

Chương 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU

1.1. TỔNG QUAN VỀ NGUYÊN LIỆU

1.1.1. Trái nhàu

1.1.1.1. Đặc điểm

Tên khoa học: *Morinda citrifolia*

Tên tiếng anh: Noni

Họ: *Rubiaceae*

Lớp cao hơn: Chi Nhàu

Bộ (ordo): *Gentianales*

Chi (genus): *Morinda* (thực vật)

Giới (regnum): *Plantae*

Loài (species): *M.citrifolia*



Hình 1.1. Trái nhàu xanh và trái chín (Almeida et al., 2019)

Morinda citrifolia L. là tên khoa học của cây nhàu hay còn được gọi là “noni”. Có nguồn gốc từ Đông Nam Á, thường được trồng ở các nước nhiệt đới và cận nhiệt, bao gồm Polynesia, Việt Nam, Malaysia, Ấn Độ, Campuchia, Costa Rica, Nam Mỹ và Trung Quốc. Cây nhàu đặc trưng bởi lá có hình mác, thân cây thẳng, trái có hình sin, hình bầu dục. Trái nhàu mềm, có mùi thơm, dài khoảng 14 cm, đường kính 8 cm. Trái nhàu có được biết đến với mùi khá khó chịu khi chín. Trên cơ sở khô trong không khí, hạt nhàu chiếm khoảng 2.5% tổng trọng lượng của trái (Jahurul et al., 2021; Almeida et al., 2019).

Nhờ khả năng thích nghi với môi trường cao nên cây nhàu có vùng phân bố khá rộng rãi. Dựa vào khả năng này mà trái nhàu đã được các nhà nghiên cứu biết đến không chỉ trong lĩnh vực thực phẩm và dược phẩm mà còn trong các lĩnh vực y học, công nghệ sinh học, khoa học vật liệu và thậm chí cả công nghệ nano. Sự phổ biến toàn cầu của trái nhàu là do giá trị sức khỏe của nó được biết đến về các mặt công dụng, tính linh hoạt và khả năng tận dụng bởi tất cả các bộ phận. (Almeida et al., 2019).

1.1.1.2. Thành phần hóa học

Trái nhàu có thành phần dinh dưỡng cao và gần 200 hợp chất phytochemical có đặc tính sinh học cao đã được xác định và chỉ ra như: acid, rượu, phenol, saccharide, anthraquinone, carotenoid, este, triterpenoid, flavonoid, glycoside, lactones, iridoids, ketone, lactones, lignan, nucleoside, triterpenide, sterol và các hợp chất thơm. Các hợp chất như scopoletin, rutin, acid ursolic, β -sitosterol, asperuloside và dammacanthal được coi là thành phần chính của quả nhàu. Các hợp chất dễ bay hơi trong trái nhàu là este và acid béo còn mùi thối khi trái chín là acid hexanoic và octanoic cùng với metyl và etyl este. Trong trái chín có thành phần khoảng 90% nước và 10% chất khô chủ yếu bao gồm các chất rắn hòa tan, trong đó 5% là đường khử (fructose và glucose) và 1.3% là sucrose. Phần còn lại của chất rắn hòa tan bao gồm protein và chất xơ. Theo các nhà nghiên cứu, 100 g mẫu bột trái cây bao gồm khoảng 71% carbohydrate, 36% chất xơ và 5.2% protein. (Almeida et al., 2019).

1.1.1.3. Thành phần dinh dưỡng và lợi ích sức khỏe của trái nhàu

Trái nhàu là một trong những vị thuốc xuất hiện từ khá lâu, thường được sử dụng nhiều trong các bài thuốc cổ truyền và y học hiện đại. Các nghiên cứu khoa học đã chỉ rõ các hợp chất có trong loại trái này có tác động đến sức khỏe (Almeida et al., 2019b). Hoạt động sinh học rộng rãi của cây nhàu có thể liên quan đến sự đa dạng hóa học của các hợp chất phân lập từ mô thực vật, chủ yếu là từ trái. (Holanda et al., 2020).

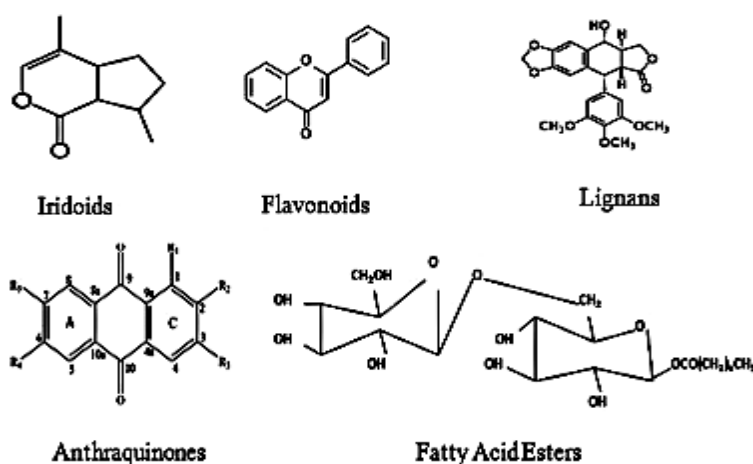
Bảng 1.1. Hợp chất có tính sinh học đối với sức khỏe của cây nhàu (Holanda et al., 2020)

Hợp chất có lợi	Bộ phận của cây	Lợi ích sức khỏe
Hợp chất oxy hóa phenolic, scopoletin và epicatechin	Chiết xuất nước của quả, rễ, lá	Cung cấp chống oxy hóa
Acid iridoide asperulosidico	Chiết xuất etanolic của rễ, lá, quả	Tăng huyết áp, chống tiêu chảy, giúp giãn mạch, cải thiện lưu lượng máu, rối loạn lipid trong máu và chống đái tháo đường
Hợp chất phenolic	Chiết xuất etanolic từ trái và lá	Hoạt động hạ huyết áp

Gallic, caffeic, chlorogen và acid ellagic	Dung dịch nước chiết xuất từ quả	Hoạt động chống ung thư ở tế bào Sarcoma 180 ở nồng độ 120 $\mu\text{g.ml}^{-1}$
Hợp chất 2-caffeoyl-3-ketohexulofuranosonic acid γ -lactone và flavonoid glycoside	Phân lập nước ép quả	Chống viêm
Anthraquinone, Acubin và pentacetyl- β -d-glucopyranose, hợp chất phenolic, n-butanol	Chiết xuất etanolic từ quả, lá	Chống virus (H_1N_1), nấm (<i>Candida albicans</i>) và vi khuẩn (<i>Escherichia coli</i> và <i>Pseudomonas ssp</i>)

1.1.1.4. Tính dược liệu có trong trái nhàu

Trong nhiều thập kỉ qua, trái nhàu đã trở thành một phương thuốc hiện đại và là loại dược phẩm phổ biến. Các chế phẩm khác nhau từ trái và lá nhàu có sẵn dưới dạng viên nén, nước ép hoặc bột. Các nhóm hợp chất chính được phân lập từ trái nhàu là betalain, indoles, glucosinolates, organosulfide, sulfide, polyphenolic, terpen (isoprenoids, terpenoids) và acid hữu cơ. Hợp chất chính trong trái nhàu này thể hiện hoạt động của chúng bằng cách tác động chống oxy hóa, điều chỉnh chức năng nội tiết, ngoại tiết, tạo các phản ứng miễn dịch, đồng thời có chức năng kháng khuẩn. Polysaccharit có trong trái nhàu dưới dạng đường đơn, được liên kết với nhau bằng glycosid. Chức năng chính của polysaccharide là thay đổi các tính chất cơ học như tạo gel và làm đặc, homopolysaccharides được sử dụng điều trị sỏi và được thêm vào trong gel để tăng cường kết cấu của thực phẩm và đồ uống (Lohani et al., 2019).



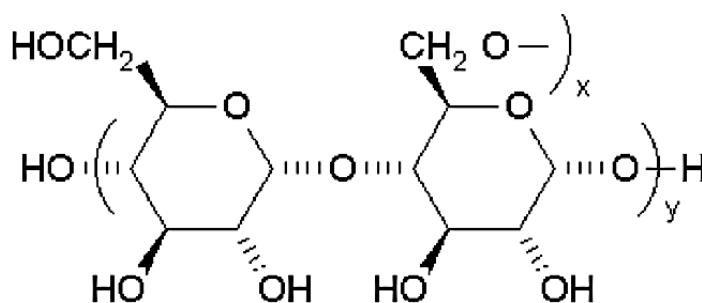
Hình 1.2. Các hợp chất chính có trong trái nhàu (Lohani et al., 2019)

Ở nghiên cứu của Li (Li, 2021) đã nghiên cứu chức năng của microRNA có trong nước ép nhàu trên mô hình thí nghiệm là chuột bị viêm khớp do bệnh gút cấp tính gây ra. Kết quả cho thấy, sau 5 năm thực hiện điều trị bằng monosodium urate và nước ép trái nhàu đã cho thấy bệnh gút ở chuột giảm đáng kể. Nghiên cứu của Kim (2020) đã nghiên cứu tác dụng của nước ép nhàu lên men (FNJ) đối với bệnh viêm da dị ứng trên mô hình chuột thí nghiệm. Kết quả cho thấy, sử dụng FNJ làm giảm đáng kể các tổn thương của bệnh viêm da như điểm viêm da, triệu chứng ngứa, độ dày biểu bì và sự xâm nhập của các tế bào viêm nhiễm. Ngoài ra còn giảm nồng độ histamine, tuyến ức chế, chemokine điều hòa hoạt hóa và lymphopoietin mô đệm tuyến ức trong huyết thanh. Bên cạnh đó, Guo (Guo, 2020) đã nghiên cứu tác dụng bảo vệ gan của trái nhàu tươi và FNJ chống lại các tổn thương của bệnh viêm gan cấp tính do rượu gây ra. Nghiên cứu trên mô hình thí nghiệm ở chuột và kết quả cho thấy FNJ có khả năng phòng ngừa toàn diện đối với bệnh gan cấp tính do rượu gây ra dựa trên sự đo lường các dấu hiệu (aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, gamma - glutamyl transferase, phosphatase kiềm, cholesterol lipoprotein mật độ cao, cholesterol lipoprotein mật độ thấp, cholesterol toàn phần và chất béo trung tính) của huyết thanh và gan. Có nhiều nghiên cứu cung cấp về vai trò tiềm năng của trái nhàu và nước ép nhàu về việc chống lại các bệnh và nó được xem như một thực phẩm chức năng .

1.1.2. Maltodextrin

1.1.2.1. Tổng quan về maltodextrin

MD là các loại polysaccharide thủy phân tinh bột bằng acid bao gồm các đơn vị d-glucose nối với nhau bằng liên kết 1-4 glycoside, có công thức là $(C_6H_{10}O_5)_n$. Nó chứa 2 - 3% glucose và 5 - 7% maltose nên khi bổ sung vào bột sảy phun thì thành phẩm có màu trắng. MD có vị hơi ngọt, gần như không vị, dễ hòa tan trong nước, dễ phân tán và gần như không hòa tan trong alcohol. Giá trị thủy phân



Hình 1.3. Cấu trúc hóa học của maltodextrin (Xiao et al., 2022)

ting bột của MD khoảng 3 - 20, điều này cho thấy chuỗi carbohydrate của MD dài và là hợp chất phức tạp cho các chất có phân tử cao và thấp (Xiao et al., 2022).

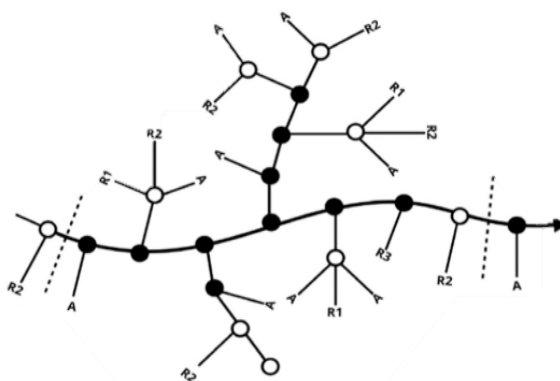
1.1.2.2. Tính chất và ứng dụng của maltodextrin

Hiện nay, ứng dụng của MD có trong các lĩnh vực khác như trong thực phẩm, mỹ phẩm, dược phẩm, sản xuất giấy và nông nghiệp. Trong thực phẩm thì MD được sử dụng phổ biến nhờ hiệu suất thu hồi, giá cả hợp lý, khả năng hòa tan cao, ổn định trong điều kiện nhiệt, acid và cũng góp phần làm tăng đáng kể độ nhớt của các loại chất lỏng. MD trong sây phun thường có cấu trúc lõi - vỏ và nó chính là vật liệu tạo thành vỏ của các hạt vi nang siêu nhỏ mà bên trong rỗng hoặc chứa vật chất (Xiao et al., 2022). Điều này có lợi cho quá trình nguyên tử hóa và làm khô nguyên liệu lỏng. Nó có vai trò như một chất màng trước các tác nhân ánh sáng, oxy, nước nên nó có thể lưu trữ một số hoạt chất sinh học mà chúng ta muốn bảo vệ. Về khả năng hút ẩm, nhiệt độ, hiệu quả vi bao và hoạt tính chống oxy hóa có thể được cải thiện khi bổ sung MD trong quá trình sây khô và bảo quản (L. Zhang et al., 2018).

1.1.3. Gum Arabic

1.1.3.1. Tổng quan về gum Arabic

GA là polymer tự nhiên từ thực vật bao gồm glycoprotein (protein có carbohydrate hoặc nhóm giả) và polysacarit chủ yếu là galactose. Thành phần hóa học của GA có thể thay đổi tùy vào nguồn gốc, độ tuổi, đất trồng của cây. Do tính chất polymer của GA mà nó tan trong nước, đặc biệt là trong dung dịch điện giải. Chứa các polymer sinh học bao gồm monosacarit galactose và arabinose được gọi là arabinogalactans. Qua đó, có thể cung cấp khả năng bảo vệ bởi các yếu tố gây hại trong thời gian dài (Verma & Quraishi, 2021).



Hình 1.4. Cấu trúc hóa học của GA (Prasad et al., 2022)

1.1.3.2. Tính chất và ứng dụng của gum Arabic

GA hòa tan nhanh trong nước nóng và lạnh, nhưng ít tan trong nước có nồng độ trên 5%, không tan hòa tan trong dầu và trong hầu hết các dung môi hữu cơ và hòa tan trong khoảng giới hạn 60% dung dịch ethanol. Do GA có nguồn gốc từ thiên nhiên nên tính ứng dụng của nó khá phổ biến trong các ngành thực phẩm, dược, dệt may, công nghiệp sản xuất giấy, sơn và in ấn. Vì nó sở hữu một cấu trúc sinh hóa và đặc tính độc đáo mà người ta sử dụng GA như một chất ổn định, chất nhũ hóa, chất độn, chất làm đặc, chất mang, kính và chất làm săn chắc, chất giữ ẩm và chất chống oxy hóa (Prasad et al., 2022; Verma & Quraishi, 2021).

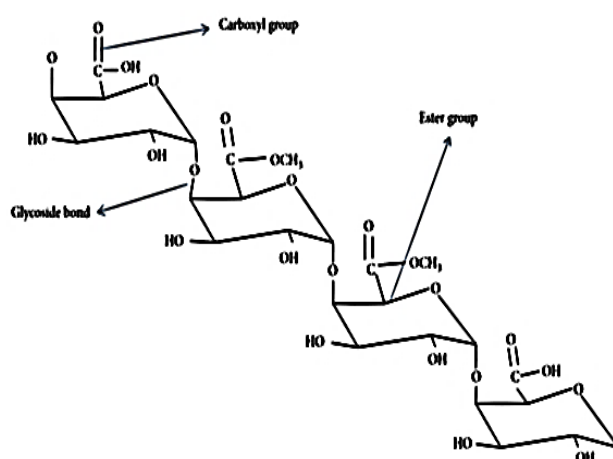
1.1.4. Enzyme Pectinase

1.1.4.1. Tổng quan về enzyme pectinase

Pectinase là chất xúc tác sinh học bao gồm các enzyme phức tạp (heteropolysaccharides) phân hủy các chất pectin (Haile & Ayele, 2022). Enzyme pectinase là một trong những enzyme công nghiệp quan trọng và hữu ích của lĩnh vực thương mại để đạt năng suất tối đa của sản phẩm, làm cho sản phẩm ổn định và tinh khiết (Shrestha et al., 2021).

