thuật, sản phẩm sau sấy đem nghiền thành bột, khi đó hàm lượng xơ cao nên khả năng hòa tan kém.

4. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu đã xác định được các thông số thích hợp cho quá trình sấy phun dịch nhàu ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 5 giây. Sản phẩm bột quả nhàu thu được có thành phần dinh dưỡng, hoạt tính kháng oxy hóa, kháng khuẩn tốt đồng thời tạo tiền đề cho các nghiên cứu khác với mục tiêu đa dạng hóa sản phẩm và tốt cho sức khỏe người tiêu dùng.

Tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện quy trình sấy phun dịch nhàu, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy phun, các phương pháp sấy khác để lựa chọn thông số kỹ thuật cũng như phương pháp tốt nhất đảm bảo cho bột nhàu giữ lại được thành phần dinh dưỡng và các hợp chất có hoạt tính sinh học tốt nhất.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - ĐHQĐN với đề tài có mã số: T2019-02-29.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, Nguyễn Thượng Đông, Đỗ Trung Đàm, Phạm Văn Hiên, Vũ Ngọc Lộ, Phạm Duy Mai, Phạm Kim Mân, Đoàn Thị Nhu, Nguyễn Tập, Trần Toàn, *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam Tập 2*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật (2006), trang 443-445.
- [2] Đỗ Tất Lợi, *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*, Nhà xuất bản Y học (1999), trang 306-307.

- [3] Nguyễn Thị Diệu Thúy, *Nghiên cứu sản xuất rượu vang nhàu, Luận văn tốt nghiệp*, Trường Đại học Cần Thơ, 2007.
- [4] Nguyễn Văn Quý, *Nghiên cứu ứng dụng enzyme Pectinase trong chiết tách dịch quả nhàu và thử nghiệm sản xuất nước giải khát từ quả nhàu, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật*, Đại học Đà Nẵng, 2011.
- [5] Phan Thị Xuân Mai, *Nghiên cứu sản xuất nước ép nhàu (thực phẩm chức năng), Luận văn tốt nghiệp*, Trường Đại học Cần Thơ, 2008.
- [6] Trần Thị Thu Trà, Huỳnh Minh Khương, *Nghiên cứu sản xuất nước quả nhàu đục, Báo cáo hội nghị Khoa học và Công nghệ lần 9*, Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh, 2011.
- [7] Tatjana Rakcejeva, Ruta Galoburda, Liga Cude, Enviija Strautniece, "Use of dried pumpkins in wheat bread production", *Procedia Food Science*, 2011 (1): 441 – 447.
- [8] Nguyễn Công Hoan, *Đặc tính sinh lý, sinh hóa và một số công đoạn chính trong quy trình chế biến bột nhàu, Luận văn tốt nghiệp*, Trường Đại học Cần Thơ, 2007: tr 60.
- [9] Phạm Bảo Nguyên, *Tối ưu hóa hiệu suất trích ly trái quách bằng hệ enzyme cellulase/pectinase trong sản xuất bột quách sấy phun*, Luận văn tốt nghiệp, Trường Đại học Trà Vinh, 2015.
- [10] AOAC: Official Methods of Analysis (Volume 1), 2000, Washington, DC, USA.
- [11] Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A., and Smith F. *Colorimetric method for determination of sugars and related substances*. *Annals of Chemistry*, 1956, 28: 350 – 356.
- [12] Danh mục phép thử được công nhận tại Phòng thí nghiệm, Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn Đo lường chất lượng 3 (Quatest 3), ngày 01/10/2018.
- [13] Folin O, Ciocalteu V. On tyrosine and tryptophane determination in proteins. *The Journal of Biological Chemistry*. 1927; 27:627–650.
- [14] Quang-Vinh Nguyen & Jong-Bang Eun, Antioxidant activity of solvent extracts from Vietnamese medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2011,5(13), 2798-2811.
- [15] Ramanboorthy P.K and A. Bono, Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of Morinda citrifolia fruit extracts from various extraction process. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2007, Vol.2.1: 70-80.
- [16] Tôn Nữ Minh Nguyệt, Đào Văn Hiệp, "Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật sấy phun trong sản xuất bột chanh dây", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM, 2006.
- [17] D. Krishnaiah, A. Bono, R. Sarbaty, R. Nithyanandam, and S. M. Anisuzzaman, "Optimisation of spray drying operating conditions of Morinda citrifolia L. fruit extract using response surface methodology", *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 27, 2015, pp. 26-36.
- [18] G. Caliskan and S. N. Dirim, "The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract", *food and bioproducts processing*, Jun. 2013, pp. 1-10.
- [19] Nguyễn Thị Thắm, Phạm Kim Ngọc, Nguyễn Thị Minh Nguyệt, Đồng Thị Anh Đào, *Khả năng kháng khuẩn và chống oxy hóa của dịch chiết củ cải trắng (Raphanus sativus L)*, *Tạp chí Khoa học*, Trường Đại học Vinh, 2017.
- [20] Võ Thị Mai Hương, Trần Thanh Phong, Một số đặc trưng hóa sinh và khả năng kháng khuẩn của dịch chiết quả nhàu (*Morinda citrifolia* L.), *Hội nghị Khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ 5*, Đại học Khoa học, Đại học Huế, 2018.
- [21] Công ty TNHH TM DV Goodprice Việt Nam, "Bột trái nhàu- Noni Powder – Dược liệu từ thiên nhiên": <https://www.goodprice.vn/vi/san-pham/bot-trai-nhau-498> (cập nhật 1/11/2019).
- [22] Công ty TNHH Amekong Việt Nam, "Quy trình sản xuất bột nhàu - Process of producing powder from fresh noni": <https://moriko.com.vn/quy-trinh-san-xuat-bot-nhau.html> (cập nhật 1/11/2019).

(BBT nhận bài: 15/8/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 25/11/2019)