1.1.4.2. Vai trò của enzyme pectinase

Đối với lĩnh vực nước ép trái cây, sử dụng pectinase để làm mềm hoa quả, thuận lợi cho quá trình chiết xuất, tăng sản lượng nước quả, và làm trong nước ép. Các loại trái cây, chủ yếu là trái cây nhiệt đới, có nhiều pectin và mềm. Việc bổ sung pectinase vào nước ép trái cây sẽ dẫn đến việc phân hủy pectin và xuất hiện các protein tích điện dương, làm giảm lực tĩnh điện giữa các hạt, hình thành mảng lớn và lắng xuống làm cho nước ép trong. Ngoài ra, pectinase làm giảm khả năng giữ nước của pectin, giảm độ nhớt và độ đục (Shrestha et al., 2021).



Hình 1.5. Cấu trúc của pectin và các nhóm chức của nó (Haile & Ayele, 2022)

1.1.4.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động của enzyme pectinase

Hoạt động tối ưu của enzyme pectinase được xác định dựa trên các đánh giá về sự ổn định nhiệt, nhiệt độ, độ pH và nồng độ cơ chất:

- Nhiệt độ: Enzyme pectinase có thể ổn định và hoạt động tối ưu từ 30 - 80°C.
- Độ pH: Ở môi trường có tính acid thì enzyme pectinase sẽ cho thấy phạm vi hoạt động ở độ pH thấp (3.5 – 4) sẽ cho thấy hiệu quả tốt nhất.
- Nồng độ cơ chất: Hoạt động của pectinase được quan sát vượt trội nhất ở nồng độ 0.5% (Kc et al., 2020).

1.2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP SẤY PHUN

1.2.1. Tổng quan phương pháp sấy phun

Phương pháp sấy phun là một trong những phương pháp phổ biến và được coi là một kỹ thuật quan trọng. Các thành phần hoạt tính có thể được phun đồng thời và cho phép kiểm soát chính xác kích thước hạt, mật độ, năng lượng bề mặt, trạng thái rắn (Vehring et al., 2020; Furuta & Neoh, 2021). Nhờ khả năng tái sản xuất, hoạt động liên tục, hiệu suất thu hồi cao, khả năng sấy nhanh và thời gian tiếp xúc ngắn giữa sản phẩm và nhiệt độ nên quá trình sấy phun rất phổ biến trong ngành thực phẩm, dược phẩm và sinh học. Thị trường sấy phun hiện nay được phát triển ở mức độ lớn (trên 80%) bởi thành phẩm của quá trình có nhiều hoạt tính sinh học cao (Poozesh & Bilgili, 2019).

1.2.2. Nguyên lí hoạt động

Điều quan trọng của quá trình sấy là hòa tan các chất mang vào trong thực phẩm dạng lỏng để thành nhũ tương, sau đó cho nhũ tương này vào môi trường nóng (100 - 300°C) để làm bay hơi nước. Sản phẩm bột cuối cùng có thể ở dạng bột hoặc dạng hạt kết tụ, tùy thuộc vào bản chất và các yếu tố vận hành quá trình (Mohammed et al., 2020). Trong quá trình sấy phun, thực phẩm được nguyên tử hóa hoặc phun vào buồng sấy, nơi dòng khí nóng lưu thông. Khi tiếp xúc với không khí nóng, xảy ra sự bay hơi nhanh chóng của dung môi có trong dịch sấy. Dẫn đến sự khô của chất mang được hình thành xung quanh nhũ tương và các phân tử trong lõi hạt hòa tan (Furuta & Neoh, 2021).

Quy trình sấy phun bao gồm các bước:

- Nguyên tử hóa chất lỏng vào: Giai đoạn này làm tăng diện tích bề mặt của chất lỏng, điều này cho phép các hạt nguyên tử khô nhanh.
- Làm khô môi trường: sự tiếp xúc ở nhiệt độ cao bị ảnh hưởng bởi chất lỏng nguyên liệu và thời gian tiếp xúc.
- Làm khô điểm cấp liệu và phun: Lớp vi bao được hình thành và quá trình thoát hơi ẩm vẫn tiếp diễn.
- Tách sản phẩm ra khỏi không khí và thu hồi thành phẩm: các hạt bột mịn rơi xuống bình thu gom nhờ tác dụng của lực hấp dẫn và kết thúc quá trình phun.

Thực phẩm được phun cùng hướng với không khí nóng, nhiệt độ đầu và ra lần lượt là 150 - 220°C và 50 - 80°C. Các hạt mịn bị cuốn vào không khí sấy khô được tách ra khỏi khí nóng và hạt khô được thu hồi trong bộ lọc lộc xoáy nằm bên ngoài máy sấy (bình thu gom). Các hạt khô thành phẩm có kích thước từ 10 đến 100 micromet (Mohammed et al., 2020).

1.2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy phun

Mặc dù quá trình sấy phun có vẻ đơn giản nhưng việc lựa chọn các thông số vận hành, điều kiện khí quyển (Lisboa et al., 2018), quá trình chuẩn bị và tạo ra sản phẩm cũng phụ thuộc vào các yếu tố khác:

- Cấu trúc dung dịch sấy phải đồng nhất về kích thước hạt
- Tổng hàm lượng chất rắn, độ nhớt
- Đặc tính lưu biến
- Sức căng bề mặt và mật độ có trong dung dịch

Tốc độ bay hơi nước trong quá trình sấy phun tỉ lệ thuận với diện tích bề mặt của chất lỏng nguyên tử hóa, do đó mà các tính chất của dung dịch sấy sẽ là yếu tố quyết định tính chất hóa lí của bột thu được, chẳng hạn: mật độ khối hạt, độ thấm ướt, độ hòa tan. Sự phân bố của hạt thành phẩm có liên quan đến tính chất ban đầu của dịch lỏng, tuy nhiên vẫn phụ thuộc nhiều vào thành phần, đặc tính lí hóa của dịch lỏng (O'Sullivan et al., 2019).

1.2.4. Ưu và nhược điểm của phương pháp

Sấy phun được sử dụng để vi nang hóa các polyphenol, các điều kiện sấy phải được tối ưu hóa để tránh sự phân hủy nhanh. So với các phương pháp khác thì sấy phun có ưu điểm như hiệu quả sấy cao, thời gian sấy ngắn; kiểm soát được kích thước và hình thái của hạt; tiết kiệm, linh hoạt và có thể sử dụng liên tục với khả năng mở rộng quy mô. Bên cạnh những thế mạnh về ưu điểm cũng có những nhược điểm như chất lượng của dịch phun ban đầu phải đồng nhất; thất thoát hợp chất ở nhiệt độ cao; chi phí cho nguyên liệu ban đầu cao (Buljeta et al., 2022).

1.3. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ BỘT TRÁI CÂY SẤY PHUN

1.3.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Theo tác giả Ánh và Thanh (Ánh & Thanh, 2019) đã nghiên cứu việc lựa chọn nhiệt độ sấy phun thích hợp cho quá trình sấy dịch nhàu. Khảo sát các chỉ tiêu như: độ ẩm, tro, hàm lượng protein, hàm lượng đường tổng, hàm lượng acid và hàm lượng ascorbic acid. Trái nhàu được chần với nước nóng ở nhiệt độ 85°C trong 4 phút, sau đó xay nhỏ với tỉ lệ nhàu: nước là 1:2 m/w tiến hành ủ enzyme pectinase 0.2% trong 3 giờ, dịch nhàu đem đi lọc và cô quay đến khi đạt 9% nồng độ chất khô, phối trộn MD (tỉ lệ 15% so với dịch nhàu), sau đó tiến hành sấy phun (140, 160, 180°C) trong 5 giây. Kết quả cho thấy ở 160°C với thời gian là 5 giây, sản phẩm bột nhàu sẽ đạt được hiệu suất thu hồi cao nhất là 73.52%, có độ ẩm khoảng 4.82% và cho kết quả tối ưu với các chỉ tiêu khác.

1.3.2. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Theo C. Zang và Khoo (C. Zhang và Khoo, 2020) đã thực hiện nghiên cứu dịch ép trái nhàu bằng phương pháp sấy phun. Khảo sát hai loại chất mang là MD và GA với các tỉ lệ pha trộn khác nhau (5:5, 7:3, 9:1 w/w) theo tỉ lệ MD:GA ở nhiệt độ $170 \pm 2^\circ\text{C}$ (nhiệt độ ra $90 \pm 2^\circ\text{C}$). Sau đó đánh giá dựa trên các chỉ tiêu vật lí (kích thước hạt, độ ẩm, hoạt độ nước, khối lượng riêng, tốc độ thấm ướt, ATR-FTIR) và hóa học (tổng hàm lượng TPC, khả năng khử gốc tự do ABTS, hàm lượng acid DAA và AA và tiêu hóa trong ống nghiệm). Kết quả cho thấy mẫu bổ sung nhiều GA (tỉ lệ 5:5) thì bột có khả năng chảy và độ ổn định tốt hơn (kích thước hạt, độ ẩm, tốc độ thấm ướt, TPC). Mẫu

bột sử dụng tỉ lệ MD cao hơn trong hỗn hợp bột thì mang lại tỉ lệ hoàn nguyên bột trong nước cao hơn. Tỉ lệ phối trộn GA và MD càng cao thì mẫu bột thành phẩm có hoạt tính sinh học trong quá trình tiêu hóa trong ống nghiệm cao hơn.

Bên cạnh đó, C. Zang và Ada Khoo (C. Zhang và Ada Khoo, 2020) cũng nghiên cứu FNJ thông qua phương pháp sấy phun. Khảo sát loại chất mang trong quá trình là MD và GA (với hàm lượng chất rắn của mẫu phối trộn MD lần lượt là 21%, 28% và của mẫu phối trộn GA là 21%) ở nhiệt độ $170 \pm 2^\circ\text{C}$ (nhiệt độ ra $90 \pm 2^\circ\text{C}$). Sau đó đánh giá các mẫu bột dựa trên các tiêu chí vật lý (độ ẩm, khối lượng riêng, kích thước hạt, tốc độ thấm ướt, độ hút ẩm, ATR-FTIR) và hóa học (hàm lượng TPC, TAC, khả năng khử gốc tự do ABTS, hàm lượng acid DAA và AA). Kết quả báo cáo rằng mẫu phối trộn MD ở 21% có khối lượng riêng, kích thước hạt, độ hút ẩm tối ưu so với các mẫu còn lại. Cấu trúc của các hạt thành phẩm bị ảnh hưởng bởi nồng độ và các loại chất mang. Các chức năng sinh học (TPC, TAC) có bị ảnh hưởng bởi hydrocolloid và chúng tương đối ổn định sau sấy phun và trong quá trình bảo quản.

Tác giả C. Zang và Quek (C. Zhang và Quek, 2019) cũng đã nghiên cứu về sự hình thành cấu trúc của nước ép nhàu bằng phương pháp sấy một giọt, mô phỏng quá trình sấy phun. Cũng khảo sát loại chất mang trong quá trình là MD và GA (với hàm lượng chất rắn của mẫu phối trộn MD lần lượt là 21%, 28% và của mẫu phối trộn GA là 21%) ở mức nhiệt 90°C . Sau đó tiến hành các đánh giá, kết quả cho thấy mối liên hệ của sự hình thành cấu trúc và tính chất của bột thành phẩm đối với các chất vi nang là thích hợp. Mẫu MD phối trộn 21% cho thấy độ hòa tan, độ hút ẩm và kích thước hạt tốt hơn. Mẫu GA có độ hòa tan kém, mẫu MD phối trộn 28% có khả năng hòa tan tối ưu nhất nhưng có khả năng chống ẩm thấp có thể ảnh hưởng đến thời gian lưu trữ. Nghiên cứu của C. Zhang, Fu (2019) về bột FNJ sấy phun cũng đưa ra kết quả tương tự.

Theo C. Zang và Chen (C. Zhang và Chen, 2020) đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của các chất mang đến khả năng giữ mùi của FNJ thông qua phương pháp sấy phun và sấy thăng hoa. FNJ được bổ sung MD để đạt hàm lượng chất rắn là 28% và được sấy phun ở 160, 170, 180°C (nhiệt độ đầu ra 80, 90, 100°C). Đối với FNJ sấy thăng hoa, trước tiên mẫu được đông lạnh trước ở -20°C trong 12 giờ sau đó chuyển sang sấy thăng hoa trong vòng 72 giờ. Sau đó, xác định và định lượng các hợp chất dễ bay hơi trong đối với

cả hai phương pháp. Kết quả cho thấy acid hexanoic là tác nhân chính gây ra mùi khó chịu của FNJ. Cả hai phương pháp sấy đều làm giảm đáng kể khả năng lưu giữ các chất dễ bay hơi và thay đổi cấu hình của bột thành phẩm. Khả năng giữ mùi trong bột sấy phun thấp hơn trong bột sấy thăng hoa, giải thích là vì bột sấy phun chịu tác động của nhiệt độ không khí sấy cao. Tuy nhiên, bột sấy phun còn giữ lại hầu hết các chất dễ bay hơi trong FNJ và đóng góp vào tổng thể mùi của bột.

Ở nghiên cứu Dewi (Dewi, 2023) đã khảo sát các tiêu chuẩn hóa của bột nhào sấy phun bằng các nồng độ vi bao. Dịch nhào được chiết bằng 70% ethanol sau đó sấy phun với sự phối trộn của MD (tỉ lệ 1:2, 1:2, 2:1) ở phòng thí nghiệm có nhiệt độ sấy 150°C và so sánh với quy mô sấy phun công nghiệp là 190°C. Sau đó đánh giá dựa trên các chỉ tiêu hóa lý (tro tổng, tro hòa tan trong nước, tro không tan trong acid, độ ẩm, hiệu suất thu hồi, vi sinh và mức độ ô nhiễm kim loại nặng). Kết quả về hàm lượng nước, tro tổng số, tro không tan trong acid, tro hòa tan trong nước và hiệu suất đóng gói lần lượt là 3.31, 0.6, 0.07, 0.53 và 60.53 (lần lượt ở ba tỉ lệ và hai quy mô sấy). Không phát hiện kim loại nặng trong bột, xét nghiệm ô nhiễm vi sinh vật cũng cho kết quả âm tính.

Theo J. Zang và Zang (J. Zhang và Zhang, 2020a) đã khảo sát tính ổn định trong bảo quản và ảnh hưởng của loại chất mang của nước ép nam việt quất bằng phương pháp sấy phun. Sử dụng MD (với hàm lượng chất rắn của mẫu phối trộn MD là 13% và 20%), GA (13%) và hỗn hợp GA với M1 (tỉ lệ 1:1 đạt 13%), được sấy ở 185°C (nhiệt độ đầu ra 105°C) và bảo quản ở ba nhiệt độ khác nhau (4, 25, 45°C). Sau đó đánh giá dựa trên cấu trúc vi hạt, độ ẩm, hoạt độ nước, các hợp chất sinh học, độ ổn định của TPC, anthocyanin, khả năng khử oxy hóa (ABTS, FRAP) trong quá trình bảo quản. Kết quả báo cáo rằng hàm lượng TPC, anthocyanin và hoạt tính chống oxy hóa tăng lên sau khi sấy phun. Bột phối trộn hỗn hợp GA và MD đạt hiệu suất thu hồi TPC, anthocyanin và hoạt tính chống oxy hóa tối ưu nhất. Trong quá trình bảo quản, hàm lượng phenolic đạt cực đại sau 8 đến 10 tuần, đặc biệt là hợp chất quercetin (tăng gấp 16.3 lần). Ở 25°C là điều kiện tốt nhất để lưu trữ vì hàm lượng phenolic đều được giữ lại trong điều kiện này.

Chương 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. NGUYÊN LIỆU NGHIÊN CỨU

Trái nhàu được lựa chọn tại chợ Gò Vấp - Tp. Hồ Chí Minh với những tiêu chí lựa chọn nhàu trái nhàu như: trái không hư, không bị dập nát, đồng nhất về kích thước, ưu tiên chọn những trái có màu trắng, khoảng cách các mắt xa nhau. Sau đó nguyên liệu được đem về cơ sở Đại Học Nguyễn Tất Thành để thực hiện nghiên cứu. Vì trái nhàu dễ chín và hư hỏng nên nguyên liệu mang về cơ sở được sơ chế ép lấy dịch và lưu trữ cấp đông trong tủ lạnh (-10°C) chờ thực hiện nghiên cứu.

Dịch ép trái nhàu sau khi thu được sau quá trình ép và xử lí enzyme vẫn sẽ được bảo quản trong tủ cấp đông. Còn đối với dịch ép đã được phối trộn với các loại chất mang thì sẽ được bảo quản ở nhiệt độ thấp từ 2 đến 4°C. Bột nhàu sau khi sấy phun sẽ được bỏ vào túi zip có ghép mí và đặt trong bịch tối màu để và bảo quản trong tủ đông lạnh.

2.2. DỤNG CỤ – THIẾT BỊ – HÓA CHẤT

2.2.1. Dụng cụ

Cốc thủy tinh

Đũa khuấy

Ống nghiệm

Bình định mức

Micropipet

Bình tam giác

2.2.2. Thiết bị

Thiết bị sấy phun Labplant SD-06AG



Hình 2.1. Máy sấy phun Labplant SD-06AG (Nguồn: [thegioicongnghep](http://thegioicongnghep.com))

Bảng 2.1. Thông số kĩ thuật của máy sấy phun Labplant SD-06AG

Thương hiệu	Labplant
Ứng dụng	Sấy phun dịch lỏng
Loại Atomiser	0,5mm 2 kênh
Tốc độ bay hơi	1000 - 1500 ml/ giờ
Phạm vi nhiệt độ	50°C – 250°C ± 1%
Máy nén	2m ³ / giờ @2 bar- 1,7m ³ @4 bar
Bơm cấp liệu	Bơm nhu động có thay đổi tốc độ
Kích thước	1.11 x 0.825 x 0.6m
Điện năng	AC 220/240V 50/60Hz 13A

Cân kỹ thuật 4 số lẻ



Hình 2.2. Cân kỹ thuật lẻ 4 số lẻ (Nguồn: [maydochuyendung](http://maydochuyendung.com))

Máy lắc ống nghiệm vortex



Hình 2.3. Máy lắc ống nghiệm vortex (Nguồn: [khangkien](http://khangkien.com))

Máy ly tâm 12 ống



Hình 2.4. Máy ly tâm 12 ống (Nguồn: [calu](http://calu.com))

Máy quang phổ UV-VIS 1800



Hình 2.5. Máy quang phổ UV-VIS 1800 (Nguồn: [khovattuthietbi](http://khovattuthietbi.com))

Thiết bị đo màu



Hình 2.6. Thiết bị đo màu (Nguồn: [labgartex](#))

Thiết bị đo độ đục



Hình 2.7. Thiết bị đo độ đục (Nguồn: [asin](#))

Thiết bị đo độ Brix



Hình 2.8. Thiết bị đo độ Brix (Nguồn: [hoaviet](#))

Thiết bị đo pH



Hình 2.9. Thiết bị đo pH (Nguồn: [sieuthidienmaychinhhang](#))

2.2.3. Hóa chất

Bảng 2.2. Hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu

Hóa chất	Công thức hóa học	Độ tinh khiết	Xuất xứ
Thuốc thử Folin (natri 1,2-naphthoquinon-4-sunfonat)	$C_{10}H_5NaO_5S$	$\geq 97\%$	Trung Quốc
Natri cacbonat	Na_2CO_3	$\geq 99.8\%$	Trung Quốc
Natri nitrit	$NaNO_2$	$\geq 99\%$	Trung Quốc
Nhôm chloride	$AlCl_3$	$\geq 98\%$	Trung Quốc
Natri hydroxide	$NaOH$	$\geq 99\%$	Trung Quốc
2,6-Dichloroindophenol, sodium salt hydrate (DCPIP)	$C_{12}H_7NC_{12}O_2$	$\geq 97\%$	Mỹ

Natri bicarbonate	NaHCO ₃	≥ 99.5%	Trung Quốc
2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆	≥99%	Mỹ
2,2'-Azino-bis ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)	(3- C ₁₈ H ₁₈ N ₄ O ₆ S ₄	≥99%	Mỹ
Kali persulphat	K ₂ S ₂ O ₈	≥ 99.5%	Trung Quốc
Natri acetat	CH ₃ COONa	≥ 99%	Trung Quốc
Acid acetic	CH ₃ COOH	≥ 99.5%	Trung Quốc
2,4,6-Tris (2-pyridyl) -s-triazine (TPTZ)	C ₁₈ H ₁₂ N ₆	≥ 99%	Mỹ
Sắt (III) chloride	FeCl ₃	≥ 99%	Trung Quốc
Acid hydrochloric	HCl	≥ 99.0%	Trung Quốc
Methanol	CH ₃ OH	≥99.7%	Trung Quốc

2.3. THỜI GIAN VÀ ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

2.3.1. Thời gian nghiên cứu

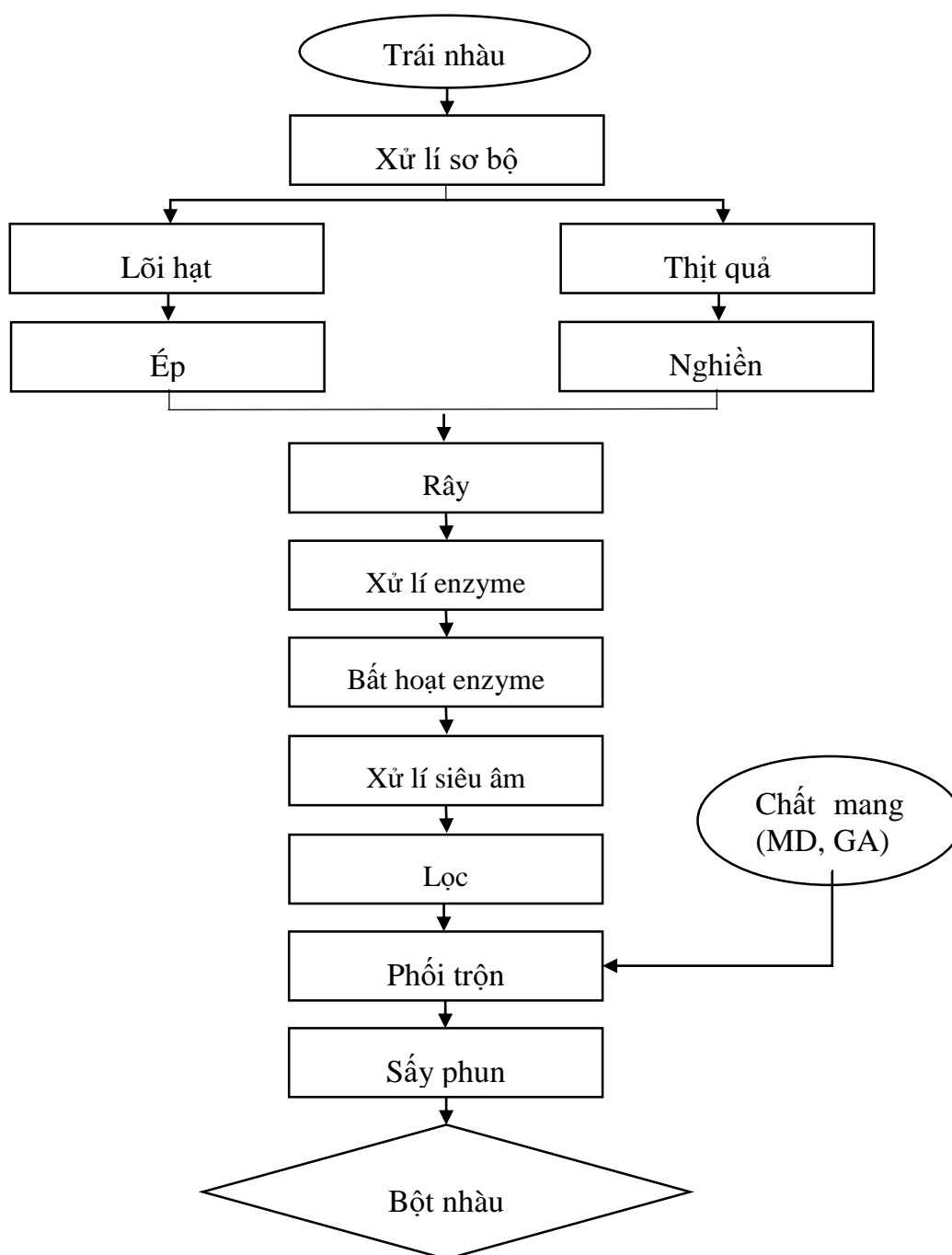
Từ ngày 10/4/2023 đến ngày 10/9/2023

2.3.2. Địa điểm nghiên cứu

Phòng phân tách và tinh chế các hợp chất hóa học thuộc Khoa Kỹ thuật Thực Phẩm và Môi Trường, Trường Đại Học Nguyễn Tất Thành, 331 Quốc lộ 1A, Phường An Phú Đông, Quận 12, Thành Phố Hồ Chí Minh.

2.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.4.1. Quy trình công nghệ



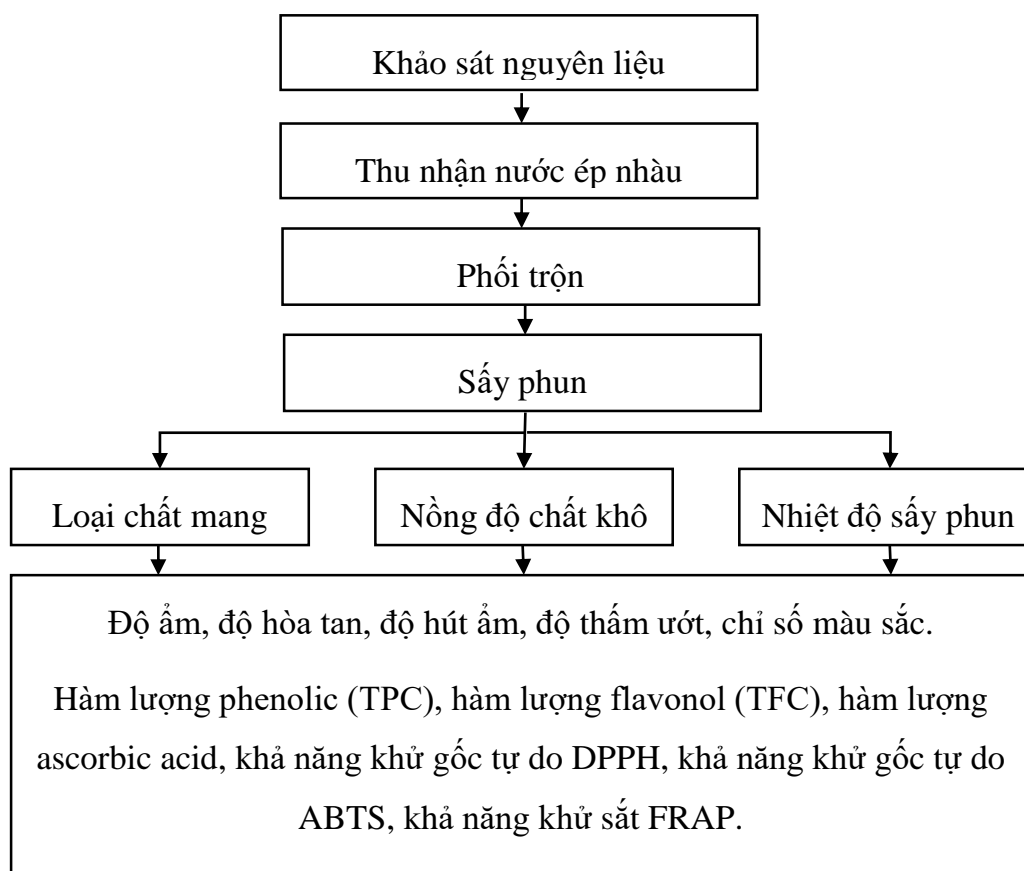
Hình 2.10. Quy trình thu nhận bột nhàu sấy phun

Trái nhàu thu mua về được phân loại dựa vào độ chín và được xử lý sơ bộ qua nước muối (1%) với mục đích làm sạch trên bề mặt cũng như trong các hốc mắt và cuống. Tiếp theo đó, trái nhàu được mang đi cắt lọc để tách riêng phần vỏ và lõi hạt. Đối với phần vỏ được mang đi nghiền còn phần lõi hạt được ép lấy nước và bỏ phần bã hạt. Sau

đó, trộn chung nước ép ở phần lõi và dịch chát từ phần vỏ trái lại và mang đi rây với mục đích tách bỏ phần có kích thước lớn. Kế tiếp, dịch ép sẽ được mang đi hiệu chỉnh pH về 3.5 bằng acid citric 5%, để enzyme pectinase có môi trường hoạt động tốt nhất. Tiếp theo, dịch ép sẽ được mang đi xử lý bằng enzyme pectinase với tỉ lệ 0.5% nhằm tăng hiệu suất thu hồi nước ép quả, cải thiện tốc độ lọc và tăng hiệu suất trích ly dược liệu. Tiếp đến, dịch ép sẽ được làm bất hoạt enzyme và tiến hành xử lý siêu âm. Sau đó thì đem dịch đi lọc, thu và lưu trữ phần nước trong.

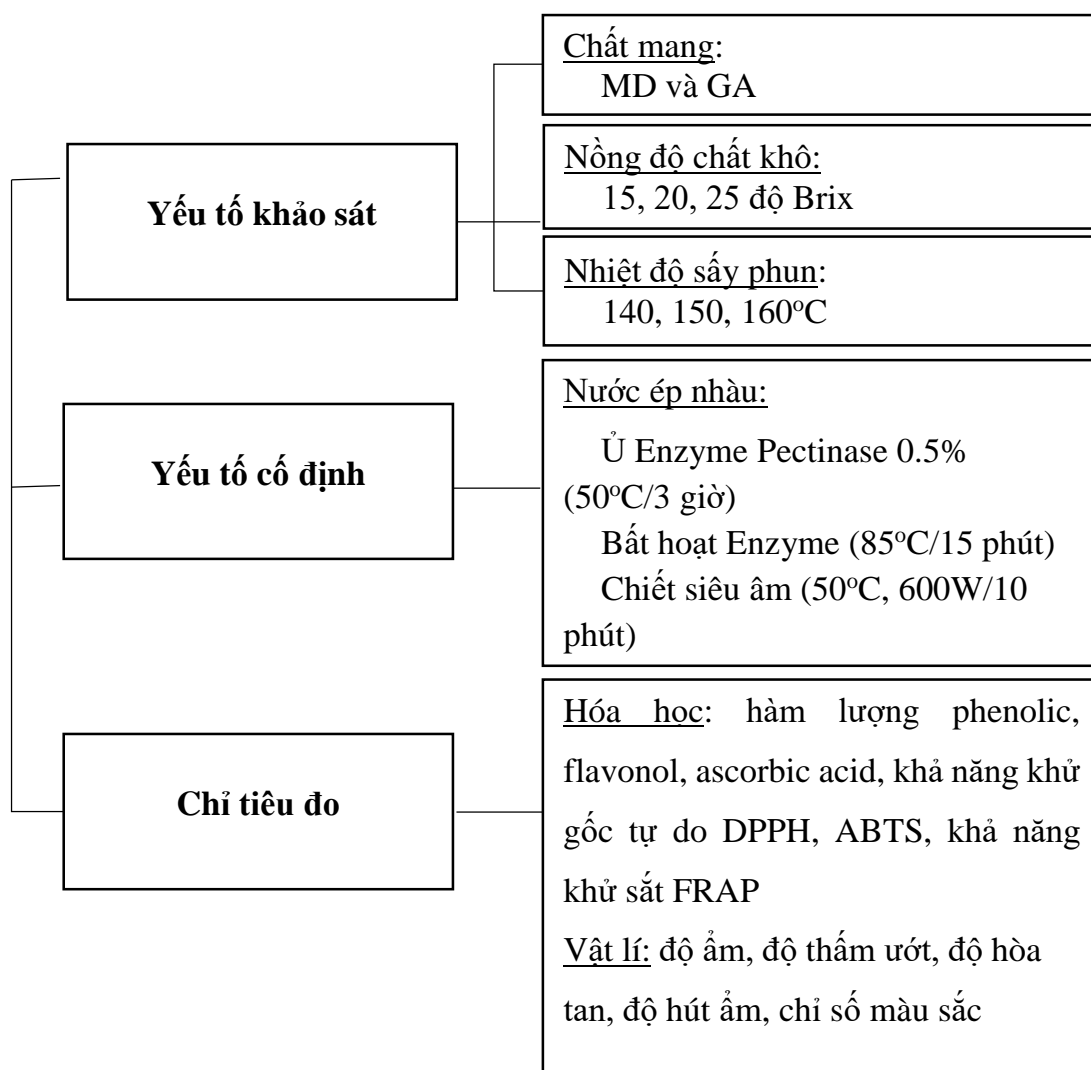
Nước ép nhàu sau khi xử lý siêu âm và lọc được tiến hành phối trộn thêm chất mang (MD và GA ở nồng độ 15, 20, 25°Bx) nhằm tăng lượng nhập liệu vào quá trình sấy đồng thời rút ngắn thời gian sấy. Tiếp theo, dịch nhàu sẽ được sấy phun ở nhiệt độ (140, 150, 160°C). Cuối cùng bột nhàu sẽ được đóng gói kín, bảo quản lạnh và phục vụ cho các quá trình nghiên cứu.

2.4.2. Sơ đồ nghiên cứu



Hình 2.11. Sơ đồ nghiên cứu thí nghiệm

2.4.3. Bố trí thí nghiệm



Hình 2.12. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

2.5. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Tham khảo phụ lục A – Phương pháp phân tích

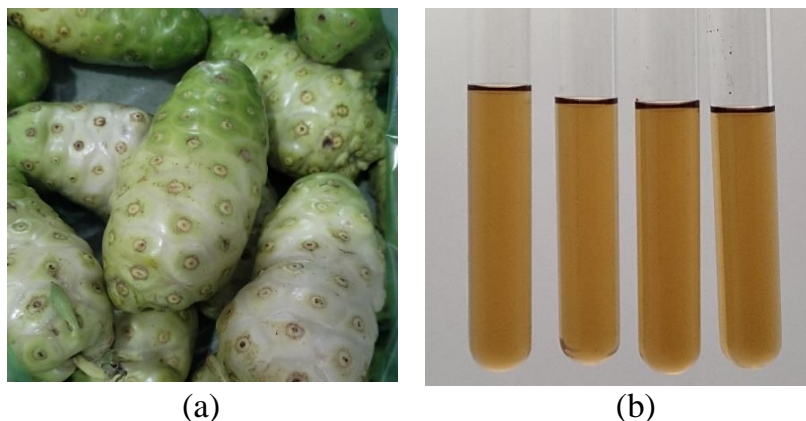
2.6. PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ SỐ LIỆU

Các thí nghiệm phân tích được làm lặp 3 lần và dữ liệu được phân tích bằng phần mềm SPSS 15 (SPSS Inc. Chicago, U.S.A). Phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) để xác định sự khác nhau giữa loại nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy, Independent Sample T-test được áp dụng để so sánh loại chất mang của cả hai mẫu (MD và GA).

Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA NƯỚC ÉP TRÁI NHÀU SAU KHI XỬ LÝ ENZYME PECTINASE

Trái nhàu sau khi thu nhận nước ép và mang đi xử lý enzyme pectinase kết hợp chiết siêu âm có hình thái như **Hình 3.1b**



Hình 3.1. Trái nhàu (a) và nước ép trái nhàu sau khi xử lý enzyme pectinase (b).

Bảng 3.1. Tính chất hóa lý của nước ép trái nhàu sau khi xử lý enzyme pectinase.

Chỉ tiêu	Giá trị	Chỉ tiêu	Giá trị
pH	3.59 ± 0.06	TPC (mg GAE/L)	1937.7 ± 13.46
TSS (°Brix)	7.07 ± 0.06	Flavonol (mg RE/L)	6.99 ± 0.07
Độ đục (FNU)	79 ± 1	Ascorbic acid (mg/L)	1008.48 ± 54.59
L*	32.43 ± 0.15	DPPH (mg TE/L)	282.5 ± 11.01
a*	12.08 ± 0.22	ABTS (mg TE/L)	402.99 ± 2.82
b*	24.5 ± 0.35	FRAP (mg TE/L)	610.27 ± 2.53
C*	27.32 ± 0.28		
h°	64.12 ± 0.18		

3.1.1. Tính chất vật lý

pH của nước ép trái nhàu, được trình bày trong **Bảng 3.1**, có giá trị 3.59 ± 0.06 , điều này có nghĩa pH của nước ép trái có tính acid. Kết quả này cũng được báo cáo trong nghiên cứu của Choo (Choo, 2023). Nước ép trái cây có giá trị pH nhỏ hơn 4.6 được coi

là có tính acid cao. Giá trị pH thu được trong nghiên cứu này tương đương với giá trị pH của FNJ (pH = 3,7) điều đó cho thấy tính chất acid rõ rệt của loại nước ép này.

Hàm lượng chất khô ban đầu của nước ép trái nhàu tại **Bảng 3.1** có giá trị $7.07 \pm 0.06^\circ\text{Bx}$. Độ Brix của mẫu nước ép này cao hơn so với nghiên cứu của Choo (Choo, 2023) nằm trong khoảng $1.30 - 1.37^\circ\text{Bx}$. Lý giải điều này là do các phân tử trong nước ép giải phóng nhiều đường và acid hữu cơ hơn sau khi các mô bị phân hủy bởi các enzyme phân giải pectin.

Kết quả độ đục của nước ép trái nhàu được trình bày trong **Bảng 3.1** có giá trị 79 ± 1 (FNU). Độ đục của nước ép phụ thuộc vào các hạt không hòa tan mà phân tán trong nước ép như pectin, protein, lipid, cellulose và hemicellulose. Điều đó cho thấy enzyme phân giải pectinase đóng vai trò quan trọng đối với độ đục của nước ép nhàu (Wang et al., 2023).

Các kết quả về chỉ số màu sắc của nước ép trái nhàu được trình bày trong **Bảng 3.1**. Chỉ số màu L^* của nước ép trái nhàu là 32.43, có thể lý giải là bởi sự hóa nâu do hoạt động của enzyme polyphenol oxidase gây ra trong thời gian xử lý enzyme pectinase và hiện tượng hóa nâu không xảy ra trong quá trình bất hoạt pectinase. Nghiên cứu về kỹ thuật chiết kết hợp xử lý enzyme và siêu âm của Wang (Wang, 2023) đã báo cáo rằng tổng chênh lệch màu sắc của mẫu nước ép nhàu sau khi siêu âm kết hợp với xử lý enzyme tối ưu hơn so với mẫu nước ép được xử lý đơn lẻ.

3.1.2. Hàm lượng và hoạt tính chất chống oxy hóa

Hàm lượng phenolic của mẫu nước ép nhàu được trình bày trong **Bảng 3.1** với giá trị 1937.7 ± 13.46 mg GAE/L, điều này có nghĩa hàm lượng phenolic tổng trong nước ép nhàu được phân tích thấp hơn với nghiên cứu tương tự của Choo (2023) xác định hàm lượng TPC trong khoảng từ 2.62 đến 3.19 mg GAE/100 ml đối với các mẫu nước ép nhàu. Giải thích cho điều này rằng, quá trình siêu âm có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc giải phóng polyphenolic từ cấu trúc nội bào nhờ việc phá hủy liên kết giữa polyphenol với polysaccharides và protein thành tế bào (Wang, 2023).

Hàm lượng flavonol của mẫu nước ép nhàu ban đầu được trình bày trong **Bảng 3.1** với giá trị 6.99 ± 0.07 mg RE/L. Theo Aryal (2019), trong một cuộc khảo sát về các báo

cáo tài liệu trước đây, cho thấy rằng hàm lượng TFC trong nước ép trái nhàu là 21.53 mg QE/g. Giải thích cho điều này, có thể là do sự phá hủy thành tế bào của nước ép nhàu trong quá trình xử lý enzyme và siêu âm, góp phần giải phóng các hợp chất phenolic (Wang, 2023).

Hàm lượng ascorbic acid của dịch ép nhàu sau khi xử lý enzyme được trình bày trong **Bảng 3.1**, có thể thấy giá trị ascorbic acid là 1008.48 ± 54.59 mg/L. Điều này cũng phù hợp với giá trị pH của mẫu dịch nhàu là 3.59, và hàm lượng ascorbic acid được thể hiện rất rõ qua mẫu nước ép nhàu sau xử lý enzyme được phân tích. Kết quả này cũng được báo cáo trong nghiên cứu của Radziejewska - Kubzdela (Radziejewska-Kubzdela, 2023), sự phân hủy acid ascorbic có thể diễn ra dưới tác động của enzyme ascorbinase hoặc peroxidase.

Kết quả khả năng khử gốc tự do DPPH của dịch trái nhàu được trình bày trong **Bảng 3.1**, có giá trị là 282.5 ± 11.01 (mg TE/L). Ở nghiên cứu của Sina (Sina, 2021) đã so sánh khả năng khử gốc tự do DPPH của ascorbic acid (37 mg TE/L), nước ép nhàu tươi (41.67 mg TE/L) và FNJ (21.28 mg TE/L). Quá trình lên men đối với FNJ có thể là nguyên nhân gây ra sự khác biệt trong hoạt động khử gốc tự do DPPH trong nước ép nhàu mặc dù chúng có thành phần hóa học giống nhau.

Kết quả khả năng khử gốc tự do ABTS của mẫu nước ép nhàu sau khi xử lý enzyme được thể hiện trong **Bảng 3.1** có giá trị là 402.99 ± 2.82 (mg TE/L). Kết quả trên cho thấy rằng sự kết hợp giữa siêu âm và xử lý enzyme có thể tạo ra tác dụng trong việc tăng cường khả năng chống oxy hóa của nước ép nhàu. Điều này cũng tương tự như kết quả báo cáo của Wang (Wang, 2023) cho rằng là do sự hình thành các hợp chất phenolic trong nước ép nhàu được tạo ra bởi quá trình siêu âm và quá trình xử lý enzyme.

Kết quả của khả năng khử sắt FRAP của nước ép nhàu sau khi xử lý enzyme được trình bày trong **Bảng 3.1**, có giá trị là 610.27 ± 2.53 (mg TE/L). Kết quả này cho thấy khả năng khử sắt FRAP không bị ảnh hưởng nhiều bởi enzyme xử lý. Các hợp chất phenolic được biết đến là lí do chính tạo ra các khả năng chống oxy hóa và góp phần tạo nên cảm quan của nước ép. Các hợp chất khác như ascorbate, tocopherols, carotenoids, terpenes và sắc tố cũng có tác dụng vào hoạt động chống oxy hóa (Siddiq, 2018).

3.2. ẢNH HƯỞNG CỦA LOẠI CHẤT MANG, NỒNG ĐỘ CHẤT KHÔ, NHIỆT ĐỘ SẤY PHUN LÊN TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA BỘT TRÁI NHÀU SẤY PHUN

Kết quả về tính chất vật lý của bột nhàu hòa tan bị ảnh hưởng bởi loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy được trình bày trong **Bảng 3.2**.

3.2.1. Độ ẩm

Độ ẩm là một yếu tố quan trọng liên quan đến chất lượng của bột sấy phun, độ ẩm cao sẽ dẫn đến hiện tượng vón cục không mong muốn (C. Zhang, Khoo, et al., 2020). Sự thay đổi của độ ẩm bị ảnh hưởng bởi các chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun được thể hiện trong **Bảng 3.2**.

Kết quả **Bảng 3.2** cho thấy rằng mẫu bột được sấy từ dịch ép có nồng độ chất khô là 15°Bx có độ ẩm cao hơn so với các mẫu còn lại ở tất cả các mức nhiệt độ và nồng độ chất mang khác nhau. Có thể thấy rằng độ ẩm của bột nhàu dao động trong khoảng từ 4.29 % đến 11.48%; mẫu có giá trị ẩm thấp nhất là mẫu GA (25°Bx, 160°C) và mẫu có độ ẩm cao nhất là mẫu GA (15°Bx, 140°C). Ở cùng nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy, các mẫu bột phối trộn GA có độ ẩm cao hơn so với mẫu bột với chất mang là MD. Khi tăng nồng độ chất khô ở các mức nhiệt và loại chất mang thì độ ẩm của bột nhàu giảm và đạt cực tiểu ở nồng độ 25°Bx. Một trong những lý do dẫn đến việc độ ẩm của các mẫu bột phối trộn GA cao hơn so với các mẫu bột được phối trộn với MD là do GA là một chất mang chứa số lượng nhóm ưa nước cao hơn có thể liên kết với các phân tử nước, dẫn đến hàm lượng nước còn lại cao hơn so với mẫu bột nhàu với chất mang MD; bên cạnh đó liên quan đến tốc độ khuếch tán nước thấp hơn trong GA và GA có độ nhớt và năng lượng liên kết nước cao hơn (J. Zhang, Zhang, et al., 2020b). Khi tăng nhiệt độ sấy của các mẫu có cùng nồng độ và loại chất mang thì độ ẩm của các mẫu bột đều có xu hướng giảm và đạt giá trị thấp nhất ở 25°Bx. Lượng nhiệt độ cao và nồng độ chất khô cao hơn làm quá trình bốc hơi nước diễn ra nhanh hơn. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô lên độ ẩm của bột nhàu hòa tan có sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Ảnh hưởng của các loại chất mang lên độ ẩm của bột nhàu hòa tan không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

Bảng 3.2. Ảnh hưởng của loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên một số tính chất vật lý của bột trái nhàu sấy phun

		140°C			150°C			160°C		
		15°Bx	20°Bx	25°Bx	15°Bx	20°Bx	25°Bx	15°Bx	20°Bx	25°Bx
Độ ẩm (%)	MD	7.65 ± 0.14deA	4.79 ± 0.02abA	4.39 ± 0.01aA	7.99 ± 0.27eA	7.1 ± 0.14dA	4.33 ± 0.11aA	8.04 ± 0.15eA	6.14 ± 0.28cA	4.99 ± 0bA
	GA	11.48 ± 0.41fB	5.81 ± 0.25bcA	5.46 ± 0.23bA	8.37 ± 0.28dA	6.49 ± 0.13cA	5.48 ± 0.16bA	9.33 ± 0.28eA	6.69 ± 0.07cA	4.29 ± 0.13aA
Độ hòa tan (%)	MD	86.45 ± 2.33abA	85.34 ± 1.71abA	82.34 ± 3.49aA	86.47 ± 0.78abA	87.01 ± 2.76abA	89.53 ± 3.49bA	86.31 ± 2.29abA	89.25 ± 3.18abA	91.48 ± 2.9bA
	GA	92.81 ± 0.28cB	87.91 ± 1.57abcA	88.8 ± 3.35abcA	82.07 ± 3.94abA	80.91 ± 4.04aA	84.39 ± 0.8abcA	85.43 ± 1abcA	91.54 ± 0.76bcB	86.4 ± 4.68abcA
Độ hút ẩm (%)	MD	15 ± 0.71bcA	15.76 ± 0.59cdA	16.17 ± 0.35cdA	14.81 ± 0.44abcA	13.12 ± 0.44abA	17.78 ± 0.76deA	12.84 ± 0.04aA	15.2 ± 0.11cA	18.68 ± 0.71eA
	GA	18.36 ± 0.58bcB	17.87 ± 0.19bA	21.36 ± 0.4dB	17.66 ± 0.35bB	14.14 ± 0.4aA	20.4 ± 0.96dB	19.91 ± 0.83cdA	18.01 ± 0.83bcB	19.83 ± 0.43cdA
Độ thấm ướt (s)	MD	149.33 ± 2.08fA	154.8 ± 4.97fA	154.6 ± 5.46fA	109.75 ± 4.35aA	133 ± 2.65eA	131 ± 3.56deA	115.33 ± 3.21abA	121.25 ± 5.32bcA	124.8 ± 5.02bcdA
	GA	199.4 ± 3.85aB	195.4 ± 7.89aB	256.8 ± 9.2eB	201 ± 3.39aB	220.8 ± 8.61bcB	231 ± 3.39cdB	197 ± 3aB	214.2 ± 5.07bB	238 ± 6.04dB

Ghi chú: Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn và giá trị trong cùng một chỉ tiêu đo có chữ cái giống nhau thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p > 0.05$).

Tại nghiên cứu của Ánh và Thanh (Ánh & Thanh, 2019) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các mức nhiệt độ sấy phun lên hoạt tính kháng oxy hóa và hoạt tính kháng khuẩn của bột nhàu hòa tan. Kết quả cho thấy khi sấy phun dịch nhàu ở 160°C trong khoảng thời gian 5 giây thì bột đạt độ ẩm là 4.82% và kết quả này tương ứng với hiệu suất thu hồi bột cao nhất. Độ ẩm của bột nhàu giảm đáng kể khi tăng nồng độ MD và GA.

3.2.2. Độ hòa tan

Độ hòa tan của bột là khả năng hòa tan trong dung môi của bột khô để tạo thành dung dịch hoặc dạng huyền phù, xác định độ hòa tan là một tính chất quan trọng để đánh giá tính chất của bột (C. Zhang, Ada Khoo, et al., 2020). Kết quả độ hòa tan của mẫu bột nhàu sấy phun được trình bày trong **Bảng 3.2**.

Có thể nhận thấy rằng khi nồng độ chất khô tăng thì độ hòa tan của các mẫu bột thay đổi theo các mức nhiệt độ ở cả hai loại chất mang. Độ hòa tan của các mẫu bột nhàu hòa tan có giá trị từ 80.91% đến 91.48%. Khi so sánh giữa hai loại chất mang ở các mẫu bột cùng nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô thì mẫu bột phối trộn GA (15°Bx, 140°C) thể hiện độ hòa tan cao nhất (92.81%). Điều này có thể là do độ ẩm của bột có phối trộn GA cao hơn bột phối trộn MD hoặc do lượng không khí cao trong các hạt. Có thể kết luận được rằng ở nồng độ chất khô thấp độ hòa tan cao đây là điều mong muốn đối với mẫu bột hòa tan, vì điều này đồng nghĩa với thời gian hoàn nguyên bột sẽ ngắn hơn (C. Zhang, Ada Khoo, et al., 2020). Việc tăng nồng độ chất khô của các mẫu có cùng nhiệt độ và chất mang thì độ hòa tan của các mẫu đều không thay đổi đáng kể. Kết quả này cũng tương tự như nghiên cứu của Jafari và cộng sự (Jafari et al., 2017) về độ hòa tan của bột lựu sấy phun. Nhiệt độ sấy tăng lên ở các mẫu có cùng loại chất mang và ở mức nồng độ 15°Bx không có sự khác biệt đáng kể đối với mẫu bột phối trộn MD; 150°C cho thấy độ hòa tan của mẫu bột thấp hơn so với 140°C và 160°C của mẫu bột phối trộn GA. Tương tự ở nghiên cứu bột trái mơ sấy phun của Kim (Kim, 2021) đã đưa ra kết luận rằng khi nhiệt độ sấy càng cao thì hiệu suất thu hồi bột sẽ thấp trong khi đó độ hòa tan sẽ tăng lên. Các loại chất mang có cấu trúc hóa học làm cho thành phẩm hấp thu độ ẩm dễ dàng hơn từ môi trường nước xung quanh. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, nồng độ chất khô và các loại chất mang không có sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

3.2.3. Độ hút ẩm

Sự hấp thụ ẩm trong bột thực phẩm làm giảm chất lượng bột, hạn sử dụng và làm tăng tốc tốc phản ứng phá hủy cấu trúc bột (Sarabandi et al., 2018). Ảnh hưởng của nồng độ chất khô, các loại chất mang và nhiệt độ sấy lên độ hút ẩm của mẫu bột nhào sấy phun được trình bày trong **Bảng 3.2**.

Như được trình bày trên **Bảng 3.2** thì độ hút ẩm của các mẫu bột thay đổi khi thay đổi nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy ở cả hai loại chất mang. Khi tăng nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy thì độ hút ẩm của các mẫu bột nhào hòa tan có giá trị nằm trong khoảng 12.84% đến 21.36%. Khi so sánh cả hai loại chất mang ở cùng nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô thì độ hút ẩm thể hiện được giá trị cao nhất ở mẫu phối trộn với GA (25°Bx, 140°C) có giá trị là 21.36%. Sự hấp thụ độ ẩm diễn ra thông qua các liên kết hydro và phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ sấy và độ ẩm có trong mẫu (Sarabandi et al., 2018). Việc tăng nồng độ chất khô của các mẫu có cùng nhiệt độ sấy và loại chất mang có xu hướng tăng lên và đạt độ hút ẩm cao nhất ở 25°Bx. Nhiệt độ sấy tăng, các mẫu có cùng loại chất mang và nồng độ chất khô đều thể hiện được các giá trị hút ẩm khác nhau. Cụ thể ở 15°Bx, độ hút ẩm mẫu bột phối trộn MD sẽ tăng khi tăng nhiệt độ sấy, ở 150°C thì độ hút ẩm của mẫu bột phối trộn GA thấp hơn so với các mức nhiệt còn lại. Kết quả cho thấy độ hút ẩm bị ảnh hưởng bởi loại và tính chất của từng chất mang. Các mẫu bột phối trộn MD và GA có độ ổn định thấp do khả năng hút ẩm cao. Hiện tượng này có thể là do khả năng của protein tạo màng của các chất mang có độ hút ẩm thấp xung quanh hạt. Nghiên cứu của Sarabandi (Sarabandi, 2018) về bột nước ép táo sấy phun sử dụng hai chất mang (MD và GA) cũng đưa ra kết quả tương tự. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

3.2.4. Độ thấm ướt

Độ thấm ướt được tạo ra bởi chuyển động của chất lỏng liên tục lên phía bề mặt, trong khi phần bột dạng rắn được tác động đồng thời theo hướng ngược lại do sự thay đổi nồng độ gradient (C. Zhang, Quek, et al., 2019). Sự thay đổi độ thấm ướt của mẫu bột nhào sấy phun bị ảnh hưởng bởi nồng độ chất khô, các loại chất mang và nhiệt độ sấy được trình bày trong **Bảng 3.2**.

Như được thể hiện trong **Bảng 3.2** thì độ thấm ướt của các mẫu bột tăng khi tăng nồng độ chất khô ở các mức nhiệt độ và các loại chất mang. Khi tăng nồng độ chất khô, nhiệt độ sấy thì các mẫu bột đều thể hiện được độ thấm ướt trong khoảng 109.75s đến 256.8s. Khi so sánh độ thấm ướt giữa hai loại chất mang ở cùng mức nhiệt độ và nồng độ chất khô thì mẫu có phối trộn với GA (25°Bx, 140°C) thể hiện giá trị thấm ướt cao nhất ở giá trị 256.8s. Giải thích cho hiện tượng này có thể là do khả năng hút ẩm của bột phối trộn MD thấp hơn bột phối trộn GA. Giải thích này cũng tương tự báo cáo của K.-C. Lee (K.-C. Lee, 2017), rằng là độ thấm ướt không cho thấy sự khác biệt đáng kể nào khi nồng độ chất khô tăng ở tất cả các mức nhiệt độ. Việc tăng nồng độ chất khô thì độ thấm ướt của các mẫu cùng nhiệt độ sấy và loại chất mang MD và GA đều tăng lên. Nhiệt độ sấy tăng ở 15°Bx thì độ thấm ướt của mẫu bột phối trộn MD giảm, còn đối với mẫu bột phối trộn GA thì không có sự khác biệt đáng kể. Sự phân tách không hiệu quả trong quá trình ly tâm dẫn đến việc xác định được giá trị của độ thấm ướt. Tác giả Lourenco (Lourenço, 2020) đã đưa ra kết luận độ thấm ướt và độ hòa tan phụ thuộc vào diện tích bề mặt và kích thước hạt cũng như tính chất và cấu tạo hóa học của chúng. Chỉ riêng từng loại chất mang, khi nhiệt độ sấy cao thì bột có kích thước hạt lớn. Các hạt bột hình thành rộng và nặng hơn. Chính vì thế mà tạo điều kiện cho các hạt nhỏ hơn nổi trên mặt nước có khả năng thấm ướt và hòa tan kém hơn. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Ảnh hưởng của các loại chất mang thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

3.2.5. Chỉ số màu sắc

Chỉ số màu sắc là một tính chất có liên quan đến khả năng cảm quan của bột (Dantas et al., 2018). Kết quả của chỉ số màu sắc của mẫu bột nhào sấy phun được trình bày trong **Bảng 3.3**.

Trong không gian HUNTER LAB, L^* đại diện cho độ sáng, L^* có giá trị 0 có nghĩa là màu đen, L^* có giá trị 100 có nghĩa là màu trắng và giá trị L^* càng cao thì mẫu bột càng sáng. Còn cái giá trị a^* và b^* đại diện cho các trục màu. Giá trị a^* (-) là ngả lục, giá trị a^* (+) là ngả đỏ. Giá trị b^* (-) ngả lam còn b^* (+) thì ngả vàng (González et al., 2019).

Bảng 3.3. Ảnh hưởng của loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên chỉ số màu sắc của bột nhào hòa tan

		140°C			150°C			160°C		
		15°Bx	20°Bx	25°Bx	15°Bx	20°Bx	25°Bx	15°Bx	20°Bx	25°Bx
L*	MD	94.92 ± 0.45bcA	91 ± 0.21aA	97.92 ± 1.65dA	95.99 ± 1.65bcdA	94.94 ± 1.26bcA	96.79 ± 1.06cdA	93.64 ± 1.78abA	94.77 ± 3.05bcA	96.05 ± 0.92bcdA
	GA	97.01 ± 1.44bB	92.48 ± 1.62aA	96.1 ± 0.33bB	94.91 ± 0.92abA	97.39 ± 1.86bB	94.55 ± 2.24abA	95.04 ± 1abA	94.7 ± 2.68abA	96.55 ± 0.51bA
a*	MD	6 ± 0.23eA	3.24 ± 0.01aA	11.04 ± 0.12gA	4.65 ± 0.18cdA	4.39 ± 0.09cA	5.04 ± 0.02dA	7.05 ± 0.04fA	3.81 ± 0.06bA	4.37 ± 0.04cA
	GA	6.07 ± 0.01dA	3.96 ± 0.06aB	4.69 ± 0.21bB	5.53 ± 0.21cB	5.6 ± 0.08cB	3.68 ± 0.01aB	6.58 ± 0.07eB	7.53 ± 0.07fB	6.6 ± 0.15eB
b*	MD	8.99 ± 0.16eA	6.05 ± 0.01dA	1.15 ± 0.05aA	5.01 ± 0.07cA	5 ± 0.23cA	6.05 ± 0.01dA	9.22 ± 0.25eA	2.65 ± 0.1bA	4.95 ± 0.08cA
	GA	11.64 ± 0.01eB	7.36 ± 0.07bB	6.66 ± 0.03aB	9.34 ± 0.18dB	7.51 ± 0.1bB	8.59 ± 0.29cB	8.76 ± 0.08cA	7.42 ± 0.09bB	7.4 ± 0.16bB
C*	MD	10.75 ± 0.13eA	6.86 ± 0.02cA	11.04 ± 0.12fA	6.74 ± 0.04bcA	6.75 ± 0bcA	7.87 ± 0dA	11.5 ± 0.03gA	4.67 ± 0.08aA	6.62 ± 0.05bA
	GA	12.82 ± 0.53dB	8.36 ± 0.03aB	8.41 ± 0.04aB	10.88 ± 0.02cB	9.43 ± 0.14bB	9.5 ± 0.01bB	10.95 ± 0.03cB	10.58 ± 0.02cB	9.91 ± 0.03bB
h	MD	56.24 ± 1.39eA	61.84 ± 0.05fA	16.23 ± 0.32aA	53.58 ± 0.17deA	50.54 ± 2.01dA	50.34 ± 0.25dA	53.3 ± 1.92deA	35.42 ± 1.44bA	41.45 ± 0.51cA
	GA	62.48 ± 0.01dB	61.7 ± 0.61dA	54.94 ± 2.57cB	59.37 ± 1.41dB	53.3 ± 0.77cA	67.22 ± 0.05eB	53.07 ± 0.57cA	44.49 ± 0.64aB	48.27 ± 1.25bB
ΔE	MD	9.79 ± 0.04bA	6.99 ± 0cA	11.68 ± 0.05dA	6.14 ± 0.04eA	5.84 ± 0.05aA	7.24 ± 0.01fA	10.73 ± 0.03gA	4.24 ± 0.05hA	5.89 ± 0.02aA
	GA	12.15 ± 0.01bB	7.66 ± 0.03c	7.26 ± 0.04dB	9.78 ± 0.04aB	8.76 ± 0.03aB	8.15 ± 0.04eB	9.99 ± 0.02fB	9.8 ± 0.03gB	9.2 ± 0.03hB

Ghi chú: Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn và giá trị trong cùng một chỉ tiêu đo có chữ cái giống nhau thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% (p > 0.05).

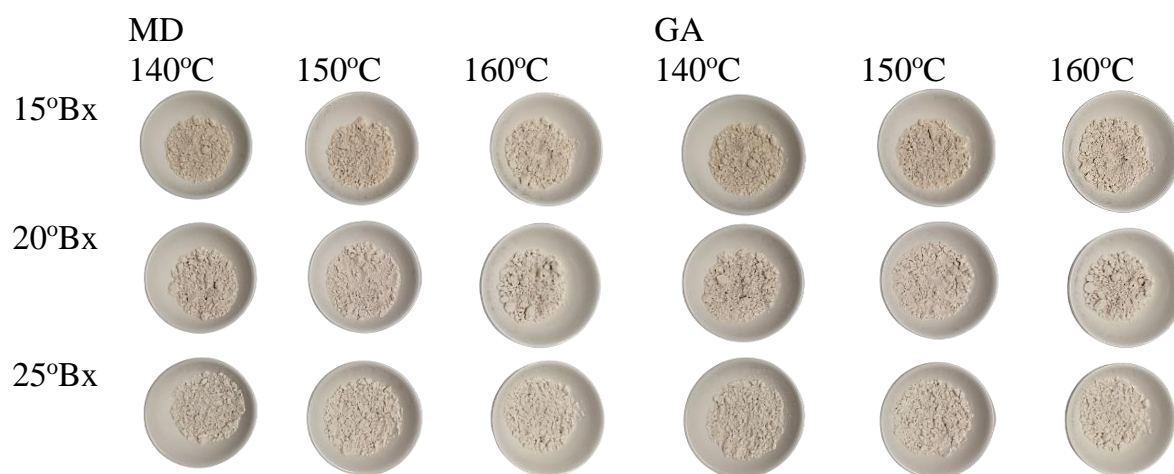
Bảng 3.3 cho thấy rằng khi tăng nồng độ chất khô, giá trị L^* của các mẫu bột thay đổi ở tất cả các mức nhiệt độ và nồng độ chất khô khác nhau. Ảnh hưởng của nồng độ chất khô, nhiệt độ sấy và loại chất mang lên chỉ số màu sắc L^* của bột nhào hòa tan có giá trị từ 91 đến 97.92. Khi so sánh sự ảnh hưởng của hai loại chất mang thì mẫu bột phối trộn MD (25°Bx, 140°C) thể hiện giá trị L^* cao nhất ở giá trị 97.92. Một trong những lý do cấu hình màu sắc thay đổi là tùy theo nồng độ chất mang và nhiệt độ sấy của quá trình (Castañón Rodríguez et al., 2020). Tăng nồng độ chất khô của mẫu cùng chất mang và nhiệt độ sấy thì ở 140°C, cả hai loại chất mang đều thể hiện chỉ số màu sắc thấp nhất ở 20°Bx. Còn ở 150°C và 160°C thì sự khác biệt là không đáng kể. Nhiệt độ sấy tăng, các mẫu cùng chất mang và nồng độ chất khô ở 15°Bx không thể hiện sự khác biệt đối với mẫu bột phối trộn MD ở các mức nhiệt độ. Còn mẫu bột phối trộn GA thì ở 150°C và 160°C không thể hiện sự khác biệt nhiều. Điều này chứng tỏ rằng, bột nhào sấy phun có màu trắng đặc biệt, được sự chấp nhận và đánh giá cao của người tiêu dùng. Nó cũng là một tiêu chí liên quan để kiểm soát chất lượng trong quá trình phân loại sản phẩm thương mại. Ở một nghiên cứu khác, Kim (Kim, 2021) đã có kết luận rằng hàm lượng nước ép và nồng độ chất khô có ảnh hưởng đến màu sắc của bột sấy phun. Ngoài ra, sự thay đổi về màu sắc là kết quả của quá trình caramen và Maillard hóa. Giữa các yếu tố liên quan đến màu sắc L^* , a^* , b^* cho thấy sự khác nhau giữa nồng độ, nói cách khác là màu sắc của bột phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ sấy. Vì vậy, chỉ số màu sắc của bột thành phẩm khác nhau khi lượng chất mang và nhiệt độ sấy phun thay đổi nên các nghiên cứu phải được đảm bảo để duy trì màu sắc như một đặc tính chất lượng của sản phẩm (K.-C. Lee, 2017). Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy lên chỉ số màu sắc L^* của mẫu bột nhào hòa tan không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

Sự thay đổi màu sắc ΔE dẫn đến sự thay đổi màu sắc tổng thể của bột thành phẩm so với lúc mới thu bột ban đầu (González et al., 2019). Sự khác biệt màu sắc tổng thể ΔE của mẫu bột nhào sấy phun bị ảnh hưởng bởi nồng độ chất khô, các loại chất mang và nhiệt độ sấy được trình bày trong **Bảng 3.3**.

Bảng 3.3 chỉ ra rằng khi nồng độ chất khô tăng ở tất cả các mức nhiệt độ thì mẫu bột phối trộn MD thể hiện sự khác biệt màu sắc tổng thể thấp nhất ở nồng độ 20°Bx,

mặt khác mẫu bột phối trộn GA lại giảm khi tăng nồng độ chất khô. Nhìn chung, sự khác biệt màu sắc tổng thể của mẫu bột nằm trong khoảng từ 4.24 đến 12.15 và mẫu bột phối trộn MD có sự khác biệt màu sắc tổng thể thấp hơn so với mẫu bổ sung GA. Mẫu bột phối trộn GA (15°Bx, 140°C) thể hiện được giá trị ΔE cao nhất ở giá trị 12.15. Điều này có thể là do trong thời gian bảo quản bột liên quan đến sự hiện diện của oxy, trong trường hợp có ánh sáng và nhiệt độ dẫn đến sự suy giảm oxy hóa. Sự thay đổi màu sắc tổng thể có thể xảy ra ở bất kể điều kiện có hay không có ánh sáng. Độ ổn định màu của các mẫu có hoạt độ nước thấp hay trung bình đều liên quan đến sự hóa nâu enzyme của các mẫu bột, hoạt độ nước khoảng 0.5 là điều kiện tối ưu nhất để khuếch tán và nồng độ phenol bị oxy hóa. Tuy nhiên, sự khuếch tán màu của các chất phản ứng cần một thời gian nhất định rồi mới xảy ra (González et al., 2019). Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô của mẫu bột được sấy ở 150°C bổ sung chất mang GA không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Ảnh hưởng của các loại chất mang lên tất cả các mẫu bột sấy khô có sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

3.3. ẢNH HƯỞNG CỦA LOẠI CHẤT MANG, NỒNG ĐỘ CHẤT KHÔ, NHIỆT ĐỘ SẤY PHUN LÊN HÀM LƯỢNG CHẤT CHỐNG OXY HÓA CỦA BỘT NHÀU

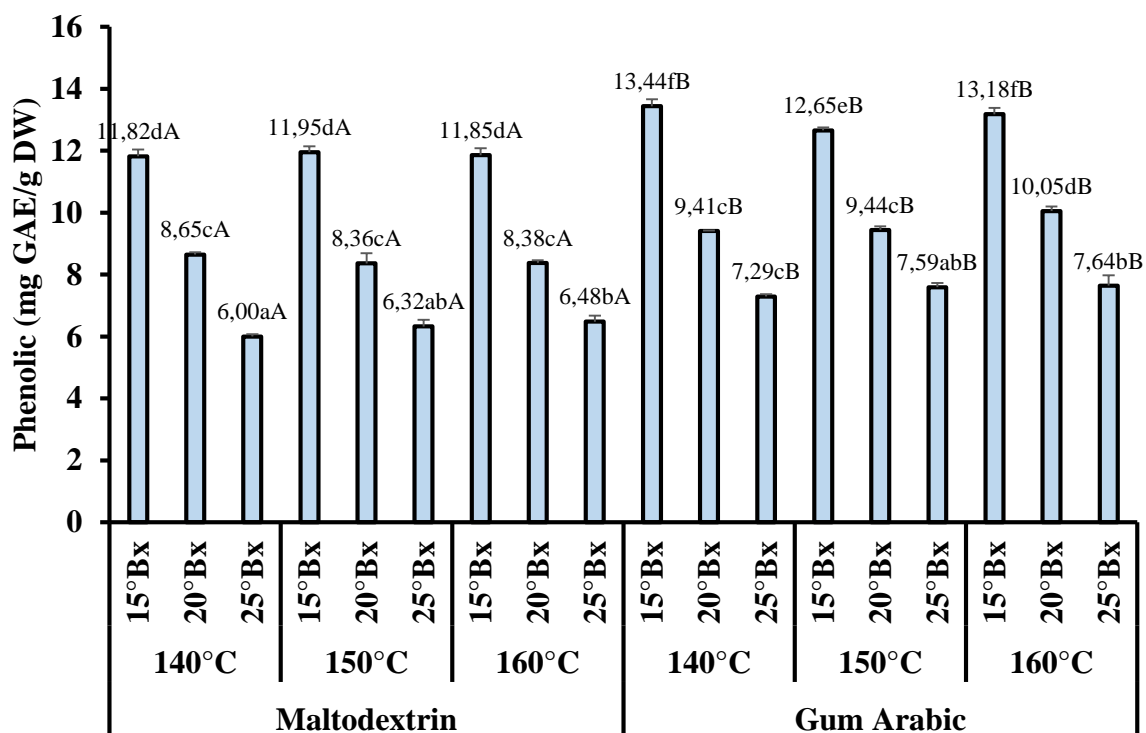


Hình 3.2. Bột trái nhàu hòa tan thu nhận bằng phương pháp sấy phun ở nhiệt độ và nồng độ chất mang khác nhau (MD và GA).

3.3.1. Tổng hàm lượng phenolic

Xác định hàm lượng phenolic là một phản ứng dựa trên sự chuyển điện tử để đo khả năng khử của các chất chống oxy hóa trong các mẫu thực phẩm và sinh học có

nguồn gốc từ thực vật (Lamuela-Raventós, 2017). Kết quả tổng hàm lượng phenolic của mẫu bột nhào sấy phun được trình bày trong **Hình 3.3**.



Hình 3.3. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hàm lượng chống oxy hóa phenolic (mg GAE/g DW) của bột trái nhàu hòa tan.

Như được trình bày trên **Hình 3.3**, khi tăng hàm lượng chất khô từ 15, 20, 25%Bx thì hàm lượng phenolic giảm ở tất cả các mức nhiệt độ và các chất mang khác nhau. Nhìn chung, tổng hàm lượng phenolic của mẫu bột nhào hòa tan có giá trị dao động tăng trong khoảng từ 6.00 đến 13.44 (mg GAE/g DW). Khi so sánh các mẫu của hai loại chất mang ở cùng nồng độ và nhiệt độ sấy thì mẫu bổ sung GA đều thể hiện giá trị hàm lượng phenolic cao hơn so với mẫu bột phối trộn MD và đạt giá trị tối ưu nhất ở 15%Bx, 140°C (13.44 mg GAE/g DW). Các mẫu có cùng chất mang và nhiệt độ sấy đều đạt cực đại ở 15%Bx và có xu hướng giảm khi tăng nồng độ chất khô. Một trong những lí do dẫn đến việc hàm lượng phenolic giảm khi tăng nồng độ chất khô là các hợp chất phenolic thường ít nhạy cảm với nhiệt độ cao hơn so với hầu hết các hợp chất có tính sinh học như vitamin C nhưng những hợp chất này vẫn có thể bị biến đổi và trở lên dễ hòa tan hơn sau khi sấy khô. Lượng nhiệt lớn sinh ra trong quá trình sấy phun gây ra sự phân cắt các liên kết phenolic-đường glycoside để tạo thành aglycon phenolic, có thể tạo ra

phản ứng xác định hàm lượng phenolic (C. Zhang, Ada Khoo, et al., 2020). Khi tăng nhiệt độ sấy lên thì các mẫu bột có cùng nồng độ và loại chất mang đều thể hiện được giá trị phenolic. Cụ thể, ở 15°Bx của mẫu bột phối trộn MD thể hiện hàm lượng phenolic tăng theo các mức nhiệt lần lượt là 140°C < 160°C < 150°C. Trong khi đó thì mẫu bột phối trộn GA lại thể hiện hàm lượng phenolic ngược lại ở các mức nhiệt so với mẫu bột phối trộn MD lần lượt là 150°C < 160°C < 140°C. Hàm lượng phenolic tổng của mẫu bột bổ sung MD không cao hơn mẫu bột bổ sung GA, điều đó cho thấy việc bổ sung GA là hiệu quả hơn. Hàm lượng phenolic của mẫu bột nhào sấy phun bị ảnh hưởng của nồng độ chất khô, nhiệt độ sấy phun và loại chất mang thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

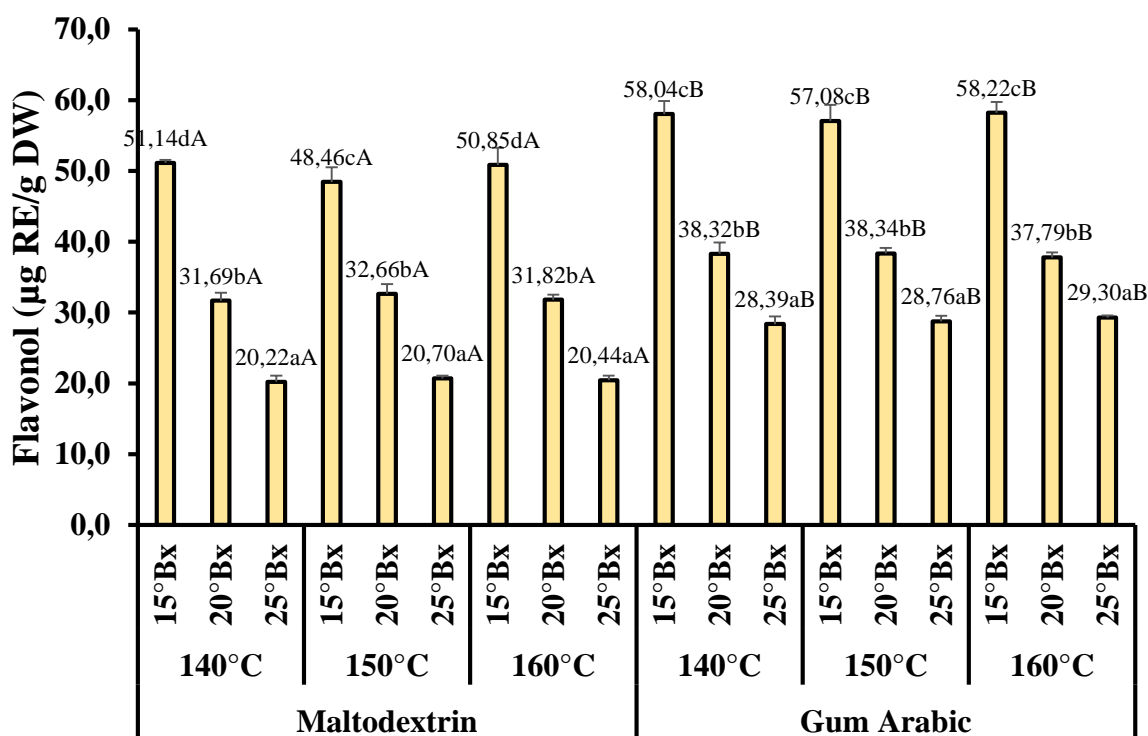
Tại nghiên cứu của C.Zang và Ada Khoo (C. Zhang, Ada Khoo, 2020) đã nghiên cứu về tính chất và chức năng của FNJ thông qua phương pháp sấy phun dịch lỏng. Nghiên cứu đã sử dụng 2 loại chất mang MD (với hàm lượng chất rắn lần lượt là 21%, 28%) và GA (GA: 21°Bx) cùng với nhiệt độ sấy ở mức 170°C để thực hiện sấy phun. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng TPC tăng lên đáng kể sau khi sấy phun, các hợp chất phenolic trong mẫu bột có chứa GA thể hiện được giá trị cao nhất tiếp theo là mẫu phối trộn MD (21 và 28%). Cấu hình hóa học thay đổi trong các hợp chất phenolic trong quá trình sấy phun cũng có thể làm cho chúng dễ hòa tan hơn và có thể chiết xuất được trong nước, trong quá trình thử nghiệm Folin-Ciocalteu, gây ra sự gia tăng hàm lượng TPC (J. Zhang et al., 2020).

3.3.2. Tổng hàm lượng flavonol

Flavonol là hợp chất polyphenolic có nhiều đặc tính sinh - hóa học đa dạng và được tìm thấy nhiều trong các loại thực vật (Insang et al., 2022). Sự thay đổi của hàm lượng flavonol của mẫu bột nhào hòa tan bị ảnh hưởng bởi các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun được trình bày trong **Hình 3.4**.

Có thể nhận thấy rằng khi nồng độ chất khô tăng thì hàm lượng flavonol giảm ở tất cả các mức nhiệt độ sấy và loại chất mang khác nhau. Nhìn chung, tổng hàm lượng flavonol của mẫu bột nhào hòa tan có giá trị dao động trong khoảng từ 20.22 đến 58.22 ($\mu\text{g RE/g DW}$). Khi so sánh các mẫu ở hai loại chất mang có cùng nồng độ và nhiệt độ sấy thì mẫu bổ sung GA thể hiện hàm lượng flavonol tốt hơn so với mẫu bột phối trộn

MD và đạt cực đại ở 15°Bx, 160°C (58.22 µg RE/g DW). Hàm lượng flavonol đạt giá trị cao nhất ở các mẫu có nồng độ 15°Bx và có xu hướng giảm xuống khi tăng nồng độ chất khô lên. Điều này có thể được giải thích trong việc xác định hàm lượng flavonol là do quá trình tổng hợp và quá trình trùng hợp flavonol, các quá trình này có ảnh hưởng



Hình 3.4. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hàm lượng chống oxy hóa flavonol (µg RE/g DW) của bột trái nhàu hòa tan.

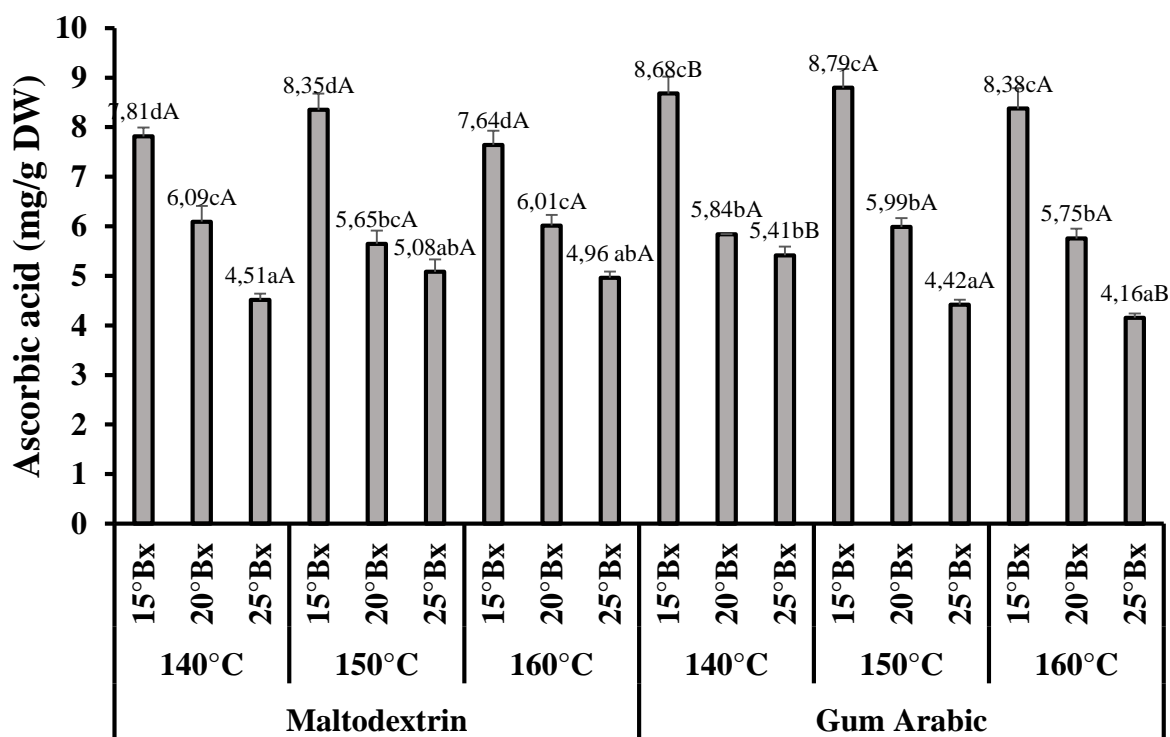
đến tổng hàm của các hợp chất có trong mẫu. Tương tự như báo cáo bột cam sấy phun rằng sự gia tăng của hàm lượng TFC là do phản ứng hoặc sự phân hủy cấu trúc của các hợp chất phenolic khác nhau xảy ra trong quá trình sấy phun ở nhiệt độ cao (Kim et al., 2021). Khi tăng nhiệt độ sấy ở các mẫu có cùng nồng độ chất khô là 15°Bx thì cả hai loại chất mang đều thể hiện được hàm lượng flavonol cao nhất ở 140°C đối với MD và 160°C đối với GA. Ở mức nồng độ này, mức nhiệt 150°C thể hiện hàm lượng flavonol thấp nhất ở cả hai loại chất mang. Có thể thấy rằng ảnh hưởng của nồng độ chất khô, nhiệt độ sấy phun và loại chất mang đến hàm lượng flavonol có thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$).

Ở một nghiên cứu khác, Leite Neta (Leite Neta, 2019) nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện sấy phun đến bột trái mãng cầu xiêm. Hàm lượng flavonol được tìm thấy trong

mẫu bột này là 85.17 ± 5.27 mg Quercetin/100g và đưa ra kết luận rằng các hợp chất có tính sinh học như phenolic, flavonol và carotenol có thể bị thay đổi do quá trình xử lý ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, việc bổ sung chất mang để liên kết các hợp chất hữu cơ khiến cho các hợp chất chống oxy hóa không bị ảnh hưởng nhiều. Điều này cũng có thể do thời gian tiếp xúc với nhiệt độ cao trong quá trình sấy phun khá ngắn nên bảo toàn được đặc tính chất lượng cũng như chất dinh dưỡng (Shishir & Chen, 2017).

3.3.3. Hàm lượng ascorbic acid

Ascorbic acid là một hợp chất được chú ý trong ngành công nghiệp thực phẩm do nhu cầu bổ sung vitamin trong chế độ dinh dưỡng (Hoyos-Leyva et al., 2018). Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy lên hàm lượng ascorbic acid của mẫu bột nhào sấy phun được trình bày trong **Hình 3.5**.



Hình 3.5. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hàm lượng chống oxy hóa ascorbic acid (mg/g DW) của bột trái nhào hòa tan.

Hình 3.5 cho thấy rằng hàm lượng ascorbic acid của mẫu bột nhào hòa tan giảm khi nồng độ chất khô tăng ở tất cả các mức nhiệt độ và nồng độ chất mang khác nhau. Nhìn chung, hàm lượng ascorbic acid của mẫu bột nhào hòa tan có giá trị dao động trong khoảng từ 4.16 đến 8.79 (mg/g DW). So sánh các mẫu phối trộn với GA và MD ở cùng

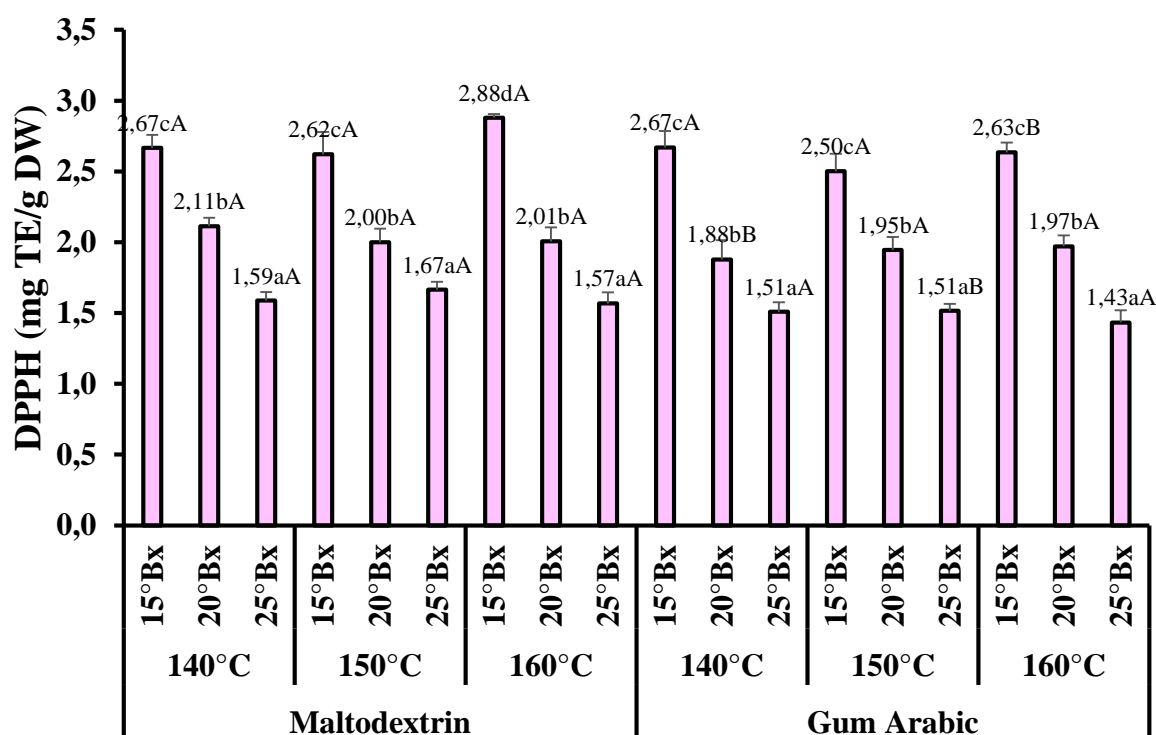
nồng độ và nhiệt độ sấy thì mẫu bổ sung GA thể hiện được hàm lượng ascorbic acid tối ưu hơn và đạt giá trị cao nhất tại 15°Bx, 150°C (8.79 mg/g DW), có xu hướng giảm khi tăng nồng độ chất khô. Điều này có thể là do ascorbic acid có tính tan trong nước vì vậy trong quá trình sấy ở nhiệt độ cao hàm lượng ascorbic acid khuếch tán ra ngoài và gây ra tổn thất. Có thể nói ở nhiệt độ cao, tốc độ phản ứng của ascorbic acid diễn ra mạnh mẽ dẫn đến sự phân hủy cao (Shishir & Chen, 2017). Khi tăng nhiệt độ sấy lên thì ở 15°Bx, cả hai mẫu bột phối trộn MD và GA đều thể hiện hàm lượng ascorbic acid cao nhất ở 150°C. Như vậy, ở 150°C thì hàm lượng ascorbic acid của mẫu bột thể hiện chất lượng tối ưu nhất. Ảnh hưởng của nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên các mẫu bột phối trộn MD và mẫu bột phối trộn GA ở mức nhiệt 150, 160°C thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Đối với sự ảnh hưởng của các loại chất mang lên hàm lượng ascorbic acid của mẫu bột nhàu không có sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$), ngoại trừ mẫu được phối trộn ở nồng độ 15°Bx, 25°Bx ở 140°C và 25°Bx ở 160°C.

Nghiên cứu của Kim (Kim, 2021) cũng đã khảo sát các điều kiện sấy phun đến nước ép mơ và đưa ra kết quả tương tự là hàm lượng ascorbic acid giảm khi tăng nồng độ chất mang. Giải thích cho điều này rằng khi nồng độ tăng thì kích thước của các hạt bột giảm và sự phân hủy các hợp chất diễn ra nhanh hơn. Ngoài ra, các báo cáo chỉ ra rằng ascorbic acid rất nhạy cảm với nhiệt do đó mà hàm lượng ascorbic acid giảm cũng có thể là do quá trình oxy hóa ascorbic acid diễn ra mạnh mẽ bởi không khí nóng và sự tăng nồng độ trong quá trình sấy. Bên cạnh đó, K- C. Lee (K.-C. Lee, 2017) đã khảo sát ảnh hưởng của các điều kiện sấy phun lên bột cam và đưa ra kết luận tương tự rằng hàm lượng ascorbic acid giảm khi tăng hàm lượng chất khô ở các mức nhiệt độ. Báo cáo đã chứng minh rằng sự phân hủy của ascorbic acid trong quá trình sấy bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ ẩm, oxy, pH và ánh sáng. Hơn nữa, quá trình bổ sung các chất mang làm giảm lượng chất rắn thực tế trong bột thành phẩm vì vậy mà hàm lượng ascorbic acid giảm.

3.4. ẢNH HƯỞNG CỦA LOẠI CHẤT MANG, NỒNG ĐỘ CHẤT KHÔ, NHIỆT ĐỘ SẤY PHUN LÊN HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA BỘT NHÀU HÒA TAN

3.4.1. Khả năng khử gốc tự do DPPH

Hoạt tính chống oxy hóa trong các loại trái cây được xác định bằng phương pháp khử gốc tự do DPPH (Ferreira et al., 2022a). Kết quả khả năng khử gốc tự do DPPH của mẫu bột nhàu sấy phun được trình bày trong **Hình 3.6**.



Hình 3.6. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hoạt tính khử gốc tự do DPPH (mg TE/g) của bột trái nhàu hòa tan.

Như được trình bày trên **Hình 3.6** thì khả năng khử gốc tự do DPPH của các mẫu bột nhàu hòa tan giảm khi tăng nồng độ chất khô ở tất cả các mức nhiệt độ và chất mang khác nhau. Nhìn chung, khả năng khử gốc tự do của mẫu bột nằm trong khoảng từ 1.43 đến 2.88 (mg TE/g). Khi so sánh các mẫu của hai loại chất mang ở cùng nồng độ và nhiệt độ sấy thì mẫu bổ sung MD thể hiện được khả năng khử gốc tự do tối ưu hơn và đạt cực đại ở 15°Bx, 160°C (2.88 mg TE/g). Xu hướng khả năng khử gốc tự do của các mẫu bột sẽ giảm khi tăng nồng độ chất khô. Kết quả này là do lượng hydroxyl cho hydro có trong mẫu càng lớn thì hoạt tính chống oxy hóa càng lớn. Các chất chống oxy hóa có

trong dịch chiết và trong bột thành phẩm cung cấp gốc hydro cho phản ứng xác định khả năng khử gốc tự do DPPH (Ferreira et al., 2022b). Hoạt tính khử gốc tự do của các mẫu bột phối trộn GA không cao hơn các mẫu bột phối trộn MD cho thấy việc bổ sung MD vào bột nhào hiệu quả hơn so với việc bổ sung GA và dịch nhào ở chỉ tiêu này. Khi tăng nhiệt độ sấy lên thì ở mẫu có cùng loại chất mang và nồng độ ở 15°Bx, cả hai mẫu bột phối trộn MD và GA đều thể hiện khả năng khử gốc tự do DPPH tối ưu nhất ở 160°C đối với bột bổ sung MD và 140°C đối với mẫu bột bổ sung GA. Việc sử dụng MD (15°Bx, 160°C) cho mẫu bột sẽ thể hiện được khả năng khử gốc tự do DPPH tốt nhất. Theo kết quả phân tích số liệu của khả năng khử gốc tự do DPPH, ảnh hưởng của nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Đối với ảnh hưởng của loại chất mang đối với mẫu bột nhào không có sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$), ngoại trừ mẫu được phối trộn nồng độ 20°Bx ở 140°C, 25°Bx ở 150°C và 15°Bx ở 160°C.

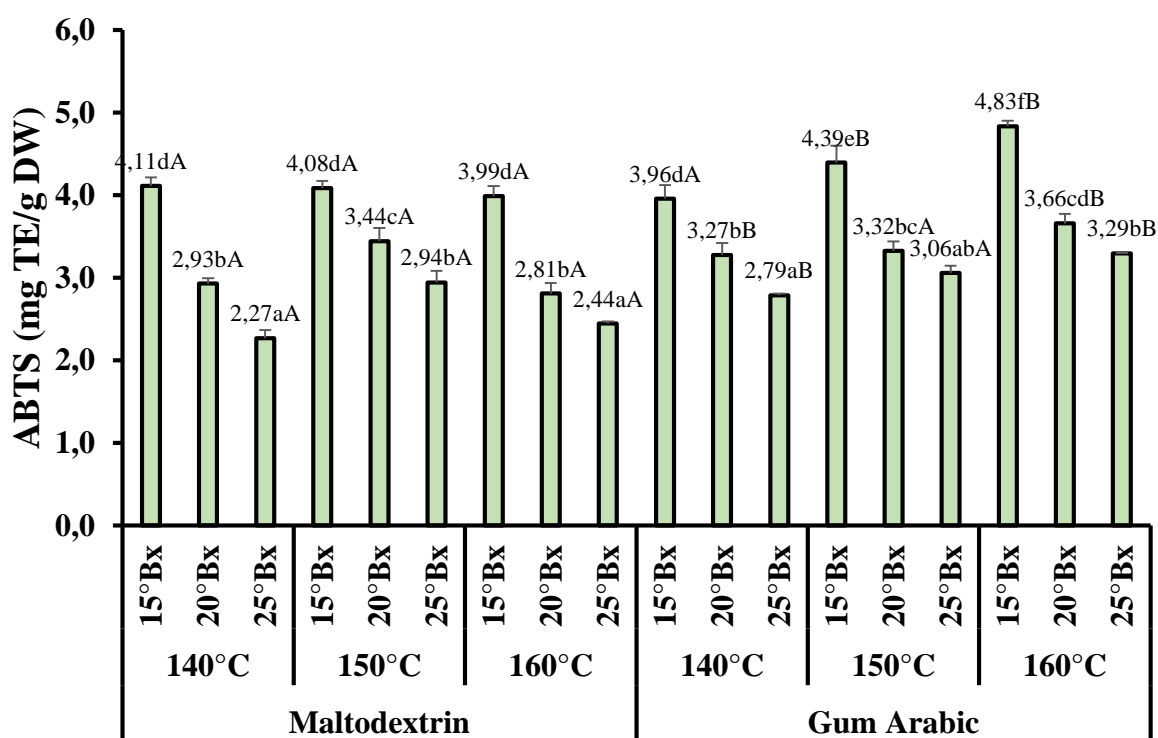
Bên cạnh đó Kim (Kim, 2021) cũng đã chứng minh rằng khả năng khử gốc tự do DPPH của một loại nước ép mơ sấy phun giảm do nồng độ chất khô tăng lên. Mặt khác, C – G. Lee (C - G. Lee, 2017) cũng đưa ra kết luận tương tự đối với khả năng khử gốc tự do DPPH của bột trái lê sấy phun giảm là do giảm nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy cao. Do đó mà khả năng khử gốc tự do của bột nhào giảm là do bị ảnh hưởng của nồng độ chất khô.

3.4.2. Khả năng khử gốc tự do ABTS

Hoạt tính chống oxy hóa trong các loại trái cây được thể hiện bằng phương pháp khử gốc tự do ABTS (Ferreira et al., 2022a). Sự thay đổi của khả năng khử gốc tự do ABTS của mẫu bột nhào hòa tan bị ảnh hưởng bởi nồng độ chất khô, các loại chất mang và nhiệt độ sấy phun được trình bày trong **Hình 3.7**.

Có thể nhận thấy rằng hoạt tính khử gốc tự do ABTS của mẫu bột nhào tăng khi giảm nồng độ chất khô ở tất cả các mức nhiệt độ sấy và loại chất mang khác nhau. Hoạt tính khử gốc tự do ABTS của mẫu bột nhào hòa tan nằm trong khoảng từ 2.27 đến 4.83 (mg TE/g). Khi so sánh các mẫu của hai loại chất mang ở cùng nồng độ và nhiệt độ sấy thì mẫu bột phối trộn GA thể hiện khả năng khử gốc tự do ABTS tối ưu hơn so với mẫu bột phối trộn MD và đại cực đại ở 15°Bx, 160°C (4.83 mg TE/g), các mẫu bột có xu

hướng giảm khi tăng nồng độ chất khô. Điều này có thể là do các hợp chất phenolic có thể khử các oxy phản ứng cũng như số lượng và vị trí nhóm hydroxyl. Tổng hợp chất phenolic và sự giải phóng nguyên tử hydro góp phần vào khả năng khử gốc tự do của bột thành phẩm (L. Zhang, Zeng, et al., 2019). Khi tăng nhiệt độ sấy lên thì ở các mẫu bột có cùng loại chất mang và nồng độ chất khô là 15°Bx thì tùy thuộc vào các loại chất mang mà các mẫu bột có xu hướng tăng hoặc giảm. Cụ thể, mẫu bột phối trộn MD thể hiện khả năng khử gốc tự do ABTS giảm khi tăng nhiệt độ sấy; ngược lại, mẫu bột phối trộn GA lại thể hiện khả năng khử gốc tự do tỉ lệ thuận với việc tăng nhiệt độ sấy. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô lên khả năng khử gốc tự do ABTS có thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Ảnh hưởng của các loại chất mang lên khả năng khử gốc tự do ABTS có sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$), ngoại trừ mẫu 15°Bx ở 140°C và ở 20°Bx, 25°Bx ở 150°C.



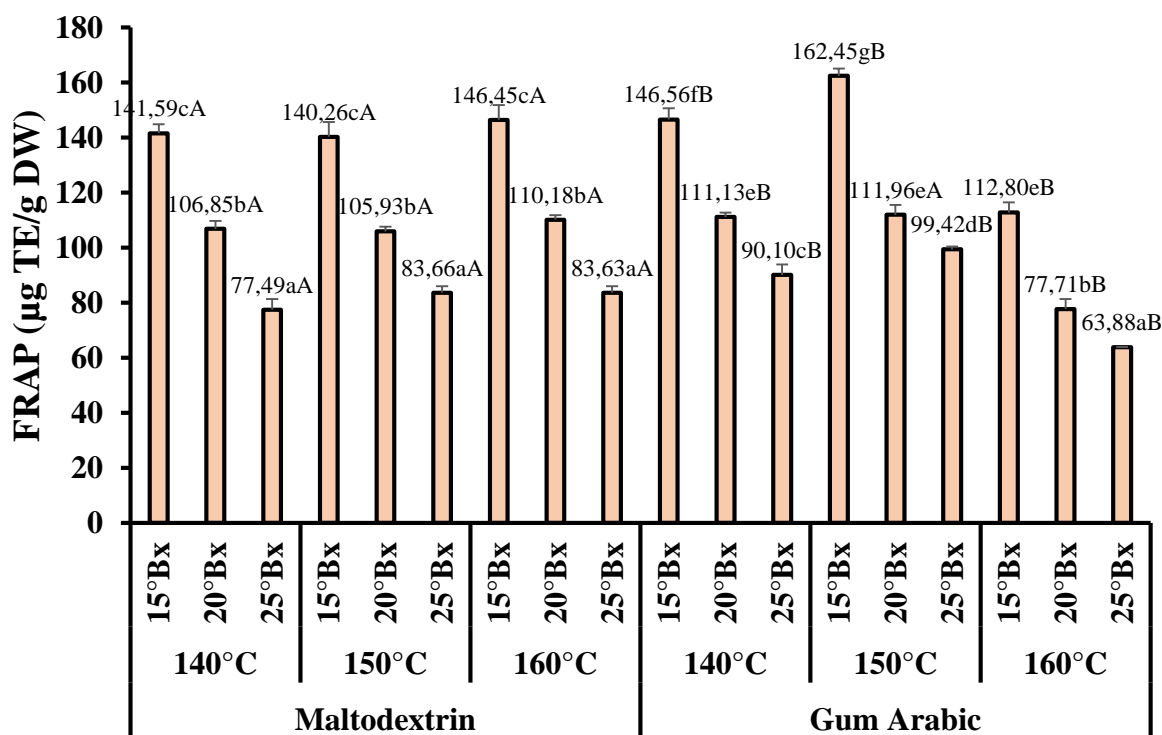
Hình 3.7. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hoạt tính khử gốc tự do ABTS (mg TE/g) của bột trái nhàu hòa tan.

Nghiên cứu của Leite Neta (Leite Neta, 2019) đã báo cáo về khả năng khử gốc tự do ABTS của bột măng cầu xiêm sấy phun phối trộn chất mang có giá trị là 954.26 - 995.75 ($\mu\text{mol TE.g}^{-1}$). Kết quả này được so sánh với dịch ban đầu và đưa ra kết luận

rằng bột thành phẩm vẫn giữ được khả năng khử gốc tự do. Giải thích cho điều này có thể là do sự ảnh hưởng của các loại chất mang được bổ sung vào trong quá trình sấy, kết hợp với thời gian tiếp xúc với nhiệt độ cao ngắn nên vẫn giữ lại được các hợp chất có tính sinh học như phenolic, carotenoid và flavonol.

3.4.3. Khả năng khử sắt FRAP

Khả năng khử sắt FRAP là một phương pháp phân tích hoạt tính chống oxy hóa của thực vật dựa trên sự chuyển electron của ion sắt (Fe^{3+}) sang ion sắt (Fe^{2+}) (Insang et al., 2022). Ảnh hưởng của nồng độ chất mang, các mức nhiệt độ sấy phun và loại chất mang lên khả năng khử sắt của bột nhào sấy phun được trình bày trong **Hình 3.8**.



Hình 3.8. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nồng độ chất khô và nhiệt độ sấy phun lên hoạt tính khử sắt FRAP (mg TE/g) của bột nhào hòa tan.

Hình 3.8. chỉ ra rằng khi nồng độ chất khô tăng thì đồng nghĩa với việc khả năng khử sắt FRAP của mẫu bột nhào hòa tan cũng giảm ở tất cả các mức nhiệt độ và chất mang khác nhau. Ảnh hưởng của các loại chất mang, nhiệt độ sấy và nồng độ chất khô lên khả năng khử sắt FRAP của mẫu bột nhào dao động từ 63.88 đến 141.59 (mg TE/g). Mẫu bột phối trộn MD cho kết quả về khả năng khử sắt FRAP có sự đồng nhất hơn so với mẫu bột phối trộn GA. Tuy nhiên, mẫu bột phối trộn GA ở 15°Bx, 150°C thể hiện

được khả năng khử sắt cao nhất (162.45 mg TE/g). Đồng thời ở các mẫu có cùng chất mang và nhiệt độ sấy, khi nồng độ chất khô tăng thì khả năng khử sắt có xu hướng giảm. Lý giải cho việc này đó là trong bột nhào sấy phun có chứa các chất chống oxy hóa là do hợp chất polyphenol có trong trái cây. Do đặc tính khử của chúng mà cho phép chúng hoạt động như chất khử, chất cho hydro, chất khử oxy nhóm đơn và chất thải kim loại (González et al., 2019). Khả năng khử sắt FRAP của các mẫu bột phối trộn MD thấp hơn so với mẫu phối trộn GA ở các mức nhiệt độ và nồng độ chất mang khác nhau. Cùng mức nhiệt độ sấy ở mỗi loại chất mang, khả năng khử sắt FRAP của mẫu bột nhào đều giảm khi tăng nồng độ chất mang lên. Khi tăng nhiệt độ sấy lên thì các mẫu bột có cùng nồng độ và loại chất mang đều thể hiện được khả năng khử sắt FRAP. Cụ thể, ở 15°Bx của mẫu bột phối trộn MD thể hiện khả năng khử sắt tăng theo các mức nhiệt lần lượt là 150°C < 140°C < 160°C; ngược lại, khả năng khử sắt của mẫu bột phối trộn GA tăng theo các mức nhiệt lần lượt là 160°C < 140°C < 150°C. Ở nồng độ này thì mẫu bột phối trộn GA ở 160°C có giá trị thể hiện khả năng khử sắt thấp hơn so với các mức nhiệt độ và chất mang còn lại. Ảnh hưởng của các mức nhiệt độ và nồng độ chất khô khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$). Ảnh hưởng của các loại chất mang có khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% ($p < 0.05$), ngoại trừ mẫu được sấy ở 150°C với nồng độ 20°Bx.

Ở nghiên cứu của Lourenco (Lourenço, 2020) đã báo cáo rằng các hạt bột thành phẩm đều giữ lại được các hoạt tính chống oxy hóa tương tự dịch chiết ban đầu, bất kể các loại chất mang và các mức nhiệt độ sấy khác nhau. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao hơn thì các thành phần trong mẫu bột có tác dụng chống oxy hóa sẽ dễ bị oxy hóa hơn. Tương tự như nghiên cứu bột trái chò mòi sấy phun với hai loại chất mang (MD và GA) với nồng độ khác nhau (25°Bx, 30°Bx, 35°Bx) của Suravanichrachorn (Suravanichnirachorn, 2018) đã đưa ra kết quả là khả năng khử gốc tự do FRAP, ABTS và DPPH đều giảm khi tăng nồng độ chất mang, nói cách khác thì được coi là hiệu ứng pha loãng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nghiên cứu thực hiện khảo sát ảnh hưởng của quá trình sấy phun lên chất lượng bột nhàu (*Morinda citrifolia L*) với hai loại chất mang là MD và GA được phối trộn thành các nồng độ chất khô khác nhau (15°Bx, 20°Bx và 25°Bx) sấy phun ở các mức nhiệt độ (140°C, 150°C và 160°C).

Kết quả nghiên cứu cho thấy độ ẩm của mẫu bột sẽ đạt thấp ở 25°Bx ở cả hai loại chất mang và các mức nhiệt độ khác nhau. Các chỉ tiêu xác định hàm lượng chất chống oxy hóa và hoạt tính chống oxy hóa của mẫu bột nhàu đều giảm khi tăng nồng độ chất khô ở tất cả các mức nhiệt độ và chất mang. Hàm lượng phenolic, flavonol, ascorbic acid, khả năng khử gốc tự do ABTS và khả năng khử sắt FRAP sử dụng GA là chất mang hỗ trợ thì sẽ đạt được kết quả tối ưu hơn MD. Còn đối với khả năng khử gốc tự do DPPH thì mẫu bột phối trộn MD cho ra kết quả tối ưu nhất. Vì vậy mà việc bổ xung chất mang GA cho hiệu quả về chất lượng bột nhàu tốt hơn so với MD dựa trên cơ sở hóa chất sinh học. Vì thực tế giá thành của chất mang GA khá mắc, trong khi việc sử dụng chất mang MD cũng cho hiệu quả về chất lượng bột khá hiệu quả so với GA.

Mẫu bột của cả hai loại chất mang (MD và GA) ở nồng độ 15°Bx, sấy ở 140°C có hàm lượng và hoạt tính chống oxy hóa tốt hơn so với mẫu bột có nồng độ chất khô cao. Quá trình sấy phun của dịch ép nhàu đã giải quyết được vấn đề bảo quản sau thu hoạch, đa dạng hoá sản phẩm, đồng thời giữ lại được hợp chất các đặc tính tốt cho sức khỏe.

2. Kiến nghị

Những nghiên cứu có thể thực hiện tiếp theo:

- + Khảo sát hỗn hợp của hai loại chất mang GA và MD.
- + Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của nguyên liệu và bột trái nhàu sấy phun.
- + Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy phun khác nhau
- + Nghiên cứu các công nghệ sấy khác như: sấy lạnh, sấy đối lưu
- + Ứng dụng bột trái nhàu tạo các sản phẩm khác nhau.